BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক প্রবর্তিত ডিপ্লোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রমের নতুন সিলেবাস অনুযায়ী

চতুর্থ পর্ব ঃ সিভিল, আর্কিটেকচার, এনভায়রনমেন্টাল, সিভিল (উড)

পঞ্চম পর্ব ঃ আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইনটেরিয়র ডিজাইন টেকনোলজির সহায়ক পুস্তক হিসাবে প্রকাশিত

জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

Geotechnical Engineering

Subject Code : 6441

রচনায়

মোঃ আনোয়ার হোসেন

বিএসসি ইন টেকঃ এডুকেশন (সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং)

অধ্যক্ষ (অবঃ)

বি.এস. পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

কাপ্তাই

হক পাবলিকেশনস্

HAQUE PUBLICATIONS

৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০

জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

প্রকাশক ঃ হক পাবলিকেশনস্-এর পক্ষে
হাজী জাহানারা হক
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০
ফোন ঃ ৯৫৮০৩৭০

[প্রকাশক কর্তৃক সকল স্বত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ ঃ ১ জুলাই ১৯৯৫
বাকাশিবো সংস্করণ (অনুমোদিত)
প্রথম সংস্করণ ঃ ১ মার্চ ১৯৯৯
দ্বিতীয় সংস্করণ ঃ ১ জুলাই ২০০২
ষষ্ঠ সংস্করণ ঃ ১ এপ্রিল ২০১৩
সপ্তম সংস্করণ ঃ ১ সেপ্টেম্বর ২০১৪
নবম সংস্করণ ঃ ১ জানুয়ারি ২০১৬
সংশোধিত, পরিবর্ধিত ও পরিমার্জিত
দশম সংস্করণ ঃ ১ ফেব্রুয়ারি ২০১৭

প্রচ্ছদ পরিকল্পনায় ঃ মোঃ আশরাফুল হক আলো

চিত্রাঙ্কনে ঃ মীর মোঃ আব্দুল হালিম

বর্ণবিন্যাসে ঃ জি. মাওলা কম্পিউটার

মুদ্রণে ঃ জি. মাওলা প্রিন্টিং প্রেস
৩৪ শ্রীস দাস লেন, বাংলাবাজার, ঢাকা-১১০০

মূল্য ঃ ২০০.০০ টাকা মাত্র

লেখকের কথা

প্রযুক্তির উন্নয়নের সাথে সামাজিক চাহিদা পূরণের উপযোগী ডিপ্লোমা প্রকৌশলী তৈরির উদ্দেশ্যে বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড সময় উপযোগী ডিপ্লোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রমের সিলেবাস প্রণয়ন করে থাকে। আর এরই ধারাবাহিকতায় নতুনভাবে চালুকৃত সিলেবাস অনুযায়ী শিক্ষার্থীদের শিখনে সহায়তাদানের উদ্দেশ্যে আমি জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং পুস্তকখানি প্রণয়ন করি। এতে সিলেবাস অনুযায়ী প্রত্যেকটি সাধারণ উদ্দেশ্যের আওতাধীন বিশেষ উদ্দেশ্যাবলির সীমায় আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখা হয়েছে। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে শিক্ষার্থীদের নিকট সহজ সরল ও পর্যায়ক্রমিক উপস্থাপনের জন্য এর ব্যতিক্রমও ঘটে। এতে প্রত্যেকটি অধ্যায়ের শেষে শিক্ষার্থীর শিখন মূল্যায়নে অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর, সংক্ষিপ্ত ও রচনামূলক প্রশ্নাবলি দেয়া হয়েছে।

বইটি প্রণয়নে অনেক স্বনামধন্য লেখকের বইপত্র, বিভিন্ন প্রতিষ্ঠানের গবেষণাপত্র, নির্দেশিকা, হ্যান্ড আউট ইত্যাদির সহায়তা নিয়েছি এবং বিভিন্ন গুণীজনের সহযোগিতা ও পরামর্শ গ্রহণ করেছি। আমি তাঁদের সকলের নিকট কৃতজ্ঞ ও ঋণী। বিশেষ করে আমার শ্রদ্ধেয় শিক্ষক জনাব মোহাম্মদ আলী এমএসসি ইঞ্জিঃ (যুক্তরাজ্য) এর মূল্যবান পরামর্শ ও উপদেশ বইখানার মান উন্নয়নে যথেষ্ট অবদান রেখেছে। আমি তাঁর নিকট কৃতজ্ঞতা পাশে আবদ্ধ।

পরিশেষে অনিচ্ছাকৃত ভুলত্রুটি, মুদ্রণ ভ্রান্তি ও জ্ঞানের সীমাবদ্ধতার কথা অকপটে স্বীকার করে পাঠকবৃন্দ ও সুধীজনদের নিকট হতে গঠনমূলক পরামর্শ কামনা করছি। স্বল্প সময়ে বইটির মুদ্রণ শেষ করে পাঠককুলের হাতে তুলে দেয়ায় হক পাবলিকেশনস এর স্বত্বাধিকারিণী মিসেস জাহানারা হককে ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। এ বইখানা শিক্ষার্থী ও পাঠককুলের সামান্য উপকারে আসলেও আমার শ্রম সার্থক মনে করব।

ধন্যবাদান্তে

মোঃ আনোয়ার হোসেন

Syllabus

Subject code	Name of the subject	T	P	C	MARKS				
					Theory		Practical		Total
					Cont. assess	Final exam.	Cont. assess	Final exam.	
6441	GEOTECHNICAL ENGINEERING	2	3	3	20	80	25	25	150

AIMS

- To enable to understand of the origin, composition, classification and properties of soil.
- To assist in understanding the plasticity characteristics and hydraulic properties of soil.
- To assist in understanding the consolidation characteristics of soil.
- To assist in understanding the lateral earth pressure of soil.
- To provide understanding of the site investigation and method of sample collection.
- To provide basic field skill for collection of soil sample.
- To provide basic laboratory skill required to determine soil properties and to perform the relevant calculations.

SHORT DESCRIPTION

Introduction to geotechnic ; Preliminary definition and simple tests; Particle size of soil; Plasticity characteristic of soil; Hydraulic properties of soil; Consolidation characteristics of soil; Subsurface investigation; Lateral earth pressure; Bearing capacity of soil.

DETAIL DESCRIPTION

Theory :

INTRODUCTION TO GEOTECHNIC

1. Understand the basic concept of geotechnic.

1.1 Define rock, soil and soil engineering.
1.2 Describe origin and formation of soil.
1.3 Describe historical origin and formation of soil of Bangladesh.
1.4 Explain limitation of soil engineering.
1.5 Mention the soil classification system.
1.6 State textural, AASHO and unified ASTM system.
1.7 State field identification test such as; dilatancy, toughness, dry strength test.
1.8 List general properties of soil.

PRELIMINARY DEFINITION AND SIMPLE TESTS

2. Understand preliminary definitions and simple test soil.

2.1 Define the following terms: void ratio, porosity, degree of saturation, percentage of air voids, air content, water content, bulk unit wt, dry unit wt, saturated unit wt, submerged unit wt, unit wt. of solids, specific gravity of solids, density index.
2.2 Explain three-phase diagram in terms of void ratio.
2.3 Explain three-phase diagram in terms of porosity.
2.4 Solve problems on soil properties.
2.5 Explain oven drying method of water content determination.
2.6 Explain specific gravity determination by pycnometer method.

PARTICLE SIZE OF SOIL

3. Understand the particle size of soil.

3.1 Define index properties of soil.
3.2 State mechanical analysis of soil.
3.3 Describe sieve analysis.
3.4 Mention and derive stokes law.
3.5 Describe particles size analysis by hydrometer.

PLASTICITY CHARACTERISTICS OF SOIL

4. Understand the plasticity characteristics of soil.

4.1 Define: plasticity of soil, Atterberg limit, liquid limit, plastic limit, shrinkage limit, plasticity index, liquidity index, consistency index, flow index and toughness index.
4.2 State the method of measurement of consistency.
4.3 Define the terms: sensitivity and thixotropy.
4.4 List the uses of consistency (Atterberg) limits.

HYDRAULIC PROPERTIES OF SOIL

5. Understand the hydraulic properties of soil.

5.1 Define the following: Permeability of soil, hydraulic head, piezometric head, position head and Darcy's law.
5.2 State the meaning of constant head and variable head permeability test for determination of co-efficient of permeability.
5.3 Describe the pumping out tests for determination of coefficient of permeability.
5.4 Compute effective pressure and pore water pressure.
5.5 List the factors affecting permeability of soil.
5.6 Define seepage pressure, seepage velocity, equipotential line and flow net.

CONSOLIDATION CHARACTERISTICS OF SOIL

6. Understand the consolidation characteristics of soil.

6.1 Define consolidation and initial, primary and secondary consolidation.
6.2 State behavior of saturated soil under pressure.
6.3 Draw consolidation characteristics of preloaded deposits.
6.4 Identify triaxial compression test apparatus.
6.5 Interpret the results of triaxial tests.
6.6 Explain unconfined and confined compression test.
6.7 Differentiate between consolidation and compaction.
6.8 State standard proctor test of compaction and standard proctor moisture density curve for material.

SUBSURFACE INVESTIGATION

7. Understand the purpose of subsurface investigation.

7.1 State the meaning of subsurface investigation of soil.
7.2 Mention the stages in subsurface explorations.
7.3 Mention the purposes of subsurface investigation of soil.
7.4 Compute the depth and lateral extent of explorations.
7.5 Describe the open excavation methods of explorations.
7.6 Describe auger boring, wash boring, rotary drilling, percussion drilling and core boring.
7.7 Identify various types of soil samples.
7.8 Identify split barrel sampler, spring core catches, scraper bucket and piston sampler for collecting samples.
7.9 Describe the method of standard penetration test.
7.10 State the procedure of writing subsoil investigation report.

LATERAL EARTH PRESSURE

8. Understand the aspect of lateral earth pressure.

8.1 State the meaning of at-rest pressure, active earth pressure and passive earth pressure.
8.2 explain active and passive earth pressure of Rankine's theory with non-surcharge.
8.3 State the formula of active earth pressure of Rankine's theory with surcharge.
8.4 State the fundamental assumptions of Coulomb's wedge theory.
8.5 State the formula of active earth pressure of Coulomb's theory with surcharge.

BEARING CAPACITY OF SOIL

9. Understand the bearing capacity of soil.

9.1 Define bearing capacity of soil.
9.2 Correlate between penetration resistance and unconfined compressive strength for cohesive soil.
9.3 Correlate between penetration resistance and angle of shearing resistance for cohesion less soil.
9.4 Explain the bearing capacity from Standard Penetration Test (SPT).
9.5 List the causes of foundation settlement.

Practical :

1. Determine the water content of soil by oven drying method.
2. Determine the specific gravity of soil by pycnometer method.
3. Determine the particle size of soil by sieve analysis.
4. Determine the particle size of soil by hydrometer analysis.
5. Determine the liquid limit of soil by casagrand's apparatus.
6. Determine the plastic limit of soil.
7. Determine the co-efficient of permeability of soil by constant head test.
8. Collect the sample of soil by wash boring method.
9. Determine the bearing capacity of soil from Standard Penetration Test (SPT).
10. Determine the amount of compaction and the water content by standard proctor test.
11. Determine the shear characteristics of soil by unconfined compression test.
12. Perform the consolidation test.

সূচিপত্র

অধ্যায়-১ ঃ জিওটেকনিকের মৌলিক ধারণা

১.১ শিলা, মৃত্তিকা ও মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার সংজ্ঞা ১১
১.২ মৃত্তিকার উৎপত্তি ও গঠন ১৫
১.৩ বাংলাদেশের ভূ-উৎপত্তি ও গঠনের ইতিহাস ১৭
১.৪ মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার সীমাবদ্ধতা ১৮
১.৫ মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি ১৯
১.৬ গ্রথন শৈলী, এ.এ.এস.এইচ.ও এবং ইউনিফাইড এ.এস.টি.এম. শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি ২৪
১.৭ কার্যক্ষেত্রে মৃত্তিকা শনাক্তকরণ পরীক্ষা ৩০
১.৮ মৃত্তিকার সাধারণ ধর্মাবলি ৩২
অনুশীলনী-১
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৩
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৩৮
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩৯

অধ্যায়-২ ঃ প্রাথমিক সংজ্ঞা ও সহজ পরীক্ষা

২.১ কতিপয় প্রাথমিক সংজ্ঞা ৪১
২.২ ভয়েড রেশিও-এর ভিত্তিতে ত্রি-উপাদান চিত্র ৪৬
২.৩ পরোসিটির ভিত্তিতে ত্রি-উপাদান চিত্র ৪৭
২.৪ সমাধান সহ মৃত্তিকার ধর্মের উপর সমস্যাবলি ৫২
২.৫ চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতিতে মৃত্তিকার আর্দ্রতা নিরূপণ ৭২
২.৬ পিকনোমিটারের সাহায্যে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ ৭৩
অনুশীলনী-২
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭৫
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৭৭
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭৭

অধ্যায়-৩ ঃ মৃত্তিকা কণার আকার

৩.১ মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলি ৭৯
৩.২ মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ ৮০
৩.৩ চালনি বিশ্লেষণ ৮০

৩.৪ 'স্টোকস্ 'ল' ৮২
৩.৫ হাইড্রোমিটার দিয়ে মৃত্তিকাদানার আকার বিশ্লেষণ ৮৪
অনুশীলনী-৩
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯০
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৯১
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯১

অধ্যায়-৪ ঃ মৃত্তিকার নম্যতা বৈশিষ্ট্য

৪.১ কয়েকটি সংজ্ঞা ৯২
৪.২ কনসিসটেন্সীর পরিমাপ ৯৯
৪.৩ মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা ও থিক্সোট্রপি ৯৯
৪.৪ কনসিসটেন্সী লিমিটগুলোর ব্যবহার ১০০
অনুশীলনী-৪
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০১
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১০৩
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০৩

অধ্যায়-৫ ঃ মৃত্তিকার উদক ধর্মাবলি

৫.১ কতিপয় সংজ্ঞা ১০৪
৫.২ ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের জন্য কনস্ট্যান্ট হেড ও ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা ১০৫
৫.৩ ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের জন্য পাম্পিং আউট পরীক্ষাসমূহ ১০৮
৫.৪ কার্যকরী চাপ এবং ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ১১০
৫.৫ মৃত্তিকার ভেদ্যতায় প্রভাব বিস্তারকারী উৎপাদকগুলোর তালিকা ১১২
৫.৬ নিঃসরণ চাপ, নিঃসরণ বেগ, ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন ও ফ্লো-নেট ১১২
সমাধানসহ সমস্যাবলি ১১৬
অনুশীলনী-৫
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২৭
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১২৯
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২৯
গাণিতিক সমস্যাবলি ১৩০

অধ্যায়-৬ ঃ মৃত্তিকার কনসলিডেশন বৈশিষ্ট্যাদি

৬.১ সংজ্ঞা-কনসলিডেশন, প্রারম্ভিক, প্রাথমিক ও মাধ্যমিক কনসলিডেশন ১৩১
৬.২ চাপে সম্পৃক্ত মৃত্তিকার আচরণ ১৩৩
৬.৩ পূর্বে চাপ খাওয়া মৃত্তিকার কনসলিডেশন বৈশিষ্ট্য ১৩৪
৬.৪ ট্রাই-এক্সিয়াল কম্প্রেশন টেস্ট অ্যাপারেটাস ১৩৬

৬.৫ ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টের ফলাফল ১৪০
৬.৬ আনকনফাইন্ড ও কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট ১৪৫
৬.৭ কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশন ১৫১
৬.৮ আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা ও আর্দ্রতা ঘনত্ব লেখ চিত্র ১৫২
অনুশীলনী-৬
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬০
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৬২
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৬৩

অধ্যায়-৭ ঃ ভূ-স্তর তদন্তকরণ

৭.১ ভূ-স্তর তদন্তকরণের অর্থ ১৬৪
৭.২ ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপসমূহ ১৬৪
৭.৩ ভূ-স্তর তদন্তকরণের উদ্দেশ্য ১৬৫
৭.৪ উদঘাটনের গভীরতা ও পার্শ্ব বিস্তৃতি ১৬৫
৭.৫ উদঘাটনের উন্মুক্ত খনন প্রক্রিয়া ১৬৭
৭.৬ অগার বোরিং, ওয়াশ বোরিং, রোটারি ড্রিলিং, পারকাশ্‌ন্ ড্রিলিং ও কোর বোরিং ১৬৭
৭.৭ নমুনা মৃত্তিকার ধরন ১৭১
৭.৮ স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার, স্প্রিং কোর কেচার, স্ক্রেপার বাকেট এবং পিস্টন সেম্পলার ১৭৩
৭.৯ আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা ১৭৫
৭.১০ ভূ-স্তর তদন্ত রিপোর্ট ১৭৬
অনুশীলনী-৭
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭৮
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৭৯
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৮০

অধ্যায়-৮ ঃ মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপ

৮.১ মৃত্তিকার নিশ্চল চাপ, সক্রিয় চাপ ও নিশ্চেষ্ট চাপ ১৮১
৮.২ সারচার্জহীন মৃত্তিকার সক্রিয় ও নিশ্চেষ্ট চাপ সম্পর্কিত র‍্যানকিনের তত্ত্ব ১৮৩
৮.৩ সারচার্জযুক্ত মৃত্তিকা সম্পর্কিত র‍্যানকিনের তত্ত্বে মৃত্তিকার সক্রিয় চাপের সূত্র ১৮৫
৮.৪ কুলম্বের ওয়েজ তত্ত্বের মৌলিক ধারণাসমূহ ১৮৭
৮.৫ সারচার্জসহ মৃত্তিকার কুলম্বের তত্ত্বে সক্রিয় চাপের সূত্র ১৮৮
অনুশীলনী-৮
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯০
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৯১
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৯১

অধ্যায়-৯ ঃ মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা

৯.১ মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতার সংজ্ঞা ১৯২
৯.২ সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকায় পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স ও আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস এর মধ্যে সম্পর্ক..... ১৯৪
৯.৩ সংসক্তিহীন মৃত্তিকায় পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স ও শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণ এর মধ্যে সম্পর্ক ১৯৪
৯.৪ আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা হতে মাটির ভারবহন ক্ষমতা ১৯৫
৯.৪.১ প্লেট লোড পরীক্ষা..... ১৯৮
৯.৪.২ প্লেট লোড পরীক্ষার সীমাবদ্ধতা ১৯৯
৯.৫ ভিত্তি দেবে যাওয়ার কারণ..... ২০০
অনুশীলনী-৯
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০১
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি..... ২০২
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২০২

অধ্যায়-১০ ঃ ভিত্তি সংস্থাপন

১০.১ ভিত্তি সংস্থাপনের অর্থ ২০৩
১০.২ সমতল ভূমিতে ভিত্তি সংস্থাপন পদ্ধতি ২০৩
১০.৩ ছোট ইমারতের ভিত্তি খনন প্রক্রিয়া ২০৫
১০.৪ অগভীর খননে শিটিং ও ব্রেসিং এর মধ্যে স্বাতন্ত্রীকরণ..... ২০৬
১০.৫ গভীর খননে ব্যবহৃত শিটিং ও ব্রেসিং এর বিভিন্ন অংশ..... ২০৭
অনুশীলনী-১০
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০৮
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি..... ২০৮
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২০৮

ব্যবহারিক

১। চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতিতে মাটির জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয়করণ ২১১
২। পিকনোমিটার পদ্ধতিতে মাটির আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়করণ ২১৩
৩। চালুনি বিশ্লেষণের মাধ্যমে মাটির কণার আকার নির্ণয়করণ ২১৫
৪। হাইড্রোমিটার পদ্ধতিতে মৃত্তিকা কণার আকার বিশ্লেষণ..... ২১৭
৫। ক্যাসাগ্রান্ডির অ্যাপারেটাস্ এর সাহায্যে মাটির তারল্য সীমা নির্ণয়করণ ২১৮
৬। মৃত্তিকার নম্যতা সীমা নির্ণয় করণ ২২০
৭। কনস্ট্যান্ট হেড টেস্টের মাধ্যমে মাটির ভেদ্যতা সহগ নির্ণয়করণ..... ২২১
৮ ও ৯। ওয়াশ বোরিং পদ্ধতিতে মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহকরণ ও আদর্শ পেনিট্রেশন পদ্ধতিতে মাটির বহনক্ষমতা নির্ণয়করণ ২২১
১০। আদর্শ প্রকটর টেস্টের মাধ্যমে মাটির দৃঢ়করণের পরিমাণ ও জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয়করণ ২২৩
১১। কনসলিডেশন টেস্ট সম্পাদন..... ২২৩

সুপার সাজেশনস্ ২২৪
বাকাশিবো প্রশ্নাবলি ২৩৯-২৭২

অধ্যায়-১

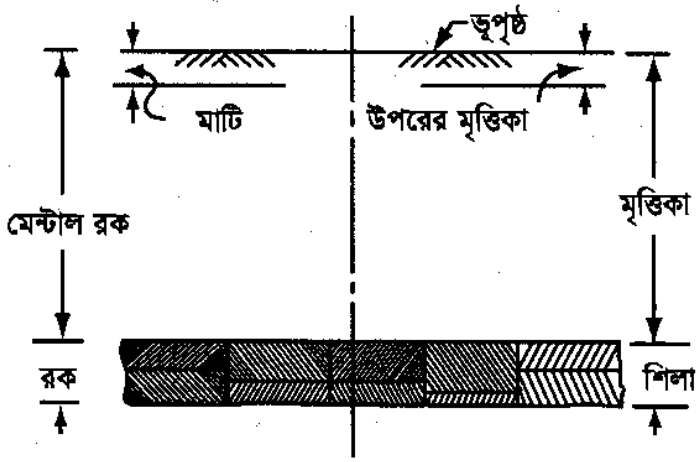
জিওটেকনিকের মৌলিক ধারণা
(Basic Concept of Geotechnic)

১.১ শিলা, মৃত্তিকা ও মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার সংজ্ঞা (Definition of Rock, Soil and Soil Engineering) ঃ

লাটিন শব্দ Solium হতে soil বা মৃত্তিকা শব্দের উৎপত্তি। 'Solium' অর্থ উপরিস্তর, যা চাষাবাদ বা খনন করা যায়। সূর্যের প্রখর উত্তাপ, বৃষ্টিপাত, জলধারা এবং বায়ুপ্রবাহ প্রভৃতি প্রাকৃতিক শক্তি ভূত্বকের শিলাকে ক্ষয় করে মাটি সৃষ্টি করে। কিন্তু বিভিন্ন পেশায় বিশেষজ্ঞ ব্যক্তিবর্গ ভিন্ন ভিন্নভাবে এটিকে সংজ্ঞায়িত করে থাকেন। যেমন– একজন কৃষিবিদ ভূত্বকের যে অংশটুকু গাছগাছড়া জন্মানো ও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হওয়ার উপযোগী সে অংশটুকুকে মৃত্তিকা (Soil) বলে সংজ্ঞায়িত করেন। অপরপক্ষে একজন ভূতত্ত্ববিদ ভূপৃষ্ঠের শক্ত আবরণীকে মৃত্তিকাই বলেন না। এমনকি নরম কাদাকেও তাঁরা শিলা বলে আখ্যায়িত করেন। তাঁরা ভূত্বকের কঠিন আবরণকে বেড রক (Bed rock) এবং এগুলোর উপর সঞ্চিত এগুলোর ক্ষয়প্রাপ্ত অংশকে মেন্টাল রক (Mentle rock) নামে সংজ্ঞায়িত করেন। এ মেন্টাল রকই মূলত মৃত্তিকা প্রকৌশলীদের নিকট উপরের মৃত্তিকা (Top Soil) নামে পরিচিত।

পুরপ্রকৌশলীগণ তাঁদের পেশাগত ক্ষেত্রের উপর ভিত্তি করে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার দিক হতে খনিজ বা জৈব ও খনিজ কণার সংমিশ্রণে গঠিত দৃঢ়াবদ্ধ ও অজমাটবদ্ধ (Uncemented) ভূপৃষ্ঠের শক্ত আবরণী স্তরের সামগ্রীকে মৃত্তিকা (Soil) বলে সংজ্ঞায়িত করেন। এতে বোল্ডার, বালি, পলি ও কাদা থাকতে পারে। এর কণার আকার অতিসূক্ষ্ম ($১০^{-৪}$ সে.মি.) হতে বৃহদাকার বোল্ডারের মতও হতে পারে। প্রকৌশলীদের বিবেচনায় পাথর বা শিলার উপর আবহক্রিয়ার প্রভাবে এগুলো বিয়োজিত (disintegrate) হওয়ার ফলে যে যৌগিক জটিল উপাদান পাওয়া যায়, তাহাই মৃত্তিকা (Soil)। এগুলোতে জৈব পদার্থ সংমিশ্রিত অবস্থায় থাকতে পারে। ভূপৃষ্ঠে ভূতত্ত্ব বিষয়ক চক্রের (Geologic Cycle) অর্থাৎ আবহক্রিয়া বা জলবায়ুর প্রভাব, স্থানান্তর স্থানচ্যুতি, পতন, উত্তোলন ইত্যাদির পর্যায়ক্রমিক ও সার্বক্ষণিক ক্রিয়ার ফলে মৃত্তিকার উৎপত্তি ঘটে। মৃত্তিকার কণাগুলোর ফাঁকা অংশ বায়ু বা পানি বা উভয়ে পূর্ণ থাকে।

স্থায়ী শক্তিশালী সংসক্তি বলে দৃঢ়াবদ্ধ খনিজ কণাসমূহের প্রাকৃতিক এগ্রিগেট পাথর বা শিলা (rock) নামে পরিচিত। ভূপৃষ্ঠ হতে এগুলোকে বিচ্ছিন্ন করার জন্য ড্রিলিং, ওয়েজিং বা ব্লাস্টারিং এর দরকার হয়। মৃত্তিকা ও শিলার মধ্যে সীমারেখা টানা একটি ধার্যকৃত ব্যাপার। আংশিক বিয়োজিত শিলা ও মৃত্তিকার মধ্যে সীমারেখা চিহ্নিত করা খুবই জটিল। এখানে (চিত্র ঃ ১.১) ভূপৃষ্ঠের আড়াআড়ি খণ্ডিত দৃশ্যে ভূতত্ত্ববিদ্যা ও মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার পরিভাষায় ভূস্তরের বিভিন্নাংশের নাম দেয়া হল ঃ



চিত্র ঃ ১.১

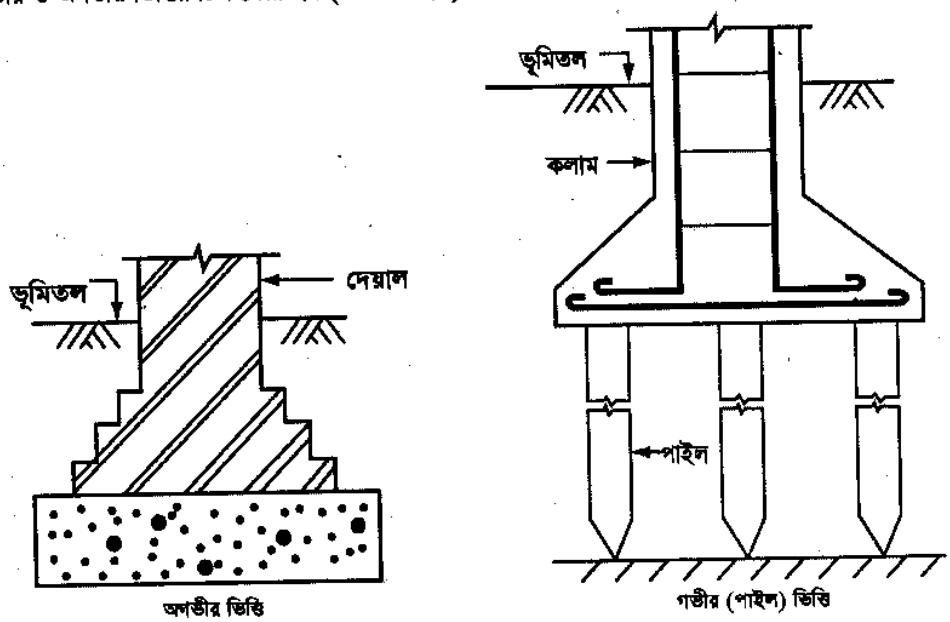
মৃত্তিকার গুণাগুণ, বৈশিষ্ট্য, চারিত্রিক আচার আচরণ ইত্যাদি সম্পর্কে পুরকৌশল বিভাগের যে বিষয়টিতে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়, সে বিষয়টিই মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যা (Soil Engineering) বা জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (Geotechnical Engineering) নামে পরিচিত। ড. কার্ল টারজাগির মতে (Terzaghi-1948) যান্ত্রিক বা রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিয়োজিত জৈব পদার্থ সংমিশ্রিত বা জৈব পদার্থহীন শিলাকণাসমূহের অদৃঢ়াবদ্ধ (Unconsolated) ও অজমাটবদ্ধ (Uncemented) মৃত্তিকার শক্ত খণ্ড বা স্তরের জন্য প্রকৌশলগত সমস্যায় মেকানিকস ও হাইড্রোলিক্-এর বিধিসমূহের (Laws) প্রয়োগকে সয়েল মেকানিক্স (Soil Mechanics) বলা হয়।

জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বা মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যা এমন একটি ব্যবহারিক বিজ্ঞান যাতে মৃত্তিকা সংক্রান্ত বাস্তব সমস্যায় সয়েল মেকানিক্স এর নীতিমালার প্রয়োগ করা হয়। এর আওতা ও ব্যবহার ক্ষেত্র সয়েল মেকানিক্স হতে অনেক বেশি বিস্তৃত। কেননা মাটি সংক্রান্ত যে কোন সমস্যা এর আওতাভুক্ত। মাটি পর্যবেক্ষণ, ভিত্তি, মাটি ঠেকানো ঠেস দেয়াল, মাটির কাঠামো ইত্যাদির ডিজাইন ও নির্মাণ এর পরিসরভুক্ত।

● মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার আওতা (Scope of Soil Engineering) ঃ

মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার ক্ষেত্র বা আওতা খুবই বিস্তৃত। পুর প্রকৌশলীগণ তাঁদের পেশাগত ক্ষেত্রে মৃত্তিকার উপর প্রত্যক্ষভাবে বিভিন্ন ধরনের সমস্যায় সম্মুখীন হন। মাটির বিভিন্ন ধরনের ভৌত গুণাগুণ, বৈশিষ্ট্য ও চারিত্রিক আচার আচরণ ইত্যাদি জানার জন্য তাঁদেরকে মাটি পরীক্ষা-নিরীক্ষা ও শ্রেণিবিন্যাস করতে হয়। আর এ সকল কার্য সম্পাদনের জন্য তাঁদের মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার জ্ঞান থাকা অত্যাবশ্যক। নিচে পুর প্রকৌশলীদের প্রধান প্রধান সমস্যায় উত্তরণে মৃত্তিকা প্রযুক্তি বিদ্যার প্রয়োগগত দিক উল্লেখ করা হল ঃ

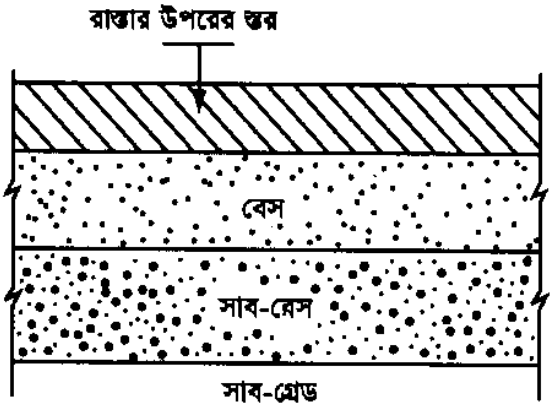
(ক) ভিত্তি ডিজাইন ও নির্মাণ ঃ যে কোন কাঠামোর অন্যতম অংশ ভিত্তি। পুরকৌশল নির্মাণ কাঠামোসমূহের (Civil Engineering Stucture)-ইমারত, ব্রীজ, সড়ক, টানেল, খাল, বাঁধ-ভিত্তি ইত্যাদি ভূপৃষ্ঠে বা অভ্যন্তরে তৈরি করতে হয়। তাই এগুলোর জন্য মাটির ভারবহন ক্ষমতা, পীড়ন নেয়ার মাত্রা, পীড়ন এলাকার বিস্তৃতি, দেবে যাওয়ার প্রবণতা, ভূনিম্নস্থ পানির প্রভাব, কম্পনে আক্রান্ত হওয়ার প্রবণতা ইত্যাদি সম্পর্কে জানার প্রয়োজনীয়তা দেখা দেয়। ভিত্তির ধরন নির্বাচনে (গভীর ভিত্তি, অগভীর ভিত্তি, স্প্রেড ফুটিং, ওয়েল ভিত্তি, পাইল ভিত্তি ইত্যাদি) মাটির স্তর, ভূনিম্নস্থ পানির অবস্থান, মাটির ভারবহন ক্ষমতা, মাটির সংকোচন ও স্ফীত হয়ার প্রবণতা (swelling) ইত্যাদির উপর নির্ভর করতে হয়। তাই ভিত্তি নির্মাণ ও ডিজাইনে প্রকৌশলীদের মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার জ্ঞান থাকা আবশ্যক। যখন নির্মাণের ভার উপরের স্তরের মাটিই বহনে সক্ষম হয়, তখন অগভীর ভিত্তি ডিজাইন করতে হয়। যখন নির্মাণের ভার ভূ-অভ্যন্তরের গভীরে কোন নির্দিষ্ট স্তরে স্থানান্তরের দরকার পড়ে, তখন গভীর ভিত্তি ডিজাইন করতে হয়। নিচে গভীর ও অগভীর ভিত্তির চিত্র দেয়া হল (চিত্র ঃ ১.২ক) ঃ



চিত্র ঃ ১.২ (ক)

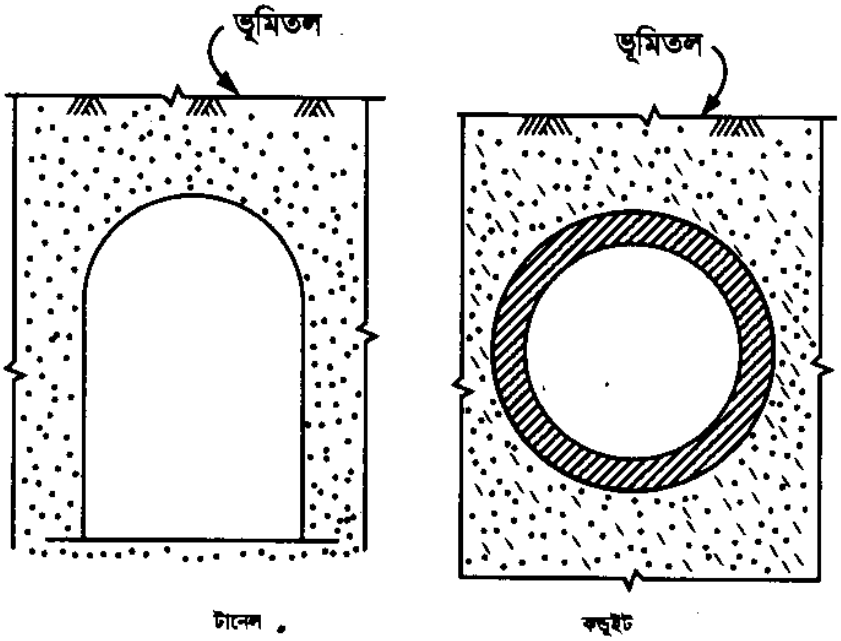
(খ) পাকা রাস্তার পেভমেন্ট ডিজাইনে ঃ রাস্তার পেভমেন্ট দু'ধরনের হতে পারে, যথা– নমনীয় ও অনমনীয়। উভয় ক্ষেত্রেই রাস্তার উপযোগিতা এদের ভিত্তিতলের মাটির উপর বহুলাংশে নির্ভর করে। পেভমেন্টের পুরুত্ব ও অন্যান্যাংশ ডিজাইনের জন্য পূর্বাহ্নে ভিত্তিতলের মাটির চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যাদি সম্পর্কে জানা আবশ্যক। অধিক যানবাহন চলাচলকারী ব্যস্ত রাস্তায় পুনঃপুন ভার অর্পিত হওয়ায় ফেটিক নিষ্ফলতা (Fatique failure) দেখা দিতে পারে। এতদভিন্ন ভূতলে পানির অবস্থানের জন্য তুষার ক্রিয়া (Frost action) জনিত সমস্যা সমাধানে এবং সড়ক ও রেলপথ নির্মাণের জন্য উপযোগী মাটি নির্বাচন, কাদা মাটির উপর স্থাপিত পেভমেন্টে পাম্পিং ক্রিয়াজনিত (pumping action) সমস্যা উত্তরণে মৃত্তিকার মান উন্নয়নে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার সহায়তা গ্রহণ করতে হয়।

তাই মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যা রাস্তায় পেভমেন্ট ও অন্যান্য ক্ষেত্রে অত্যাবশ্যকীয় ভূমিকা পালন করে। এখানে চিত্র ঃ ১.২ (খ)-তে রাস্তার পেভমেন্টের বিভিন্নাংশ দেখান হল ঃ



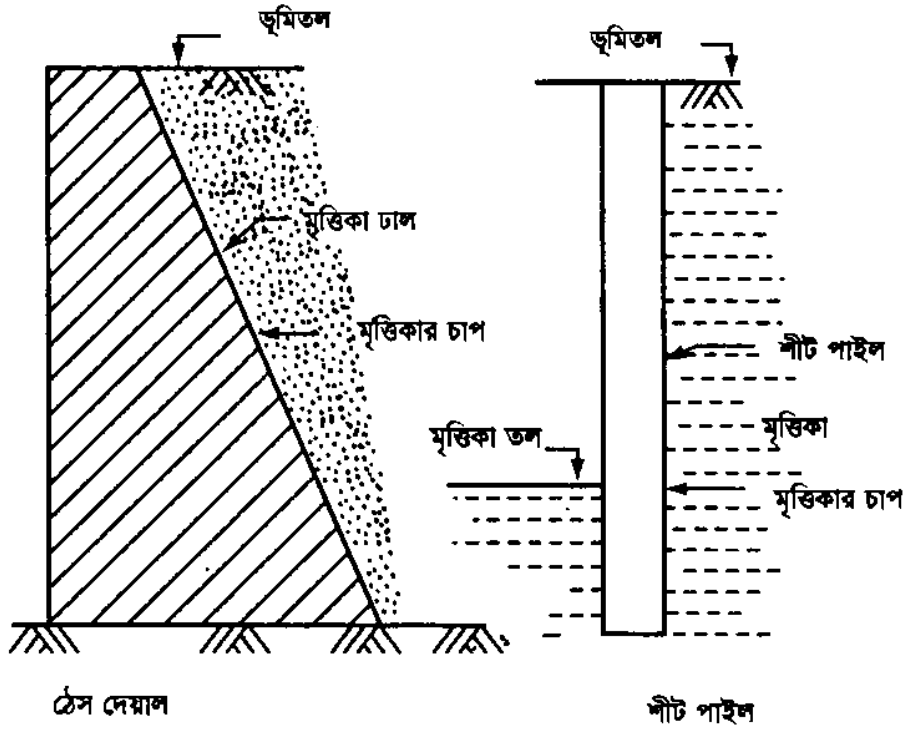
চিত্র ঃ ১.২ (খ) পেভমেন্টের বিভিন্নাংশ

(গ) ভূনিম্নস্থ কাঠামো ডিজাইন ঃ ভূনিম্নস্থ কাঠামো– টানেল, সেফট, কল্ভুইট ইত্যাদি– ডিজাইন ও নির্মাণে এদের উপরস্থ মাটির ওজন ও অন্যান্য উদ্ভূত মৃত্তিকা শক্তির ক্রিয়া এবং তাদের প্রভাব সম্পর্কে জানার দরকার হয়। মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যা এগুলো সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করে বিধায় এগুলোর ডিজাইন ও নির্মাণে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার জ্ঞান থাকা আবশ্যক। চিত্র ঃ ১.২(গ)-তে ভূনিম্নস্থ কাঠামোর চিত্র দেখান হল ঃ



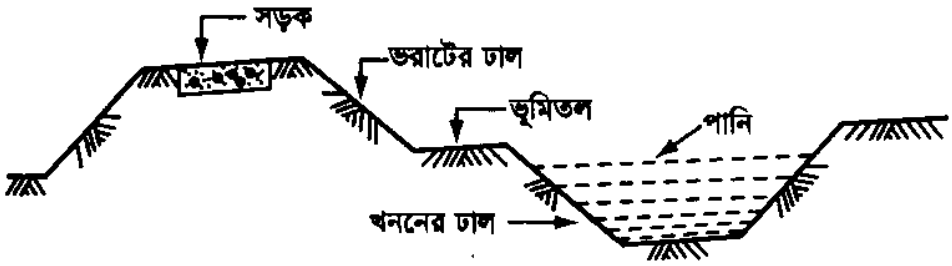
চিত্র ঃ ১.২(গ)

(ঘ) ঠেস কাঠামো ডিজাইন ঃ মাটির কাঠামো নির্মাণকালে স্থানের সংকুলান না হলে মাটি স্তূপীকৃত করার কালে পর্যাপ্ত নিরাপদ ঢাল দেয়া সম্ভব হয় না। তখন মৃত্তিকাকে সঠিক স্থানে যথাযথ অবস্থায় রাখার জন্য কাঠামো নির্মাণ করতে হয়। এটি ডিজাইনকালে মাটির পার্শ্বচাপ ও অন্যান্য বলের ক্রিয়া সম্পর্কে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যা জ্ঞান দান করে। তাই ঠেস কাঠামো ও সিট পাইল ডিজাইনে এর গুরুত্ব অত্যাধিক। এখানে চিত্র ঃ ১.২ (ঘ)-তে ঠেস দেয়াল ও সীট পাইলের ছবি দেখান হল ঃ



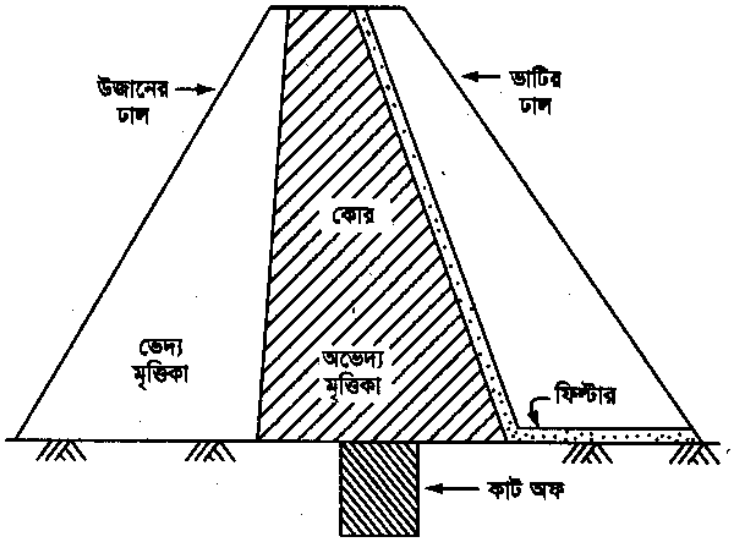
চিত্র ঃ ১.২ (ঘ)

(ঙ) মাটি খনন ও মাটি ভরাটের ডিজাইন ঃ সে সকল ক্ষেত্রে মাটি অনুভূমিক তলে অবস্থান করে না, ঐ সকল ক্ষেত্রে মাধ্যাকর্ষণ জনিত কারণে উপরের স্তরের মাটি নিচের দিকে পতিত হয় এবং মাটির কাঠামোতে বিপত্তি ঘটায়। এক্ষেত্রে মাটির শিয়ার (Shear) নেয়ার শক্তি এবং এর সাথে সম্পর্কিত অন্যান্য দিক সম্পর্কে জেনে মাটি ভরাটের জন্য ঢালের মাত্রা, ভরাটের উচ্চতা এবং মাটি খননের ক্ষেত্রে ঢালের মাত্রা ও খননের গভীরতা ডিজাইন করতে হয়। মাটি খননের সময় পানি চুয়ানের ফলে মাটির শক্তি হ্রাস পায়। তাই ডিজাইনকালে মাটিতে পানি চুয়ানের প্রবণতা আছে কি না সে দিকে লক্ষ রাখতে হয়। মাটির শক্তি বৃদ্ধি এবং পানি চুয়ানের প্রবণতা হ্রাসকল্পে মাঝে মাঝে ভূনিম্নস্থ পানি নিষ্কাশন করতে হবে কি না তাও ডিজাইনকালে বিবেচনায় আনতে হয়। গভীর খনন কাজে পাশের মাটি ধসের সম্ভাবনা আছে কি না এবং খননকালে পাড়ের মাটি ঠেস দিয়ে আটকাতে হবে কি না এবং পানি প্রবাহ হ্রাস ও মাটিকে স্থানচ্যুতি হতে রক্ষার জন্য সীট পাইল ব্যবহার করতে হবে কি না ইত্যাদি জানার জন্য মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার উপর নির্ভর করতে হয়। নিচের চিত্রে মাটি ভরাট ও খননের ঢালের ছবি দেখান হল ঃ (চিত্র ঃ ১.২ঙ)



চিত্র ঃ ১.২ (ঙ)

(চ) মাটির বাঁধ ডিজাইন ঃ মাটির বাঁধ নির্মাণ ও ডিজাইনের ক্ষেত্রে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার জ্ঞানের পরিপূর্ণতা থাকতে হয়। কেননা এতে শুধুমাত্র মাটিই নির্মাণসামগ্রী হিসেবে ব্যবহৃত হয়। মাটি সমসত্ত্ব বা অসমসত্ত্ব যে কোন ধরনের হউক না কেন এর সূচক বৈশিষ্ট্যাদি, ঘনত্ব, নম্যতা বৈশিষ্ট্যাদি, আপেক্ষিক গুরুত্ব, কণার আকৃতি, কণার আকার বিতরণ, কনসলিডেশন ও কম্পেকশন বৈশিষ্ট্য, শিয়ার স্ট্রেংথ ইত্যাদি সম্পর্কে জানতে হয়। বাঁধের উপযোগী মাটি নির্বাচনের জন্য মাটি জরিপ করতে হয়। বাঁধ ডিজাইনে মাটির সর্বোচ্চ ঘনত্বের জন্য কম্পেকশনের ক্ষেত্রে সর্বাধিক পানির পরিমাণ জানতে হয়। বাঁধের ঢাল নির্ধারণ, মাটিতে পানি চুয়ানের মাত্রা, ভিত্তির মাটি দেবে যাওয়ার প্রবণতা, ভূকম্পনে আক্রান্ত হওয়ার প্রবণতা ইত্যাদি জানার দরকার হয়। আর মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যাই এসব তথ্যাদি প্রদান করে। তাই মাটির বাঁধ ডিজাইনে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার ভূমিকা অত্যধিক। চিত্রে মাটির বাঁধের প্রস্থচ্ছেদের ছবি দেখানো হল ঃ (চিত্র ঃ ১.২চ)



চিত্র ঃ ১.২(চ) মাটির বাঁধ

(ছ) বিবিধ ঃ মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যা মাটি সংক্রান্ত বিবিধ সমস্যার সমাধান করে। এ বিদ্যা মৃত্তিকায় তুষার ক্রিয়ার প্রবণতা, ভূমি ধস, মাটির সংকোচন ও স্ফীত হওয়া (Swelling) ইত্যাদি সমস্যার উত্তরণে কার্যকরী ভূমিকা সম্পাদন করে। এটি জেটি, টার্মিনাল, পোতাশ্রয় ইত্যাদির জন্য সমুদ্র বা নদীর তীরস্থ স্থান নির্বাচন ও মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য বিবেচনায় বিভিন্ন কাঠামো ডিজাইনে প্রয়োজনীয় তথ্যাদি প্রদান করে।

১.২ মৃত্তিকার উৎপত্তি ও গঠন (Origin and Formation of Soil) ঃ

শিলার উপর আবহক্রিয়ার যান্ত্রিক বিয়োজন (disintegration) বা রাসায়নিক বিশ্লিষ্টায়নের (decomposition) প্রভাবে শিলা হতে মাটির উৎপত্তি ঘটে। দীর্ঘকাল ব্যাপী শিলা পৃষ্ঠ বায়ুমণ্ডলের স্পর্শে থাকলে শিলা পৃষ্ঠ বিয়োজিত বা বিশ্লিষ্ট হয়ে মৃত্তিকা কণার সৃষ্টি করে। ভূতত্ত্ব বিষয়ক চক্রের (Geologic Cycle) প্রতিনিয়ত ক্রিয়ার ফলে মৃত্তিকার উৎপত্তি ঘটে। ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া, স্থানান্তর হওয়া, সঞ্চিত হওয়া, ভূ-আন্দোলন ইত্যাদি এ চক্রের অন্তর্ভুক্ত। ভূপৃষ্ঠের শিলারাজি বিভিন্ন ধরনের ভৌত ও রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় ক্ষয়প্রাপ্ত ও খণ্ডিত বিখণ্ডিত হয়। পানি, বাতাস ও অন্যান্য মাধ্যমের দ্বারা শিলার ক্ষয়প্রাপ্ত অংশ স্থানান্তরিত হয়ে নতুন স্থানে সঞ্চিত হয়। এ স্থানান্তরের ফলে ভূপৃষ্ঠে শক্তির ভারসাম্যহীনতা দেখা দেয় এবং বিকট ধরনের ভূ-আন্দোলনের সৃষ্টি করে। এর ফলে ভূ-অভ্যন্তরের শিলার স্তর ভূপৃষ্ঠে উঠে আসে এবং ভূতত্ত্ব বিষয়ক চক্রে পতিত হয়। এভাবে পুনঃপুন উপরোক্ত কার্যক্রম চলতে থাকে। যখন কোন শিলার স্তর ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে মৃত্তিকার উৎপত্তি ঘটায় এবং উক্ত মৃত্তিকা ঐ শিলা স্তরের (Parent rock) উপরই অবস্থান করে, তখন ঐ মৃত্তিকাকে উপবেশনকৃত মৃত্তিকা (Sedimentary soil) বা অবশেষ মৃত্তিকা (Residual soil) বলা হয়। যদি উক্ত মাটি কোন মাধ্যমের (বায়ু, পানি ইত্যাদি) দ্বারা স্থানান্তরিত হয়ে অন্য কোথাও সঞ্চিত হয়, তখন ঐ মৃত্তিকাকে স্থানান্তরিত মৃত্তিকা (Transported soil) বলা হয়।

অবশেষ মৃত্তিকার ক্ষেত্রে মৃত্তিকা স্তরের উপরের অংশে সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা কণা এবং ক্রমান্বয়ে নিচের দিকে পর্যায়ক্রমে স্থূলকণার উপস্থিতি পরিলক্ষিত হয় এবং উক্ত মৃত্তিকা স্তরের উপর হতে নিচ পর্যন্ত প্রকৌশলগত বৈশিষ্ট্যের (মৃত্তিকার) সাম্যতা দেখা যায়। এতদভিন্ন মূল শিলা স্তরের (Parent rocks) ধর্ম ও গুণাবলির সাথে তেমন কোন বৈসাদৃশ্য দেখা যায় না। এ জাতীয় মৃত্তিকা স্তরের পুরুত্ব কয়েক মিটারের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে।

স্থানান্তরিত মৃত্তিকার স্তরের পুরুত্ব, মূল শিলার সাথে সাদৃশ্যতা ও বৈসাদৃশ্যতা স্থানান্তর ও সঞ্চিত হওয়ার ধরনের উপর বহুলাংশে নির্ভর করে। পানিবাহিত স্থানান্তরিত মৃত্তিকাকে পাললিক মৃত্তিকা (Alluvial soil) বা মেরিন মৃত্তিকা (Marine soil) বা ল্যাকাস্ট্রিন মৃত্তিকা (Lacustrine soil) বলা হয়। গলিত তুষার বা হিমবাহ বাহিত স্থানান্তরিত মৃত্তিকাকে গ্ল্যাসিয়াল ড্রিফ্ট বা ড্রিফ্ট (Glacial drift or drift) নামে অভিহিত করা হয়। এতে পাথর খণ্ড ও বিভিন্ন আকারের মৃত্তিকা কণা থাকতে পারে। বালি, পলি ও কাদা মিশ্রিত পলি বায়ুবাহিত হয়ে স্থানান্তরের মাধ্যমে বালিয়াড়ি (Aeoline) সৃষ্টি করে। মাধ্যাকর্ষণে স্থানান্তরিত মৃত্তিকাকে কুলিউভিয়াল মৃত্তিকা (Colluvial soil) বলা হয়। জৈব পদার্থ পচে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে জৈব মৃত্তিকা (Organic soil) তৈরি করে, স্থানান্তরিত মৃত্তিকার স্তরের পুরুত্ব অধিক হয় এবং স্তরগুলো সচরাচর সাম্য পুরুত্বের হয়ে থাকে।

উপরের আলোচনায় এটি প্রতীয়মান হয় যে, ভৌত বিয়োজন বা যান্ত্রিক বিশ্লিষ্টায়নের ফলে মৃত্তিকা গঠিত হয়। শিলায় যান্ত্রিক আবহক্রিয়া বা ভৌত বিয়োজনে নিম্নের ভৌত প্রক্রিয়ায় মাটি গঠিত হয়ে থাকে। ভৌত প্রক্রিয়ায় গঠিত মৃত্তিকা মূল শিলার উপাদানসমূহের সমন্বয়ে গঠিত বিধায় এ জাতীয় মৃত্তিকার অধিকাংশ গুণাগুণই মূল শিলার গুণাগুণের সাথে সাদৃশ্য থাকে। মোটাদানার (Coarse grained soil) মৃত্তিকা বালি, গ্রেভেল ইত্যাদি সাধারণত ভৌত প্রক্রিয়ায় গঠিত হয়।

১। **ঘর্ষণ (Abrasion) :** পানি, তুষার, হিমবাহ, বায়ু ইত্যাদি প্রতিনিয়ত শিলা পৃষ্ঠের উপর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার ফলে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ক্ষয়প্রাপ্ত শিলাকণা মৃত্তিকা গঠন করে।

২। **তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধি (Change of temperature) :** শিলা বিভিন্ন খনিজ পদার্থের সমন্বয়ে গঠিত এবং এগুলোর তাপীয় প্রসারণের মাত্রাও ভিন্ন ভিন্ন। ফলত পুনঃপুন তাপ ও শৈত্যের প্রভাবে শিলার উপাদানগুলো ভিন্ন ভিন্ন মাত্রায় প্রসারিত ও সংকুচিত হয়ে শিলা খণ্ডিত বিখণ্ডিত হয় এবং উৎপন্ন শিলা কণাগুলো মাটি গঠন করে।

৩। **গাছগাছড়ার শিকড় (Roots of plants) :** শিলাস্তরের ফাটলে গাছগাছড়া জন্মালে এগুলোর শিকড় বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হওয়ার ফলে শিলার স্তরে প্রতিনিয়ত চাপ পড়ে এবং শিলাকে বিয়োজিত করে মাটি গঠন করে।

৪। **তুষার ক্রিয়া (Action of ice) :** শিলাস্তরের সূক্ষ্ম ছিদ্রপথে বা সরু ফাটলে পানি প্রবেশের পর শৈত্যের প্রভাবে পানি বরফে পরিণত হলে আয়তনে বৃদ্ধি পায় এবং শিলার স্তর খণ্ড বিখণ্ড করে শিলা কণার সৃষ্টি করে। শিলা কণা মাটি গঠন করে।

রাসায়নিক বিশ্লিষ্টায়নে শিলার উপর আবহক্রিয়ার প্রভাবে শিলার খনিজ কণাগুলো রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে নতুন উপাদানে পরিণত হয়ে মৃত্তিকা গঠন করে। এ জাতীয় মৃত্তিকার গুণাগুণ মূল শিলা হতে ভিন্ন ধরনের। সচরাচর কাদা জাতীয় মৃত্তিকা রাসায়নিক বিশ্লিষ্টায়নের মাধ্যমে গঠিত হয়ে থাকে এবং এ জাতীয় মৃত্তিকার নম্যতা (Plasticity) গুণাবলি দেখা যায়। প্রকৃতিতে সচরাচর শিলাস্তরে নিম্নের রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলো কাজ করে মৃত্তিকা গঠন করে থাকে।

১। **পানিযোজন (Hydration) :** শিলার উপাদানগুলোর সাথে পানির সংমিশ্রণের ফলে নবতর রাসায়নিক যৌগ সৃষ্টি করে এবং আয়তনের পরিবর্তন ঘটিয়ে শিলা বিশ্লিষ্ট হয়ে শিলা কণার সৃষ্টি করে এবং মৃত্তিকা গঠন করে।

২। **অক্সিডেশন (Oxidation) :** শিলার বিভিন্ন খনিজ কণার সাথে বায়ুর অক্সিজেনের বিক্রিয়ার শিলা বিশ্লিষ্ট হয় এবং বিশ্লিষ্ট শিলা কণাগুলো মৃত্তিকা গঠন করে।

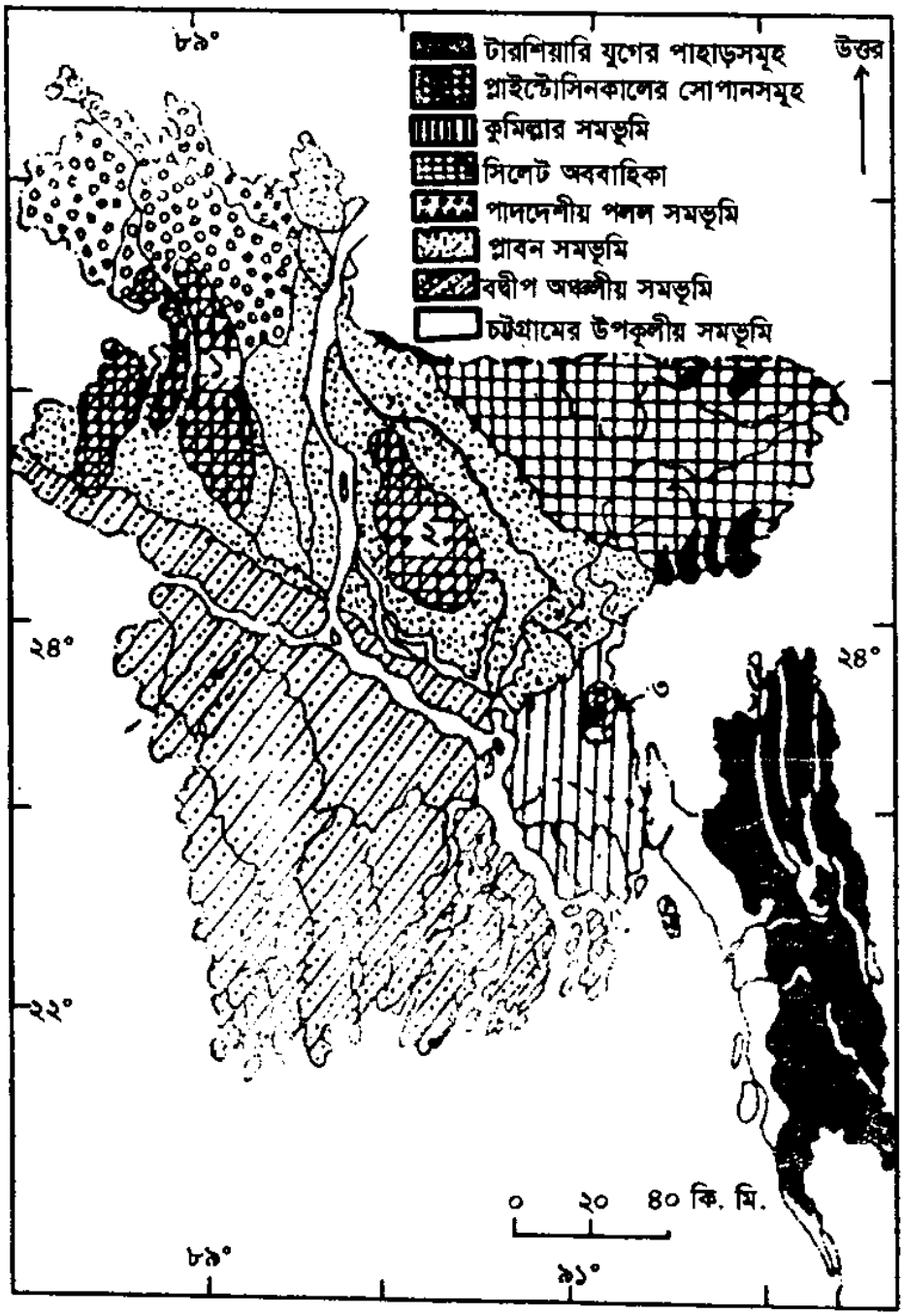
৩। **কার্বোনেশন (Carbonation) :** বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইড পানির সাথে মিশ্রিত হয়ে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং শিলা পৃষ্ঠে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে ক্ষয়প্রাপ্ত করে মৃত্তিকা গঠন করে।

৪। **হাইড্রোলাইসিস (Hydrolysis) :** এ প্রক্রিয়ায় পানি OH^- ও H^+ আয়নে রূপান্তরিত হয় এবং H^+ আয়ন শিলার ধাতব আয়নের ক্যালসিয়াম, সোডিয়াম, পটাশিয়াম ইত্যাদির সাথে প্রতিস্থাপিত হয়ে নতুন উপাদানের মৃত্তিকা গঠন করে।

৫। **দ্রবণ (Solution) :** শিলার কোন কোন উপাদান পানিতে দ্রবীভূত হয়ে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার অংশগ্রহণ করে মৃত্তিকা গঠনে কার্যকরী ভূমিকা পালন করে।

১.৩ বাংলাদেশের ভূ-উৎপত্তি ও গঠনের ইতিহাস (Historical origin and formation of soil of Bangladesh) ঃ

বাংলাদেশ পৃথিবীর একটি অন্যতম বৃহত্তম বদ্বীপ। এর উপর দিয়ে পদ্মা, মেঘনা, যমুনা, ব্রহ্মপুত্র, শীতলক্ষ্যা, কর্ণফুলী প্রভৃতি নদী প্রবাহমান। বাংলাদেশের ভূমি উত্তর হতে দক্ষিণ দিকে ক্রমশ ঢালু। ফলে উক্ত নদনদী এবং এদের শাখানদী ও উপনদীগুলোও উত্তর হতে দক্ষিণ দিকে বঙ্গোপসাগর অভিমুখে প্রবাহিত হয়। এ দেশের উত্তর-পূর্ব ও দক্ষিণ-পূর্বাংশের পাহাড়ি এলাকা ব্যতীত প্রায় সমগ্র এলাকাই এ সব নদনদী বাহিত পললে গঠিত।



চিত্র ঃ ১.৩ বাংলাদেশের ভূ-উৎপত্তি ও গঠন

এ দেশের মাটির উৎপত্তি ও গঠনের সময়ানুক্রমিক দিক হতে বিবেচনায় এদেশের মাটির উৎপত্তি ও গঠনে তথা ভূ-প্রকৃতিকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা যেতে পারে। যথা– ১। টারশিয়ারি যুগে গঠিত পাহাড়সমূহ ২। প্লাইস্টোসিন কালে গঠিত সোপানসমূহ এবং ৩। সাম্প্রতিককালের প্লাবন সমভূমি।

১। টারশিয়ারি যুগের গঠিত পাহাড়সমূহ ঃ টারশিয়ারি যুগে হিমালয় পর্বত উত্থিত হওয়ার কালে মায়ানমারের দিক হতে গিরিজনি আলোড়নের প্রভাবে ও ধাক্কায় সম্ভবত রাঙামাটি, খাগড়াছড়ি, বান্দরবান, চট্টগ্রাম, সিলেট, মৌলভী বাজার, হবিগঞ্জ এবং পাহাড়ি এলাকাগুলোর সৃষ্টি হয়। আসামের লুসাই ও মায়ানমার এর আরকান এলাকার পাহাড়ের সাথে এগুলোর মিল দেখা যায়। এ সকল পাহাড়ি এলাকার পাদভূমি ও ভরাটকৃত গিরিখাত মূলত এদের ক্ষয়িত কণায় গঠিত এবং দীর্ঘকালের প্রাকৃতিক প্রভাবে এ সকল পাহাড়ি এলাকার উচ্চতা কমছে এবং এগুলোর ক্ষয়িত অংশ সংলগ্ন এলাকা ভরাট হয়ে নতুন মৃত্তিকার সমতল ভূমি সৃষ্টি করছে। এ সকল পাহাড় বেলে পাথর, স্লেট পাথর ও কর্দমের সংমিশ্রণে গঠিত।

২। প্লাইস্টোসিন কালে গঠিত সোপানসমূহ ঃ অনুমান করা হয় যে, প্লাইস্টোসিন যুগের (খ্রিস্ট জন্মের ১৫,০০০ বছর কাল পূর্ব পর্যন্ত) অন্তঃ বরফগলা পানিতে বন্যার সৃষ্টি হয়ে বাংলাদেশের উত্তর-পশ্চিমাংশে সুবিশাল বরেন্দ্রভূমি, মধ্যভাগের মধুপুর ও ভাওয়ালের গড় এবং কুমিল্লার লালমাই এর উঁচুভূমি গঠিত হয়। এ অঞ্চলগুলোর মাটি লাল ও ধূসর এবং এগুলো সহজেই চেনা যায়।

৩। সাম্প্রতিককালের প্লাবন সমভূমি ঃ বাংলাদেশের অধিকাংশ এলাকাই নদনদী ও এদের শাখাপ্রশাখা বাহিত পললে গঠিত। এর আওতায় (ক) কুমিল্লার সমভূমি (চাঁদপুর, কুমিল্লা, ব্রাহ্মণবাড়িয়া, লক্ষ্মীপুর, ফেনী ও হবিগঞ্জ জেলার কিছু অংশ)। (খ) সিলেট অববাহিকা (সিলেট, সুনামগঞ্জ ও হবিগঞ্জ জেলার অধিকাংশ এবং কিশোরগঞ্জ ও নেত্রকোনা জেলার পূর্ব দিকের অংশ)। (গ) পাদদেশীয় পললভূমি (উত্তর পশ্চিমাঞ্চলের বৃহত্তর রংপুর, দিনাজপুর জেলার কিছু অংশ হিমালয় পর্বত হতে আনীত পললে গঠিত)। (ঘ) গঙ্গা, ব্রহ্মপুত্র, মেঘনা প্লাবন সমভূমি (এটি বাংলাদেশের মূল প্লাবন সমভূমি বৃহত্তর ঢাকা, কুমিল্লা, ময়মনসিংহ, টাঙ্গাইল, পাবনা, রাজশাহীর অংশবিশেষ নিয়ে এক বৃহত্তর এলাকা)। (ঙ) বদ্বীপ অঞ্চলীয় সমভূমি (দক্ষিণ পশ্চিম অঞ্চল বৃহত্তর কুষ্টিয়া, যশোর, ফরিদপুর, বরিশাল, পটুয়াখালী অঞ্চলের সমুদয় অংশ এবং রাজশাহী, পাবনা ও ও ঢাকা অঞ্চলের কিছু অংশ)। (চ) চট্টগ্রামের উপকূলীয় সমভূমি (ফেনী নদী হতে কক্সবাজারের দক্ষিণ পর্যন্ত বিস্তৃত)।

১.৪ মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার সীমাবদ্ধতা (Limitations of Soil Engineering) ঃ

মৃত্তিকার প্রকৃতি ও ধরন বহু রকমের। কাজেই কোন সমীকরণ প্রমাণে বিভিন্ন ধরনের ধরাকৃত অনুমানের উপর নির্ভর করতে হয়। প্রায় সকল ক্ষেত্রেই একটি আদর্শ অবস্থা ধরে সমীকরণগুলো সৃষ্টি করা হয়েছে। মূলত অনুমান সত্যতার উপর ভিত্তি করেই সমীকরণগুলোর প্রতিষ্ঠা, মৃত্তিকার প্রকৃত অবস্থার সাথে অনেক ক্ষেত্রেই এগুলোর মিল পাওয়া যায় না। এমনকি নিকটবর্তী দু'স্থানের মৃত্তিকার সকল গুণাবলি কখনও একই রকম হয় না। কাজেই মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যায় প্রতিটি সমস্যারই নিজস্ব স্বকীয়তা থাকে। তাই মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যাকে পুরাপুরি বিজ্ঞানসম্মত ভাবা যায় না। মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার অনেকগুলো সীমাবদ্ধতা আছে। তাই বাস্তব ক্ষেত্রে মৃত্তিকা সংক্রান্ত সমস্যার সমাধানে সীমাবদ্ধতাগুলো স্মরণ রাখা আবশ্যক। নিচে প্রধান প্রধান সীমাবদ্ধতাগুলো দেয়া হল ঃ

১। চাপ, নিষ্কাশন ব্যবস্থা ও অন্যান্য পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর মাটির চারিত্রিক আচরণ ও শক্তি অনেকাংশে নির্ভর করে। তাই মৃত্তিকা সংক্রান্ত সমস্যার এগুলো অবশ্যই বিবেচনায় আনতে হবে।

২। মৃত্তিকার পীড়ন ও বিকৃতির ক্ষেত্রে স্থিতিস্থাপকতা তত্ত্ব কার্যকর নয়। তাই মৃত্তিকার ক্ষেত্রে এ তত্ত্ব ব্যবহার করাও ঠিক নয়।

৩। প্রত্যেক স্থানের মৃত্তিকার স্বকীয়তা বিদ্যমান অর্থাৎ অবস্থানের পরিবর্তনে মাটির গুণাগুণ, ধর্ম, বৈশিষ্ট্য ইত্যাদিতে পরিবর্তন দেখা যায় বিধায় এক প্রজেক্টের ফলাফল ও অভিজ্ঞতা অবিকল অবস্থার অন্য প্রজেক্টে ব্যবহার করা যায় না।

৪। মৃত্তিকার ভূনিম্নস্থ অবস্থা সম্পর্কে জানার জন্য পর্যাপ্ত অনুসন্ধান কার্য সম্পাদন করতে হয়। কেননা বাহ্যিক পর্যবেক্ষণে ভূনিম্নস্থ মৃত্তিকা স্তরের সঠিক অবস্থা জানা অসম্ভব।

৫। মৃত্তিকা খুবই অনুভূতিপ্রবণ, সামান্য আলোড়নেই এর গুণাগুণে পার্থক্য প্রদর্শন করে। কাজেই বিভিন্ন নিরীক্ষার ফলাফল সতর্কতার সাথে ব্যাখ্যা বিশ্লেষণ করে নিতে হয়।

৬। মৃত্তিকার মত অনুভূতিপ্রবণ ও স্থানের পরিবর্তনে গুণাগুণের পরিবর্তন, এরূপ সামগ্রীর জন্য জটিল সূক্ষ্মতম অংকের ফলাফলের উপর নির্ভর করা যায় না।

৭। মৃত্তিকায় কাঠামো নির্মাণকালে মৃত্তিকার আচরণগত কারণে ডিজাইনের পরিবর্তন সাধন করতে হতে পারে। কেননা নির্মাণ কার্য চলাকালে মৃত্তিকার গুণাগুণে পরিবর্তন সাধিত হতে পারে। এমনকি নির্মাণ কার্য সমাপ্তির পরও পরিবর্তন হতে পারে।

৮। মৃত্তিকা ত্রিসামগ্রীর [কঠিন (মাটিকণা), তরল (পানি) ও বায়বীয় (বাতাস) পদার্থের] সমন্বয়ে গঠিত। এ সামগ্রীত্রয়ের আনুপাতিক হারের উপরও এর আচরণগত বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটায়।

৯। মৃত্তিকা এমন এক সামগ্রী যার দানাগুলো পরস্পরের আপেক্ষিকতায় স্থান পরিবর্তন করতে পারে এবং দানাগুলোর স্থান পরিবর্তনের সাথে সাথে এর চারিত্রিক আচরণেরও পরিবর্তন হয়।

১০। মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যা একটি নবজাত বিজ্ঞান। কাজেই এর উন্নয়নের সাথে তাল মিলিয়ে কার্যক্ষেত্রে প্রয়োগ করা বাঞ্ছনীয়।

১.৫ মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি (Soil Classification System) ঃ

মৃত্তিকা এমন এক সামগ্রী যা দু'টি পাশাপাশি স্থানে অবস্থিতি সত্ত্বেও একই রকম আচরণ প্রদর্শন করে না। তাই এর শ্রেণিবিন্যাস করাও সহজসাধ্য নয়। তবুও মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যায় সাদৃশ্য আচরণসম্পন্ন মৃত্তিকাকে সম শ্রেণিভুক্ত ধরে এগুলোকে বিভিন্ন ভাগে বিভক্ত করেছে। সম আচরণের মৃত্তিকাকে নির্দিষ্ট শ্রেণিভুক্ত ধরে মৃত্তিকাকে বিভিন্নভাবে বিভক্ত করে সাজানোর নামই মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগকরণ পদ্ধতি। বিভিন্ন ধরনের গুণ ও আচরণসম্পন্ন মৃত্তিকার স্তরে ভূপৃষ্ঠস্তর গঠিত। তাই মৃত্তিকাকে সাদৃশ্য আচরণের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন বৃহত্তর ভাগে ভাগ করার প্রয়োজন হয়। স্বতন্ত্রভাবে মৃত্তিকা সম্পর্কে জানার চেয়ে নির্দিষ্ট ভাগের মাটি সম্পর্কে জানাই যুক্তিসঙ্গত।

নিম্নের মৌলিক বিষয়গুলোর প্রতি লক্ষ রেখে মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস করলে মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারদের জন্য খুবই উপকারী হবে।

(ক) মৃত্তিকাকে সীমিত সংখ্যক বিভাগে ভাগ করা ;

(খ) উদ্দেশ্যের সাথে সর্বাধিক সঙ্গতিসম্পন্ন প্রকৌশল ধর্মের উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ করা ;

(গ) শ্রেণিবিভাগকে সহজতর করা ও সহজ বোধ্য পরিভাষা ব্যবহার করা।

বর্তমানে প্রচলিত বিভিন্ন শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি উপরোক্ত বিষয়গুলোর উপর প্রতিষ্ঠিত। একজন জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ার ভিত্তির মাটির উপযোগিতা জানার জন্য বহু সংখ্যক পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে এটি সম্পর্কে সম্যক ধারণা অর্জন করতে পারেন। কিন্তু তিনি শুধুমাত্র শ্রেণিবিন্যাস পরীক্ষণ করে সূচক ধর্মাবলি জানতে পারেন এবং এটি হতে তিনি সহজেই মৃত্তিকার উপযোগিতা সম্পর্কে প্রায় সঠিক সিদ্ধান্তেই উপনীত হতে পারেন। যেহেতু সূচক ধর্মাবলির (Index properties) উপর ভিত্তি করে (মৃত্তিকা কণার আকার ও নম্যতা) মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস করা হয়। আদর্শ শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিতে শ্রেণিবিন্যাস করা হলে একস্থানের মৃত্তিকার ধর্মাবলি ও আচরণ অন্যস্থানের সমশ্রেণির অনুরূপ হবে। কাজেই শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারগণের নিকট একটি সাধারণ ভাষা হিসেবে কাজ করে, প্রযুক্তিবিদগণের নিকট তথ্য ও অভিজ্ঞতা লেনদেন করে। একটি উদাহরণের মাধ্যমে বিষয়টি সহজবোধ্য করা হল।

ধরা যাক ইউনিফাইড সয়েল ক্লাসিফিকেশন সিস্টেমে (Unified soil Classification) কোন স্থানের মৃত্তিকা SW শ্রেণিভুক্ত। বিশ্বের যে কোন স্থানের জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ার সহজেই বুঝবেন যে, উক্ত মৃত্তিকা স্বাভাবিক অনুপাতে বিভিন্ন আকারের বালিকণায় (Well graded sand) গঠিত, পানিভেদ্য (Perviouis), নিম্নমাত্রায় সংনমনীয় (Low compressibility) এবং উচ্চমাত্রার শিয়ার শক্তি (high shear strength) সম্পন্ন। মৃত্তিকায় শ্রেণিবিন্যাসের ফলেই মাত্র দু'টি বর্ণ দ্বারা সহজেই উপরোক্ত তথ্যাদি পরিবেশন সম্ভব হল।

অবশ্যই স্মরণ রাখা উচিত যে, মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাসের মাধ্যমে নিখুঁত ফলাফল পাওয়া যায় না এবং একে মৃত্তিকার প্রকৌশলগত বিশ্লেষণের বিকল্প হিসেবেও ব্যবহার করা যায় না। বিভিন্ন ভারী কাঠামোর প্রকৌশলগত ডিজাইনে মৃত্তিকার প্রকৌশলগত ধর্মাবলি জানার জন্য অবিঘ্নিত নমুনা মৃত্তিকায় (Undistrubed soil) বিভিন্ন ধরনের পরীক্ষা (test) সম্পাদন করতে হয় এবং প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে কাঠামোর ডিজাইন করতে হয়।

মৃত্তিকা পরীক্ষা করলে দেখা যায় এগুলোতে বিদ্যমান দানাগুলো একই আকৃতির নয়। মৃত্তিকার দানাগুলো সাধারণত (ক) গোলাকার (rounded) (খ) উপগোলাকার (Subrounded) (গ) কোণাকৃতি (Angular) ও (ঘ) উপ-কোণাকার (Subangular) আকৃতির হয়ে থাকে। এ সকল মৃত্তিকাদানাগুলো যেমনি ভিন্ন ভিন্ন আকৃতির হয়ে থাকে তেমনি এগুলোর আকারেরও ভিন্নতা দেখা যায়। মৃত্তিকার দানাগুলো স্থূল (Coarse grained) ও সূক্ষ্ম (fine graind) উভয় আকারেরই হতে পারে। আবার সকল মৃত্তিকায় দানার বিন্যাসও একই রকম থাকে না। এমনকি সকল ক্ষেত্রে মৃত্তিকার গঠন কাঠামোও একই রকম হয় না। কাজেই মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগও কোন একক দিক হতে করা যায় না। নিম্নে প্রধান প্রধান কয়েকটি দিকের বিবেচনায় মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ করা হল ঃ

১। মৃত্তিকাদানার আকারের উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ ঃ পুর প্রকৌশলীগণ মৃত্তিকা দানার ক্ষেত্রে প্রধানত গ্র্যাভেল, বালি, পলি ও কাদা এ চারটি পরিভাষা ব্যবহার করে থাকেন। প্রাকৃতিকভাবে মৃত্তিকা উপরোক্ত চারটির মধ্যে দু'টি বা দুয়ের অধিক ধরনের দানায় গঠিত। এক্ষেত্রে দানার আকারের উপর ভিত্তি করে মাটিকে দু'ভাগে ভাগ করা যেতে পারে। যথা– (ক) স্থূলদানা-মৃত্তিকা (Coarse grained soil) ও (খ) সূক্ষ্মদানা মৃত্তিকা (Fine grained soil)।

(ক) স্থূলদানা মৃত্তিকা ঃ গ্র্যাভেল ও বালিদানা বেশ স্থূল এবং এ দানাগুলো খালি চোখে দেখা যায়। এ সকল দানার সমন্বয়ে যে মৃত্তিকার সৃষ্টি তাকে স্থূলদানা মৃত্তিকা বলা হয়ে থাকে। এ ধরনের মৃত্তিকায় ৫০% (ওজনে) এর অধিক স্থূলদানা থাকে এবং এ দানাগুলো খালি চোখেও শনাক্ত করা যায়। গ্র্যাভেল ও বালিদানার আকার যথাক্রমে ৪.৭৫ মিলিমিটার হতে বড় এবং ৪.৭৫ মিলিমিটার হতে ছোট কিন্তু খালি চোখে শনাক্ত করা যায়। বালিদানা তিন ধরনের হয়ে থাকে, যথা– (i) স্থূলবালি (Coarse sand) আকার ২.০০ মিলিমিটার হতে ৪.৭৫ মিলিমিটার (ii) মধ্যম বালি (Medium sand) আকার ০.৪২৫ মিলিমিটার হতে ২.০০ মিলিমিটার এবং (iii) সূক্ষ্ম বালি (Fine sand) আকার ০.০৭৫ মিলিমিটার হতে ০.৪২৫ মিলিমিটার। স্থূলদানার মৃত্তিকার বিভিন্ন ধরনের দানার বিন্যাস (gradation) অনুযায়ী একে চারভাগে ভাগ করা যায়, যথা– (i) স্থূল হতে সূক্ষ্ম সকল ধরনের দানার আনুপাতিক সমন্বয়ে গঠিত সুবিন্যস্ত (Well graded) মৃত্তিকা, (ii) একই আকারের দানায় গঠিত সমরূপে বিন্যস্ত (Uniform graded) মৃত্তিকা, (iii) একই আকারের স্থূলদানা ও একই আকারের সূক্ষ্মদানার সমন্বয়ে গঠিত বিচ্ছিন্নরূপে বিন্যস্ত (gap graded) মৃত্তিকা ও (iv) সামঞ্জস্যহীন মৃত্তিকা দানায় গঠিত অবিন্যস্ত (poorly graded) মৃত্তিকা।

(খ) সূক্ষ্মদানা মৃত্তিকা ঃ সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা পলি ও কাদার সূক্ষ্মকণায় গঠিত। এতে ৫০% (ওজনে) অধিক সূক্ষ্ম পলি ও কাদা কণা থাকে। এগুলোর আকার ০.০৭৫ মিলি মিটার অপেক্ষা ছোট এবং এগুলো খালি চোখে দেখা যায় না।

পলিকণা তিন ধরনের, যথা– (i) স্থূল পলি, আকার ০.০২ হতে ০.০৭৫ মিলিমিটার (ii) মধ্যম পলি, আকার ০.০০৬ হতে ০.০০২ মিলিমিটার এবং (iii) সূক্ষ্ম পলি, আকার ০.০০২ মিলিমিটার হতে ছোট।

সূক্ষ্মদানা মৃত্তিকার জৈব অজৈব বা উভয় ধরনের পলি ও কাদা কণা থাকতে পারে। তবে অজৈব পলিকণায় গঠিত সূক্ষ্মদানা মৃত্তিকায় নম্যতা (Plasticity) ও সংসক্তি প্রবণতা (Cohesion) সামান্য পরিমাণে থাকতে পারে বা নাও থাকতে পারে। সামান্য নম্যতাগুণ সম্পন্ন অতি সূক্ষ্ম গোলাকার কোয়ার্টজ কণাকে রক ফ্লাওয়ার (Rock flour) বলা হয় এবং নম্যতাগুণ সম্পন্ন আঁশ সদৃশ (flake shaped) কণাকে নম্য পলি (Plastic silt) বলা হয়ে থাকে। কেলাসিত খনিজের আঁশ সদৃশ অণুবীক্ষণিক অতি সূক্ষ্মকণাকে কাদা (Clay) বলা হয়ে থাকে। কাদার বৈশিষ্ট্যগুলো হচ্ছে (i) নম্যতা (ii) সংসক্তি প্রবণতা ও (iii) আয়ন শোষণ ক্ষমতা। স্মেকটাইট (Smectite), ইলাইট (Oillite) ও কাওলিনাইট (Kaolinite) এ তিনটি উল্লেখযোগ্য খনিজ কাদা।

সাধারণত সূক্ষ্মদানা মৃত্তিকায় জৈব পদার্থের উপস্থিতি দেখা যায়। জৈব পদার্থ সমৃদ্ধ মৃত্তিকাকে জৈব মৃত্তিকা (Organic soil) বলা হয়। মাটিতে জৈব পদার্থের উপস্থিতি এর ভৌত গুণাগুণে বিশেষ প্রভাব ফেলে থাকে। সাধারণত গাছগাছড়া ও প্রাণীর ধ্বংসাবশেষ হতে মৃত্তিকায় জৈব পদার্থের উপস্থিতি ঘটে। মৃত্তিকার গাঢ় ধূসর ও কালো রং এবং গন্ধ মৃত্তিকায় জৈব পদার্থের উপস্থিতি চিহ্নিতকরণে সহায়তা করে। যদি মৃত্তিকায় জৈব পদার্থের উপস্থিতি স্বাভাবিক অবস্থায় শনাক্ত করতে অসুবিধা হয় তবে কিঞ্চিৎ গরম করলে সহজে জৈব গন্ধ পাওয়া যাবে (যদি মৃত্তিকায় জৈব পদার্থ থাকে)। সাধারণত মৃত্তিকায় (i) জৈব পলি (ii) জৈব কাদা (iii) পিট (peat) বা মাক (Muck) থাকতে পারে। মৃত্তিকায় আংশিক পচনশীল জৈব পদার্থের উপস্থিতি মৃত্তিকায় জৈব পলির উপস্থিতি নির্দেশ করে। সূক্ষ্মদানার জৈব পদার্থের উপস্থিতি জৈব কাদার এবং মাটির গাঢ় ধূসর ও কালো রং মৃত্তিকায় পীট বা মাকের উপস্থিতি সহজে শনাক্ত করতে সহায়তা করে।

২। মৃত্তিকার গঠন কাঠামোর উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ (Classifcation by Structure) ঃ প্রাথমিকভাবে মৃত্তিকার দানাগুলো স্তরে স্তরে থিতিয়ে মৃত্তিকার সৃষ্টি করে। একে মৃত্তিকার প্রাথমিক গঠন (Primary Structure) বলা হয়। প্রাথমিক গঠনের মৃত্তিকার আয়ুষ্কাল বৃদ্ধির সাথে সাথে কোন কারণে বিঘ্ন ঘটলে প্রাথমিক গঠনের মৃত্তিকাতে স্তরগুলো সুস্পষ্ট ধরা পড়ে। মৃত্তিকার এরূপ গঠনকে মাধ্যমিক গঠন (Secondary structure) বলা হয়।

প্রাথমিক গঠনকালে মৃত্তিকাতে নিম্নোক্ত উপশ্রেণিগুলো দেখা যায়।

(ক) একক দানার গঠন (Single grained structure)

(খ) মৌচাকার গঠন (Honey comb structure)

(গ) পুঞ্জীভূত গঠন (Flokulated structure)

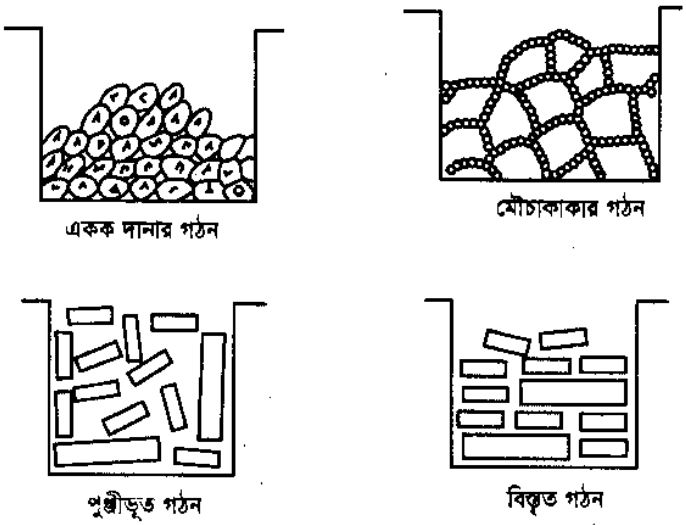
(ঘ) বিস্তৃত গঠন (Dispersed structure)

(ঙ) মিশ্র গঠন (Mixed structure)

একক দানাবিশিষ্ট গঠনের মৃত্তিকাকণাগুলো সাধারণত অসংসক্তিপ্রবণ হয়ে থাকে এবং কণাগুলো কোন বলের প্রভাবে পরস্পরের সাথে আকর্ষিত থাকে না। বরং নিজের ওজনেই থিতিয়ে একক দানাবিশিষ্ট মৃত্তিকা গঠন করে। এ জাতীয় মৃত্তিকার গঠন শিথিল বা দৃঢ়াবদ্ধ উভয় ধরনেরই হতে পারে এবং শিথিলতা বা দৃঢ়াবদ্ধতা মৃত্তিকার ধর্মের উপর বহুলাংশে প্রভাব ফেলে থাকে। বালি ও গ্রেভেলের ক্ষেত্রে এরূপ গঠন দেখা যায়।

অপরদিকে মৌচাকাকার গঠনের মাটি সংসক্তিপ্রবণ এবং কণাগুলো আন্তরাণবিক বলের (Intermolecular attraction) প্রভাবে থিতিয়ে পড়ে। এ বলের প্রভাবেই কণাগুলো পরস্পরের গায়ে লেগে থাকে। এ জাতীয় গঠনের মৃত্তিকায় বড় বড় ফোকর (void) দেখা যায়। পলি ও কাদা মাটি এ ধরনের গঠনের হয়ে থাকে।

অতি সূক্ষ্মকণার মৃত্তিকা পুঞ্জীভূত গঠনের হয়ে থাকে। এগুলো সমধর্মী চার্জে থাকার ফলে পারস্পরিক বিকর্ষণ বলের প্রভাবে বিনা সংঘর্ষে এদিক সেদিক ঘোরাফিরা করে এবং ক্ষেত্রবিশেষে সমান্তরালভাবেও অবস্থান করে। এ ধরনের ঘোরাফিরাকে ব্রাউনিয়ান মুভমেন্ট (Brownnian Movement) বলা হয়। মৃত্তিকার এ ধরনের গঠনকে বিস্তৃত গঠন বলা হয়। মৃত্তিকার কণা হতে সমজাতীয় চার্জ দূরীভূত হলে পরস্পর আকর্ষিত হয়ে মৃত্তিকার কতকগুলো কণা একত্রিত হয় এবং অনেকটা পিণ্ডের (Flock) ন্যায় আকার ধারণ করে। এরূপ অনেকগুলো পিণ্ড আন্তরাণবিক বলের প্রভাবে মৌচাকার মৃত্তিকা গঠন করে। দু বা ততোধিক বিপরীতমুখী স্রোতের প্রভাবে সূক্ষ্ম মৃত্তিকা কণা বিশেষ করে পলিকণা থিতিয়ে পড়ে। এক্ষেত্রে প্রধানত প্রধান স্রোতের পানি তড়িৎবিশ্লেষ্য (Electrolyte) হিসেবে কাজ করে এবং সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম মৃত্তিকা কণা থিতাতে ও পুঞ্জীভূত হতে সহায়তা করে। এ সকল ক্ষেত্রে মিশ্র গঠনের মৃত্তিকা পরিলক্ষিত হয়। সাধারণত নদী ও সমুদ্রের সঙ্গমস্থলে এ ধরনের মৃত্তিকা দেখা যায়। চিত্র ঃ ১.৪।।



চিত্র ঃ ১.৪

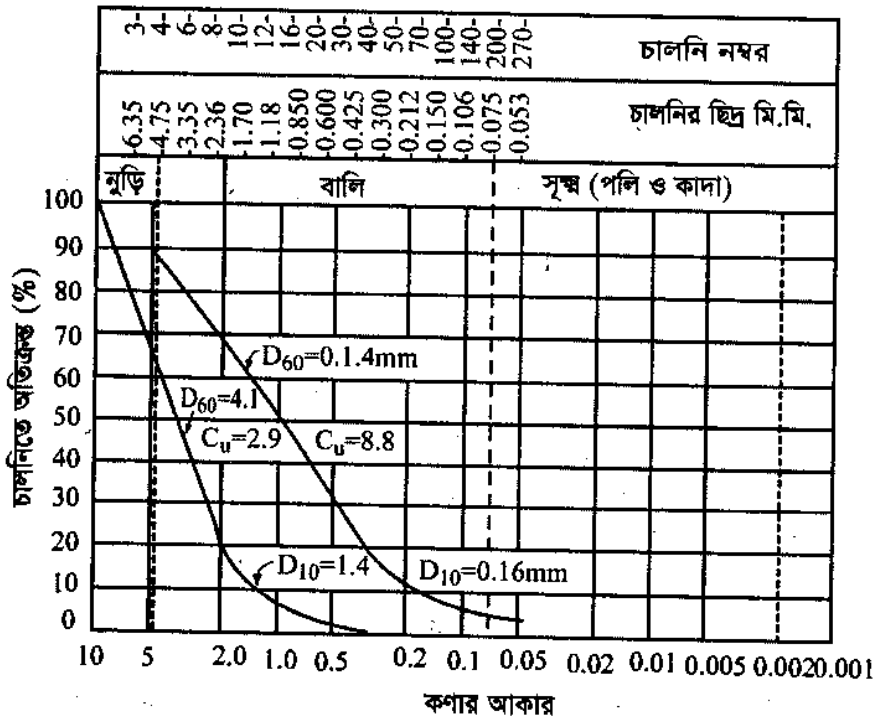
৩। এটারবার্গ সীমায় মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস (Classification by Atterberg limit) ঃ সূক্ষ্মদানার পলি ও কাদা সম্পর্কে জানার জন্য এটারবার্গ সীমা পরীক্ষা করা হয়। এ পরীক্ষার ফলাফল ক্যাসাগ্রান্ডির নম্যতা চার্ট (Plasticity chart) ব্যবহার করে নমুনা মৃত্তিকাকে পলি কিংবা কাদার শ্রেণিভুক্ত করা যায়। এ চার্টে তারল্য সীমাকে ভুজ এবং নম্যতা সূচককে কোটি (ordinate) হিসেবে ধরা হয়। এ চার্টে একটি ঢালু রেখা থাকে। যার উপরের দিকে পতিত ফলাফলের মৃত্তিকা অজৈব কাদা এবং নিচের অংশে পতিত মৃত্তিকা জৈব পলি বা জৈব কাদা। এ বিষয়ে ৪র্থ অধ্যায়ে বিস্তারিত দেয়া আছে।

৪। মৃত্তিকা কণার আকারের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন গবেষণা প্রতিষ্ঠান কর্তৃক মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ (Classification by particle size) ঃ মৃত্তিকাকে প্রাথমিক কালে এর কণার আকারের উপর ভিত্তি করেই শ্রেণিবিন্যাস করা হত। মৃত্তিকা কণার স্বতন্ত্র আকারের উপর এর বৈশিষ্ট্য ও আচরণ বহুলাংশে নির্ভর করে। সাধারণভাবে এর কণার আকারের উপর ভিত্তি করে একে চারটি প্রধান ভাগে ভাগ করা হয়, যথা– (ক) গ্রেভেল, (ঘ) বালিকণা, (গ) পলিকণা, (ঘ) কাদাকণা। সচরাচর কাদা ও পলি সংসক্তি প্রবণ (Cohesive) ও নম্যতাগুণ সম্পন্ন। কিন্তু ক্ষেত্রবিশেষে পলিকণা বা কাদাকণার উপরোক্ত গুণাবলি নাও থাকতে পারে। সাধারণত পানির উপস্থিতিতে পলি ও কাদা নম্যতাগুণ প্রাপ্ত হয় কিন্তু বালি পানির উপস্থিতিতে নম্যতা প্রাপ্ত হয় না। তাই কাদা ও পলিকে সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকা (Cohesive soil) এবং বালিকে অসংসক্তি প্রবণ (Non-Cohesive) মৃত্তিকা বলা হয়। মৃত্তিকা গবেষণার বিভিন্ন প্রতিষ্ঠান মৃত্তিকা কণার আকারের উপর ভিত্তি করে যেভাবে শ্রেণিবিন্যাস করেছে তা নিম্নে (টেবিল-১) দেয়া হল ঃ

টেবিল-১

শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি	কণার আকার মি. মি.				
ব্যুরো অব সয়েল 1890-95	নুড়ি	বালি	পলি	কাদা	
100	1.00	0.05	0.005		
এটারবার্গ 1905	নুড়ি	মোটা বালি	সূক্ষ্ম বালি	পলি	কাদা
100	2	0.2	0.02	0.002	
এম আই টি 1931	নুড়ি	বালি	পলি	কাদা	
100	2	0.06	0.002		
ইউ এস কৃষি বিভাগ 1938	নুড়ি	বালি	পলি	কাদা	
100	2	0.05	0.002		
এ.এ.এস.এইচ.ও 1970	নুড়ি	বালি	পলি	কাদা	
75	2	0.075	0.002	0.001	
ইউনিফাইড 1953 এ.এস.টি.এম. 1967	নুড়ি	বালি	সূক্ষ্ম (পলি ও কাদা)		
75	4.75	0.075			

১৯৩০ সালে মিঃ জি. গিলবয় (Mr. G. Gillboy) মৃত্তিকাকণার আকারের উপর ভিত্তি করে তুলনামূলক খুবই সহজ সরল ও যুক্তিপূর্ণ মেট্রিক পদ্ধতির একটি শ্রেণিবিন্যাসের সুপারিশ করেছিলেন। যা এম.আই.টি. (MIT) শ্রেণিবিন্যাস নামে পরিচিত। এ পদ্ধতিতে নমুনা মৃত্তিকাকে চালনি বিশ্লেষণের মাধ্যমে মৃত্তিকা কণার আকার বিতরণ (grain size distribution) রেখা অঙ্কন করে নির্দিষ্ট সীমার আওতাধীন বিভিন্ন আকারের দানাসমূহের শতকরা হার হিসেব করে কতকগুলো আংকিক মান নির্ণয় করা হয়। এদের মধ্যে কার্যকরী আকার (Effective grain size) D_{10} এবং সাম্যতা গুণাঙ্ক বা সমতার সহগ (Uniformity co-efficient) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ উল্লেখযোগ্য। D_{10} বলতে বুঝায় ১০% কণার আকার কার্যকরী আকার অপেক্ষা সূক্ষ্ম এবং ৯০% স্থূল। উক্ত মৃত্তিকা কণার আকার বিতরণ রেখা হতে বক্রতার গুণাঙ্ক বা বক্রতার সহগ (Co-efficient of curvature) C_z ও নির্ণয় করা যায়। $C_z = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} X D_{60}}$ । সুবিন্যস্ত বালির ক্ষেত্রে C_u>৬ এবং ৩>C_z>১ এবং সুবিন্যস্ত গ্রেভেলের ক্ষেত্রে C_u>৪ এবং ১ < C_z < ৩ হয়ে থাকে। চিত্র ঃ ১.৫।



চিত্র ঃ ১.৫

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে উদ্ধৃত মৃত্তিকা কণার উপর ভিত্তি করে প্রদত্ত শ্রেণিবিভাগগুলোর মধ্যে এমআইটি (MIT) ও ইউনিফাইড (Unified) শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি ফাউন্ডেশন ইঞ্জিনিয়ারগণ, এ.এ.এস.এইচ.ও (AASHO) শ্রেণিবিভাগ হাইওয়ে ইঞ্জিনিয়ারগণ, এবং ইউনিফাইড (Unified) শ্রেণিবিভাগ ড্যাম ও এয়ারপোর্ট ডিজাইনের ইঞ্জিনিয়ারগণ সচরাচর ব্যবহার করে থাকেন। পরবর্তী পাঠ্যাংশে মৃত্তিকার গ্রথন শৈলীগত শ্রেণিবিভাগ (Textural classification) এ.এ.এস.এইচ.ও (AASHO) শ্রেণিবিভাগ ও ইউনিফাইড এ.এস.টি.এম. (Unified ASTM) শ্রেণিবিভাগ সম্পর্কে আলোচনা করা হবে।

(MIT = Massachusetts Institute of Technology)

উদাহরণ-১ ঃ চিত্র ১.৫ এর ডান পাশের মৃত্তিকাটির C_u (সমতার সহগ) ও Cz (বক্রতার সহগ) নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ চিত্র অনুযায়ী ডান পাশের মৃত্তিকাটির $D_{10} = 0.16$ mm, $D_{30} = 0.50$ mm এবং $D_{60} = 1.40$ mm.

নির্ণেয় সমতার সহগ, $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.40}{0.16} = 8.75 > 6$

নির্ণেয় বক্রতার সহগ, $C_z = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.50)^2}{.16 \times 1.40} = 1.12$ যা 1 হতে 3 এর মধ্যে

∴ নমুনাটি SW.

[✪ সাম্য গ্রেডের (Uniformly graded) মৃত্তিকার C_z-এর মান একক এর কাছাকাছি এবং সুবিন্যস্ত (Well graded) মৃত্তিকার জন্য C_z এর মান 1 হতে 3 এর মধ্যে। এছাড়াও গ্র্যাভলের জন্য $C_u > 4$ এবং বালির জন্য $C_u > 6$, শর্তদ্বয়ের ব্যতিক্রমে মৃত্তিকা অবিন্যস্ত (Poorly graded)]

উদাহরণ-২ ঃ $D_{10} = 0.10$ মিমি, $D_{30} = 0.30$ মিমি, এবং $D_{60} = 1.9$ মিমি হলে মাটির সমতা সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ১০]

সমাধান ঃ নির্ণেয় সমতার সহগ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.90}{10} = 19$

নির্ণেয় বক্রতার সহগ, $C_z = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.30)^2}{0.10 \times 1.90} = 0.47$

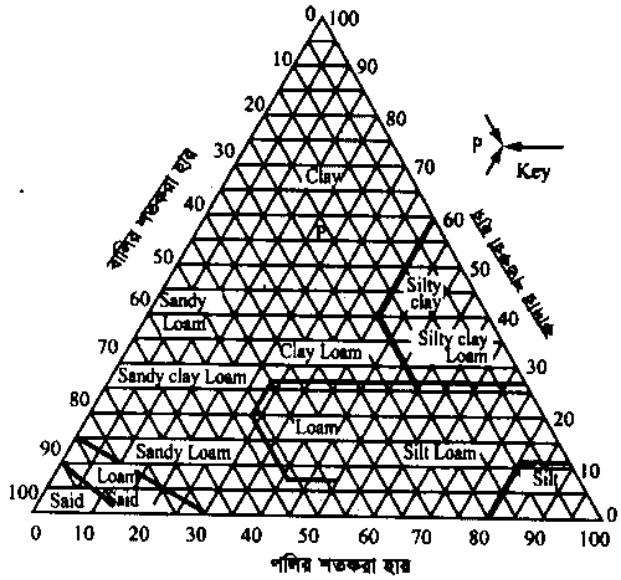
উত্তর ঃ সমতার সহগ = 19 এবং বক্রতার = 0.47

১.৬ গ্রথন শৈলী, এ.এ.এস.এইচ.ও এবং ইউনিফাইড এ.এস.টি.এম. শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি (Textural, AASHO and Unified ASTM Classification System) ঃ

গ্রথন শৈলীর শ্রেণিবিভাগ (Textural classification system) ঃ মৃত্তিকার দৃশ্যত অবয়বকে মৃত্তিকার গ্রথন শৈলী বলা হয়। মৃত্তিকার গ্রথন শৈলী এর কণার আকার, আকৃতি ও কণার বিন্যাসের (gradation) উপর নির্ভর করে। গ্রথন শৈলীর শ্রেণিবিভাগে মৃত্তিকার কণার আকারকেই প্রাধান্য দেয়া হয়। কেননা অন্য দুটি দিকের (কণার আকৃতি ও কণার বিন্যাস) উপর প্রাধান্য দিয়ে একত্রে ত্রি-বিষয়ের সম্মিলন খুবই কষ্টসাধ্য। পরবর্তী পাঠ্যাংশে মৃত্তিকা কণার উপর যে সকল শ্রেণিবিভাগ করা হয়েছে, সেগুলোর সব কয়টিই মৃত্তিকার গ্রথন শৈলীগত শ্রেণির অন্তরভুক্ত। কিন্তু মৃত্তিকাপ্রযুক্তি বিদ্যায় এক্ষেত্রে কিছুটা ভিন্ন অর্থে গ্রথন শৈলীগত বিভাগকে বুঝান হয়। আমেরিকার ব্যুরো অব পাবলিক রোডস (U.S. Bureu of public roads), ট্রায়াঙ্গুলার ক্লাসিফিকেশন সিস্টেমকেই (Triangular classification system), গ্রথন শৈলীগত বিন্যাস (Textural classification) বুঝিয়ে থাকে। এতে মৃত্তিকার তিনটি উপাদান বালিকণা, পলিকণা ও কাদাকণার শতকরা হারকেই প্রকাশ করে।

এ শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতিতে সমবাহু ত্রিভুজের দশটি ভিন্ন ভিন্ন অংশ ভিন্ন ভিন্ন মৃত্তিকার অবস্থানে বালি (কণার আকার ০.০৫-২.০০ মি.মি.) পলি (কণার আকার ০.০০৫–০.০৫ মি.মি.) এবং কাদা (কণার আকার .০০৫মি.মি নিম্ন) এর শতকরা হার অনুযায়ী নির্দেশিত হয়। নিম্নে একটি সহজ উদাহরণে সমবাহু ত্রিভুজ আকৃতির চিত্রে গ্রথন শৈলীতে মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ দেখানো হল ঃ

ধরি, একখণ্ড নমুনা মাটিতে বালিকণা ২০%, পলিকণা ২০% ও কাদাকণা ৬০%। এখন উক্ত শতকরা হারের ভিত্তিতে নমুনাটি সমবাহু ত্রিভুজের 'p' বিন্দুতে পড়ে অর্থাৎ নমুনা মাটি কাদা (clay) শ্রেণিভুক্ত। এ পদ্ধতিতে ধরে নেয়া হয় যে মৃত্তিকায় ২.০০ মি.মি. এর বড় মৃত্তিকা কণা থাকে না। চিত্র ঃ ১.৬।



চিত্র ঃ ১.৬

এ.এ.এস.এইচ.ও. পদ্ধতি (AASHO system) ঃ এ পদ্ধতির পুরো নাম American Association of State Highway Officials System। এ পদ্ধতিটি সড়ক জনপথ প্রকৌশলীদের কাজে বিশেষভাবে উপযোগী। এ পদ্ধতিটি ১৯২৮ সালের দিকে যুক্তরাষ্ট্রের 'ব্যুরো অব পাবলিক রোডস' কর্তৃক উদ্ভাবিত। এ পদ্ধতিতে A–১ হতে A–৮ সংকেতে মৃত্তিকাকে আটটি গ্রুপে বিভক্ত করা হয়। এ পদ্ধতিতে প্রাথমিক অবস্থায় মনে করা হতো যে উত্তম বন্ধনীগুণ সম্পন্ন কিয়ৎ পরিমাণ উত্তম কাদার সাথে সুবিন্যস্ত বালি (well graded sand) ও নুড়ির (gravel) সংমিশ্রিত মৃত্তিকাই সড়ক ও জনপথের ভিত্তিতলের (Subgrade) জন্য সর্বাধিক উপযোগী এবং এ জাতীয় মৃত্তিকাকে A–১ সংকেতে সূচিত করা হয়। এ পদ্ধতিটির উপর ১৯৪৫ ও ১৯৪৯ সালে ব্যাপক পর্যালোচনা করা হয় এবং ১৯৬৬ সালে AASHO পদ্ধতি নামে পরিচিতি লাভ করে। এ পদ্ধতিতে A–১ ও A–৭ মৃত্তিকার প্রত্যেকটিকে ২টি করে উপভাগে এবং A–২ কে চারটি উপভাগে বিভক্ত করে মৃত্তিকাকে সর্বমোট ১২টি ক্যাটাগরিতে বিভক্ত করা হয়। এগুলোর মধ্যে A–১ হতে A–৭ পর্যন্ত অজৈব এবং A–৮ জৈব মৃত্তিকা। যে মৃত্তিকায় A এর সাথে সংখ্যামান (A–১, A–২ ইত্যাদি) যত কম থাকে সাবগ্রেডের জন্য সে মৃত্তিকা তত বেশি উপযোগী বলে বিবেচিত হয়। এতে সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকাকে (fine grained soil) গ্রুপ ইন্ডেক্স (group index) চিহ্নিত করা হয় এবং যে মৃত্তিকার গ্রুপ ইন্ডেক্স যত বেশি সে মৃত্তিকা সাবগ্রেডের জন্য তত অনুপযোগী। গ্রুপ ইন্ডেক্স (G. I) নির্ণয়ের জন্য নিম্নের সূত্রটি ব্যবহৃত হয়। $G.I = (F-৩৫)\,[০.২+০.০০৫\,(w_L-৪০)] + ০.০১\,(F-১৫)\,(I_p-১০)]$।

এখানে, F=200 নং চালনিতে (0.075 মি. মি) অতিক্রমণীয় নমুনার ওজনের শতকরা হার (পূর্ণ সংখ্যায়)।

W_L= তারল্য সীমা (Liquid limit)

I_p = নম্যতা সূচক (Plasticity index)

গ্রুপ ইন্ডেক্সের মান নিকটবর্তী পূর্ণ সংখ্যায় প্রকাশ করা হয়। যদি উপরোক্ত সমীকরণে (G.I) এর মান ঋণাত্মক হয়, তবে এর মান 0 লেখতে হয়।

মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাসের জন্য কণার আকার বিশ্লেষণ (Particle size analysis), নম্যতা সূচক (Plasticity index) ও তারল্য সীমা (liquid limit) নির্ধারণ করা হয়। উক্ত বৈশিষ্ট্যাদির উপর ভিত্তি করে AASHO নির্ধারিত টেবিলের সাথে মিলিয়ে মৃত্তিকার ক্যাটাগরি নির্ধারণ করা হয়। (টেবিল-২)

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে AASHO পদ্ধতিতে মৃত্তিকার শ্রেণি উল্লেখকালে এর গ্রুপ ইন্ডেক্সও উদ্ধৃত করতে হয়। যেমন– A–৬(১৫) এখানে নমুনা মৃত্তিকা A–৬ ধরনের এবং উক্ত মৃত্তিকার গ্রুপ ইন্ডেক্স ১৫। এমনকি কোন নমুনা মৃত্তিকার গ্রুপ ইন্ডেক্স শূন্য হলেও তা উল্লেখ করতে হবে।

টেবিল-২

American Association of State Highway Officials
Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures
AASHO Designation M–145

General Classification	Granular Materials (35 per cent or Lass Passing No. 200) .075mm.					Silt-Clay Materials (More than 35 per cent Passing No. 200) .075mm			
Group Classification	A–1		A–3	A–2					A–7
	A–1–a	A–1–b		A–2–4	A–2–5	A–2–6	A–2–7	A–4 A–5 A–6	A–7–5 A–7–6
Sieve analysis per cent passing :									
No. 10	50 max								
No. 40	30 max	50 max	51 min						
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min 36 min 36 min 36 min	
Characteristics of fraction passing No. 40									
Liquid limit			40 max	41 min	40 max	1 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Plasticity index	6 max		N.P.	10 max	10 max	1 min	11 min	10 mx	10 mx	11 min
	11 min								
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments —gravel and sand			Fine sand		Silty or clayey gravel and sand		Silty soils	clayey soils
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to poor	

Classification procedure : With required test data in mind. proceed from left to right in chart; correct group will be found b process of elimination. The first group from the left consistent with the test data is the correct classification. The A–7 group is subdivided into A–7–5 or A–7–6 depending on the plastic limit. For $w_L < 30$, the classification is A–7; for $w_L > 30$, A–7–5 N.P. denotes nonplastic.

ইউনিফাইড এ.এস.টি.এম. পদ্ধতি (Unified ASTM system) **ঃ** উত্তর আমেরিকার ভিত্তি প্রকৌশলীগণ কর্তৃক যে মৃত্তিকা শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি বহুলভাবে ব্যবহৃত হত, তা ১৯৪৮ সালে আর্থার ক্যাসাগ্রান্ডি কর্তৃক উন্নয়ন সাধিত হয়ার পর যুক্তরাষ্ট্রের সেনাবাহিনীর ইঞ্জিনিয়ারিং কোর ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা শুরু করে এবং উক্ত পদ্ধতিটি এয়ার ফিল্ড ক্লাসিফিকেশন নামে পরিচিতি লাভ করে। এটি দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধে বিমান ক্ষেত্র ডিজাইন ও নির্মাণ কাজে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। যুদ্ধ পরবর্তী সময়ে সেনাবাহিনীর ইঞ্জিনিয়ারিং কোর ও যুক্তরাষ্ট্রের ব্যুরো অব রিক্লেমেশন কর্তৃক পর্যালোচিত ও সংশোধিত হয়ে ইউনিফাইড সিস্টেম নামে এবং পরবর্তীতে ১৯৬৯ সালে ASTM (American society for testing & materials) কর্তৃক মৃত্তিকার প্রকৌশলগত শ্রেণিবিভাগের জন্য গৃহীত হয়।

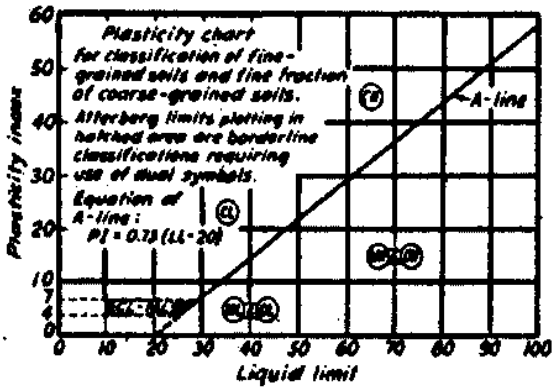
এ শ্রেণিবিভাগ প্রক্রিয়ায় মৃত্তিকার কণার আকার বিশ্লেষণ ও নম্যতা বৈশিষ্ট্য (Particle size analysis & Plasticity characteristics) জানার জন্য উভয় ক্ষেত্রেই ব্যবহার করা হয়। এ পদ্ধতিতে মৃত্তিকাকে ১৫ টি ভাগে ভাগ করা হয়। প্রথমত মৃত্তিকাকে প্রধান দু'টি ক্যাটাগরিতে ভাগ করা হয়। (টেবিল-৩)

পরিশিষ্ট-৩

Unified System
Classification of Soil for Engineering Purposes
ASTM Designation D-2487

Major Divisions			Group Symbols	Typical Names	Classification Criteria	
Coarse-Grained Soils More than 50% retained on No. 200 sieve	Gravels 50% or more of coarse fraction retained on No. 4 sieve	Clean Gravels	*GW*	Well-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Greater than 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Between 1 and 3	
			GP	Poorly graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines	Not meeting both criteria for *GW*	
		Gravels with Fines	*GM*	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	Atterberg limits plot below "*A*" line or plasticity index less than 4	Atterberg limits plotting in hatched area are borderline classifications requiring use of dual symbols
			GC	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures	Atterberg limits plot above "*A*" line and plasticity index greater than 7	
	Sands More than 50% of coarse fraction passes No. 4 sieve	Clean Sands	*SW*	Well-graded sands and gravelly sands, little or no fines	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Greater than 6; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Between 1 and 3	
			SP	Poorly graded sands and gravelly sands, little or no fines	Not meeting both criteria for *SW*	
		Sands with Fines	*SM*	Silty sands, sand-silt mixtures	Atterberg limits plot below "*A*" line or plasticity index less than 4	Atterberg limits plotting in hatched area are borderline classifications requiring use of dual symbols
			SC	Clayey sands, sand-clay mixtures	Atterberg limits plot above "*A*" line and plasticity index greater than 7	
Fine-Grained Soils 50% or more passes No. 200 sieve	Silts and Clays Liquid limit 50% or less		*ML*	Inorganic silts, very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands		
			CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays		
			OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity		
	Silts and Clays Liquid limit greater than 50%		*MH*	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sands or silts, elastic silts		
			CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays		
			OH	Organic clays of medium to high plasticity		
Highly organic soils*			*Pt*	Peat, muck and other highly organic soils	Visual-manual identification	

Classification on basis of percentage of fines
Less than 5% Pass No. 200 sieve: *GW, GP, SW, SP*
More than 12% Pass No. 200 sieve: *GM, GC, SM, SC*
5% to 12% Pass No. 200 sieve: Borderline classification requiring use of dual symbols



(ক) স্থূলদানার মৃত্তিকা (Coarse grained soil) ঃ ৫০% এর অধিক মৃত্তিকা কণা যদি ২০০ নং চালনিতে (০.০৭৫ মি. মি.) অতিক্রান্ত না হয়, তবে একে স্থূলদানার মৃত্তিকা বলা যাবে। এ পদ্ধতিতে আটটি গ্রুপের স্থূলদানার মৃত্তিকা আছে। এগুলোর মধ্যে যদি ৫০% অথবা তার চেয়ে বেশি কণা ৪নং চালনিতে (৪.৭৫ মি. মি.) অতিক্রান্ত না হয়, তবে এ মৃত্তিকাকে গ্র্যাভেল (G) এবং এর ব্যতিক্রম অর্থাৎ ৫০% বা তার চেয়ে বেশি কণা ৪নং চালনিতে অতিক্রম করে তা হলে এ মৃত্তিকা বালি (S) বলে আখ্যায়িত করা হয়। যদি কোন স্থূলদানার মাটিতে ৫% এর কম সূক্ষ্মদানা থাকে এবং স্থূলদানা সুবিন্যস্ত (Well graded–W) হয়। তবে এগুলোকে GW এবং SW সংকেতে লেখা হয়। সমতার সহগ, C_u এর মান ৪ এর বেশি ও বক্রতার সহগ, C_z এর মান ১ হতে ৩ এর মধ্যে হলে নমুনাটি GW হবে এর ব্যতিক্রমে নমুনাটি GP অর্থাৎ অবিন্যস্ত (Poorly graded-P) গ্র্যাভেল GP হবে যদি সমতার সহগ, C_u এর মান ৬ এর বেশি ও বক্রতার সহগ ১ হতে ৩ এর মধ্যে হয় তবে নমুনাটি SW হবে, এর ব্যতিক্রমে SP অর্থাৎ অবিন্যস্ত (Poorly graded-P) বালি SP হবে। যদি স্থূলদানার মৃত্তিকায় ১২% এর অধিক সূক্ষ্মদানা থাকে, তবে এগুলোকে GM, GC, SM, SC সংকেতে লেখা হয়। গ্রেভেল নমুনাটি এটারবার্গ সীমা প্লটের 'A' লাইনের নিচে বা প্লাস্টিসিটি ইনডেক্স ৪ এর কম হয় তবে GM এবং 'A' লাইনের উপরে বা প্লাস্টিসিটি ইনডেক্স ৭ এর বেশি হয় তবে GC হবে। বালি নমুনায় উপর্যুক্ত ক্ষেত্রে SM এবং SC হবে। যদি কোন স্থূলদানার মৃত্তিকায় ৫% হতে ১২% সূক্ষ্মদানা ২০০ নং চালনিতে অতিক্রান্ত হয় এবং প্লটের হ্যাচড্ এলাকায় থাকে, তবে GM-GC দ্বৈতসংকেতে লেখা হয়।

(খ) সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা (Fine grained soil) ঃ যদি কোন মৃত্তিকার ৫০% এর অধিক ২০০ নং চালনিতে অতিক্রান্ত হয়, তখন একে সূক্ষ্মাদানার মৃত্তিকা বলা হয়। এ মৃত্তিকা ছয় ধরনের হয়ে থাকে। যথা– ML, CL, OL, MH, CH ও OH। সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকাকে প্রধানত দু'ভাবে ভাগ করা যায়। ১। নিম্নমাত্রায় সংনমনশীল (Low Compressibility–L) যখন তারল্য সীমা ৫০% বা তার কম হয় তখন ML, CL ও OL সংকেতে লেখা হয়। ২। উচ্চমাত্রায় সংনমনশীল (High Compressibility–H) যখন তারল্য সীমা ৫০% এর অধিক হয় তখন MH, CH, OH সংকেত লেখা হয়। টেবিল-৩ এর নাম্যতা চার্টে (Plasticity chart) আবৃত অংশের (Hatched portion) মৃত্তিকা দ্বৈত সংকেতে (CL–ML) লেখা হয়।

প্লাস্টিসিটি চার্টের একই দিকে অজৈব মৃত্তিকা ML ও MH এবং জৈব মৃত্তিকা OL ও OH প্লট করা হয় এবং চুল্লিতে শুষ্ককরণের মাধ্যমে জৈব ও অজৈব মৃত্তিকায় বিভক্ত করতে হয়। যদি শুষ্ককরণে তারল্য সীমা ৩০% বা তার অধিক হ্রাস পায় তবে এটি OL বা OH অন্যথায় ML বা MH.

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে কোন একটি মৃত্তিকা সুনির্দিষ্টভাবে চিহ্নিতকরণের অন্যান্য ক্রাইটেরিয়া (Criteria) **টেবিল-৩**-এ উদ্ধৃত আছে।

নিচে ইউনিফাইড এ.এস.টি.এম. শ্রেণিবিন্যাসের আলোকে স্থূলদানার মৃত্তিকায় বিভিন্ন ভাগের পরিচয়-বৈশিষ্ট্য সংক্ষেপে দেয়া হল–

GW = এগুলো অতি নগণ্য সূক্ষ্মদানাসহ বা সূক্ষ্মদানামুক্ত গ্র্যাভেল ও গ্র্যাভেল-বালির সুবিন্যস্ত (Well graded) মিশ্রণ, ২০০ নং চালনিতে ৫% এর কম অতিক্রম করে। এগুলোর সমতা সহগ (C_u) ৪ (চার) এর অধিক এবং বক্রতার সহগ ১ হতে ৩ এর মধ্যে।

GP = এগুলো অতি নগণ্য সূক্ষ্মদানাসহ বা সূক্ষ্মদানামুক্ত গ্র্যাভেল ও গ্র্যাভেল বালির অবিন্যস্ত (Poorly graded) মিশ্রণ, ২০০ নং চালনিতে ৫% এর কম অতিক্রম করে। এগুলোর সমতা সহগ ও বক্রতার সহগ GW এর উক্ত সহগদ্বয়ের সাথে মিলে না।

GM = এগুলো পলিযুক্ত গ্র্যাভেল ও গ্র্যাভেল-বালি-পলির মিশ্রণ, ২০০ নং চালনিতে ১২% এর অধিক অতিক্রম করে। এগুলোর নম্যতা সূচক ৪ এর কম বা এটারবার্গ সীমা প্লটের 'A' লাইনের নিচে অবস্থান করে।

GC = এগুলো কর্দমযুক্ত গ্র্যাভেল ও গ্র্যাভেল-বালি-কর্দমের মিশ্রণ, ২০০ নং চালনিতে ১২% এর অধিক অতিক্রম। এগুলোর নম্যতা সূচক ৭ এর অধিক বা এটারবার্গ সীমা প্লটের 'A' লাইনের উপরে অবস্থান করে।

GM ও GC এটারবার্গ সীমা প্লটের হ্যাচড এলাকায় অবস্থানে দ্বৈত আচরণ (GM-GC) প্রদর্শন করে। এগুলো ২০০ নং চালনিতে ৫% হতে ১২% অতিক্রম করে।

SW = এগুলো অতি নগণ্য সূক্ষ্মদানাসহ বা সূক্ষ্মদানামুক্ত বালি ও গ্র্যাভেলসহ বালি এর সুবিন্যস্ত (Well graded) মিশ্রণ, ২০০ নং চালনিতে ৫% এর কম অতিক্রম করে। এগুলোর সমতা সহগ ৬ এর অধিক এবং বক্রতার সহগ ১ হতে ৩ এর মধ্যে।

SP = এগুলো অতি নগণ্য সূক্ষ্মদানাসহ বা সূক্ষ্মদানামুক্ত বালি ও গ্র্যাভেলসহ বালি এর অবিন্যস্ত (Poorly graded) মিশ্রণ, ২০০ নং চালনিতে ৫% এর কম অতিক্রম করে। এগুলোর সমতা সহগ ও বক্রতার সহগ SW এর উপর্যুক্ত সহগদ্বয়ের সাথে মিলে না।

SM = এগুলো পলিযুক্ত বালি ও বালি-পলির মিশ্রণ, ২০০ নং চালনিতে ১২% এর অধিক অতিক্রম করে। এগুলোর নম্যতা সূচক ৪ এর কম বা এটার বার্গসীমা প্লটের 'A' লাইনের নিচে অবস্থান করে।

SC = এগুলো কর্দমযুক্ত বালি ও বালি-কাদার মিশ্রণ ২০০ নং চালনিতে ১২% এর অধিক অতিক্রম করে। এগুলোর নম্যতা সূচক ৭ এর অধিক বা এটারবার্গ সীমা প্লটের 'A' লাইনের উপরে অবস্থান করে।

SM-SC এটারবার্গ সীমা প্লটের হ্যাচড্ এলাকায় অবস্থানে দ্বৈত আচরণ (SM-SC) প্রদর্শন করে। এগুলো ২০০ নং চালনিতে ৫% হতে ১২% অতিক্রম করে।

উদাহরণ-৩। একখণ্ড নমুনা মাটিকে পরীক্ষা করে নিম্নের তথ্যাদি পাওয়া গেল।

এ.এ.এস.এইচ.ও. (AASHO), ইউনিফাইড এ.এস.টিএম. (ASTM) ও গ্রথন শৈলীগত পদ্ধতিতে নমুনাটির শ্রেণিবিভাগ কর।

তথ্যাদির তারল্য সীমা ২৭%, নম্যতা সীমা ১১%

চালনি বিশ্লেষণে ঃ

চালনির আকার মি. মি.	অবশেষের (Retained) শতকরা হার (%)
২	০
০.০৭৫	৫৫
০.০৫০	০৬
০.০০২	২৩

সমাধান ঃ গ্রথন শৈলীগত শ্রেণিবিভাগ

কাদা = ১০০–(২৩ + ৬ + ৫৫) = ১৬%

পলি = ২৩%

বালি = ৫৫ + ৬ = ৬১%

সমবাহু ত্রিভুজাকৃতির চার্ট হতে নমুনাটি Sandly Loam.

AASHO পদ্ধতিতে ঃ

F = ১০০–৫৫ = ৪৫

তারল্য সীমা, (W_L) = ২৭

নম্যতা সূচক (I_p) = ২৭-১১ = ১৬%

G. I = (F–৩৫) [০.০২ +০.০০৫ (w_L–৪০)] + ০.০১ (F–১৫) (Ip–১০)

= (৪৫–৩৫) [০.০২ +০.০০৫ (২৭–৪০)] + ০.০১ (৪৫–১৫) (১৬–১০)

= ১.৩৫ ≃ ১

চালনি বিশ্লেষণে 200 নং চালনিতে ১০০-৫৫ = ৪৫% অতিক্রমণীয়

অতএব নমুনাটি A–৪, A–৫, A–৬, A–৭ এর মধ্যে আছে।

তারল্যসীমা ও নম্যতার সূচকের ভিত্তিতে AASHO চার্ট ব্যবহার করে নমুনাটি A–৬ টাইপ (Clayed soil) এর গ্রুফ ইন্ডেক্স ১ অর্থাৎ নমুনাটি A–৬(১)।

ইউনিফাইড এ.এস.টি.এম পদ্ধতিতে ঃ

যেহেতু ৫০% অধিক ২০০ নং চালনি দিয়ে অতিক্রম করে না, সেহেতু নমুনাটি স্থূলদানার মাটি। যেহেতু ৪নং চালনি দিয়ে ৫০% অধিক অতিক্রম করে, কাজেই নমুনাটি বালি (S)।

পুনরায় যেহেতু ১২% এর অধিক ২০০ নং চালনিতে অতিক্রম করে, অতএব নমুনাটি SM বা SC। তারল্য সীমা ২৭%, নম্যতা সূচক ১৬% এর উপর ভিত্তি করে প্লাস্টিসিটি চার্ট হতে দেখা যায় নমুনাটি SC অর্থাৎ Clayed sand.

১.৭ কার্যক্ষেত্রে মৃত্তিকা শনাক্তকরণ পরীক্ষা (Field identification test of soil) ঃ

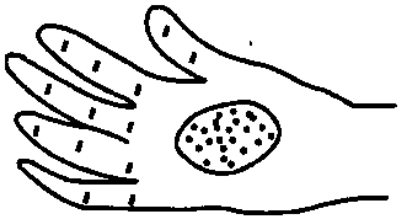
নিচের সহজ পরীক্ষাগুলোর মাধ্যমে কার্যক্ষেত্রে মৃত্তিকার ধরন শনাক্ত করা যায় ঃ

নমুনা মৃত্তিকাকে সমতল পৃষ্ঠে বিছিয়ে খালি চোখে দেখলে যদি ৫০% এর অধিক মৃত্তিকা কণা দৃষ্টিগোচর হয়, তবে উক্ত নমুনা মাটি স্থূলদানার মৃত্তিকা (Coarse grained soil), অন্যথায় সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা (Fine grained soil)। কেননা সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা কণার আকার ৭৫μ মা খালি চোখে দেখা যায় না। পলি ও কাদা সূক্ষ্মকণার মৃত্তিকা।

১। **স্থূলকণার মৃত্তিকা** (Coarse grained soil) ঃ স্থূলদানার মৃত্তিকায় (ক) নুড়ি আকারের (gravel size) কণা (৪.৭৫-৮০ মি. মি.) (খ) বালি আকারের (sand size) কণা (৭৫μ–৪.৭৫ মি.মি.) এবং কিয়ৎ পরিমাণে গ) পলি ও কাদা (silt & clay) কণা (৭৫μ নিম্ন) থাকতে পারে। নুড়ি আকারের কণা ৪.৭৫ মি.মি অপেক্ষা বড় বিধায় খালি চোখে দেখেই শনাক্ত করা যায়। যদি বালি আকৃতির কণা অপেক্ষা নুড়ি আকৃতির কণা অধিক হয়, তবে নমুনা মৃত্তিকা নুড়ি (gravel) অন্যথায় বালি (sand)। বালি ও নুড়ি উভয় ধরনের মৃত্তিকাতে যদি ৫% এর কম সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা থাকে, তবে এগুলোকে পরিষ্কার দেখাবে।

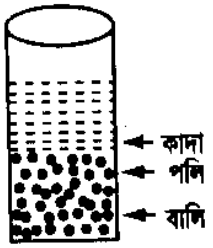
২। **সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা** (Fine grained soil) ঃ মৃত্তিকার নমুনা সূক্ষ্মদানার হলে নিম্নোক্ত পরীক্ষাগুলোর মাধ্যমে শনাক্ত করা যায় ঃ

(ক) ঝাঁকুনি পরীক্ষা বা বিস্তৃতি পরীক্ষা (Shaking test or dilatancy test) ঃ কিছু নমুনা মৃত্তিকায় প্রয়োজনীয় পরিমাণে পানি মিশিয়ে নরম পেস্টের ন্যায় তৈরি করে এক হাতের তালুতে নিয়ে অনুভূমিকভাবে ঝাঁকাতে থাকলে এবং অপর হাতের সাথে মাঝে মাঝে ধাক্কা দিলে মৃত্তিকার পৃষ্ঠে পানি ভেসে উঠবে এবং চকচকে দেখাবে। এবার নমুনা মৃত্তিকাসহ মুষ্টিবদ্ধ করে আবার মুষ্টি ছেড়ে দিলে পানি ও চকচকে ভাব উভয়ই অদৃশ্য হয়ে যাবে। নমুনা মৃত্তিকাদানার আকার যত বৃহত্তর হবে উক্ত বিক্রিয়াগুলো তত দ্রুততর হবে। সাধারণত সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার মধ্যে পলিমাটিতে উক্ত বিক্রিয়া দ্রুত এবং কাদার পরিমাণ মাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে ক্রমশ ধীরে ধীরে এবং মিহি কলোয়েডাল কাদায় কোন বিক্রিয়াই ঘটবে না (চিত্র ঃ ১.৭ক)।



চিত্র ঃ ১.৭ (ক)

(খ) থিতান পরীক্ষা (Dispersion test) ঃ কিছু পরিমাণ নমুনা মৃত্তিকা এক গ্লাস (কাচের) পানিতে ভালভাবে নেড়ে থিতাতে দিলে দেখা যায় যে, বালিকণা ৩০-৬০ সেকেন্ড, পলিকণা ১৫–৬০ মিনিট এবং কাদাকণা কয়েকদিনে গ্লাসের তলায় থিতাবে। (চিত্র ঃ ১.৭খ)।



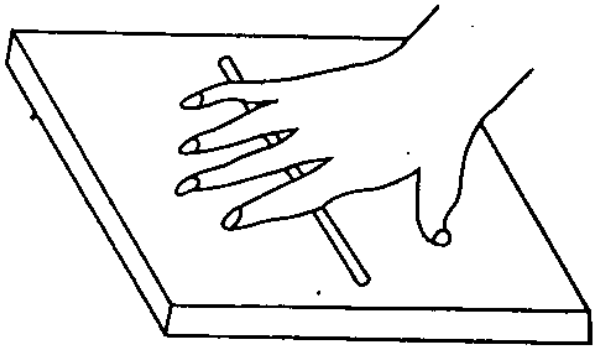
চিত্র ঃ ১.৭ (খ)

(গ) দু'আঙ্গুলের মাঝে রেখে ঘষে শনাক্তকরণ ঃ দু'আঙ্গুলে এক চিমটি নমুনা মৃত্তিকা নিয়ে ঘষলে যদি মিহি অনুভূত হয় তবে নমুনাটি কাদামাটি আর যদি দানাদার অনুভূত হয় তবে নমুনাটি বালিমাটি। যদি আঙ্গুলে নমুনা মৃত্তিকার দাগ পড়ে এবং ঝাড়া দিলে সহজে দাগ মুছে যায় তবে পলিমাটি।

(ঘ) শুকিয়ে শনাক্তকরণ ঃ নমুনা মৃত্তিকার হালকা পেস্ট কাচের পাতের উপর হালকা পুরুত্বে লেপন করে শুকাতে দিলে যদি দ্রুত শুকায় এবং পৃষ্ঠদেশে ফাটল দেখা দেয়, তবে নমুনাটি পলিমাটি আর যদি ধীরে শুকায় এবং পৃষ্ঠে ফাটল না দেখা দেয় তবে নমুনাটি কাদামাটি।

(ঙ) পানিতে ডুবিয়ে শনাক্তকরণ ঃ নমুনা মৃত্তিকার ছোট টুকরা পানিপূর্ণ স্বচ্ছ গ্লাস বা বিকারে রেখে দিলে যদি কম সময়ে টুকরাটি আপনা আপনি ভেঙে যায় তবে নমুনাটি পলিমাটি আর যদি দীর্ঘ সময় পর ভাঙে বা আদৌ না ভাঙে তবে নমুনাটি কাদামাটি।

(চ) টাফনেস টেস্ট (Toughness test) **ঃ** ঝাঁকানো পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত পানি মিশ্রিত নরম নমুনা মৃত্তিকার মত মৃত্তিকা হাতের তালুতে অনবরত বিস্তৃত ও ভাঁজ করার (Working & remoulding) মাধ্যমে শুষ্ক করে পুঁটির মত কনসিসটেন্সিতে (Consistency) আনয়ন করা হয়। মৃত্তিকার নম্যতার (Plasticity) উপর শুষ্ককরণের সময়ের পরিমাণ নির্ভর করে। এ কাদা দিয়ে ৩ মিলিমিটার ব্যাসের দড়ি (thread) তৈরি করা হয়। দড়ি তৈরির জন্য দু'হাতের তালুর সাহায্যে পাকান (roll) হয় অথবা সমতল পৃষ্ঠের উপর এক হাতের তালু দিয়েও পাকান যায়। দড়ি তৈরিকালে টুকরা টুকরা (Crumble) হয়ে যাওয়ার পূর্ব পর্যন্ত দড়িকে ভাঁজ করে পুন দড়ি তৈরি করা হয়। (চিত্র ঃ ১.৭গ)। এতে হাতের তাপে কাদার পানি বাষ্পীভূত হয় এবং নমুনার পানির পরিমাণ হ্রাস পায়। দড়ি তৈরিকালে এটি টুকরা টুকরা হয়ে যাওয়ার পূর্ব পর্যন্ত নমুনায় যে পরিমাণ পানি থাকে, তাই নমুনার জন্য নম্যতা সীমা (Plastic limit) এবং এ অবস্থায় মৌল্ডিং এর ক্ষেত্রে নমুনা মৃত্তিকা যে পরিমাণ প্রতিরোধ সৃষ্টি করে। তাহাই উক্ত নমুনা মৃত্তিকার টাফনেস (Toughness)।



চিত্র ঃ ১.৭ (গ)

দড়ি টুকরা টুকরা হয়ে গেলে এ টুকরাগুলো দিয়ে পিণ্ডের ন্যায় তৈরি করে পুনঃপুন মন্থন করলে পিণ্ডও টুকরা টুকরা হয়ে যাওয়া আরম্ভ করে। নম্যতা সীমায় মৃত্তিকা দড়ির টাফনেস অধিকতর এবং পিণ্ড খণ্ড খণ্ড হওয়ার কালে মৃত্তিকা খণ্ডের টাফনেসের পরিমাণ অধিক। পানির পরিমাণ নম্যতা সীমার কম হলে টাফনেসের পরিমাণ কম হয়। মৃত্তিকায় কলোয়েডাল কাদার পরিমাণের উপর মৃত্তিকায় টাফনেসের (Toughness) মাত্রা নির্ভর করে। সাধারণত কাদা মৃত্তিকার পেস্টকে পাকিয়ে (roll) ৩ মি. মি. ব্যাসের দড়ির ন্যায় করা যায়। কিন্তু পলিমাটির ক্ষেত্রে দড়ি তৈরির করা সম্ভব হয় না।

(ছ) শুষ্ক শক্তি পরীক্ষা (Dry strength test) **ঃ** নমুনা মৃত্তিকায় তৈরি ছোট ছোট ঘনক আকৃতির টুকরাকে রৌদ্রের তাপে বা চুল্লির তাপে বা বাতাসে শুকিয়ে দু আঙ্গুলের চাপে ভাঙতে যে পরিমাণ চাপের দরকার হয়, তার উপর ভিত্তি করে মৃত্তিকার ধরন বলা যায়। পলিমাটির ক্ষেত্রে কম চাপে এবং কাদা মাটির ক্ষেত্রে অধিক চাপে ঘনকগুলো ভাঙা যায়। শুষ্ক শক্তি পরীক্ষার মাধ্যমে মৃত্তিকার নম্যতা বুঝা যায়। মৃত্তিকার কলোয়েডাল কণার পরিমাণের উপর মৃত্তিকার শুষ্ক শক্তির মাত্রা নির্ভর করে। (চিত্র ঃ ১.৭ ঘ) এতদভিন্ন মৃত্তিকার রং যদি কালো, গাঢ় বাদামি ও ধূসর রংয়ের হয় এবং জৈব গন্ধযুক্ত, আংশিক ক্ষয়প্রাপ্ত পাতা, শিকড়, ক্ষুদ্র শাখা, আঁশ ইত্যাদি পাওয়া যায়, তবে এ ধরনের মৃত্তিকাকে জৈব মৃত্তিকা হিসেবে শনাক্ত করা যায়।

চিত্র ঃ ১.৭ (ঘ)

১.৮ মৃত্তিকার সাধারণ ধর্মাবলি (General Propertis of Soil) ঃ

পুর প্রকৌশলীগণের সকল কার্যক্রমই মৃত্তিকার সাথে সম্পর্কিত। তাই তাঁদের পেশাগত কার্যাদি সুসম্পাদনের জন্য মৃত্তিকার ভেদ্যতা, কম্প্রেসিভিলিটি, শিয়ার স্ট্রেংথ, কার্যোপযোগিতা ইত্যাদি প্রকৌশল ধর্মাবলি জানার দরকার হয়। মৃত্তিকার এ সকল তথ্যাদি জানার জন্য নির্দেশিকা হিসেবে মৃত্তিকার ভৌত ধর্মাবলি (Physical properties), সূচক ধর্মাবলি (Index properties) ও উদক ধর্মাবলি (Hydraulic properties) সম্পর্কে জানতে হয়। সাধারণত মৃত্তিকার (ক) ভৌত ধর্মাবলি হিসেবে (i) মৃত্তিকার গঠন প্রকৃতি (দৃঢ়াবদ্ধ, শিথিল, সংসক্তিপ্রবণ, অসংসক্তিপ্রবণ, স্তরীভূত, অস্তরীভূত, নরম, শক্ত, কেলাসিত-অকেলাসিত ইত্যাদি) (ii) মৃত্তিকার বর্ণ (সাদা, কালো, গাঢ়, ধূসর, লাল, মিশ্রবর্ণ ইত্যাদি) (iii) মৃত্তিকার গন্ধ (জৈব গন্ধ, স্বাভাবিক বা অজৈব গন্ধ) (খ) সূচক ধর্মাবলি হিসেবে (i) মৃত্তিকাদানার ধর্ম (স্থূলদানার মাটির ক্ষেত্রে– দানার আকার বিতরণ, দানা বিন্যাস ইত্যাদিত; সূক্ষ্মদানার মাটির ক্ষেত্রে- মিনারেল কম্পোজিশন) (ii) মৃত্তিকার এগ্রিগেট ধর্ম (ভয়েড রেশিও, পরোসিটি, ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব, বালক্ ইউনিট ওয়েট, পরিপৃক্ত একক ওজন, পরিপৃক্ততার মাত্রা, আপেক্ষিক ঘনত্ব ইত্যাদি) (সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার জন্য– সিক্ততার মাত্রা, স্পর্শকাতরতা, নম্যতা সীমা, নম্যতা সূচক, লিকুইড লিমিট, লিকুইডিটি ইন্ডেক্স) এবং (গ) ঔদক ধর্মাবলি (নিসরণ, কৈশিকতা, ভেদ্যতা, তুষার ক্রিয়া, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ ইত্যাদি) জেনে নিতে হয়। এগুলোর মাধ্যমে মৃত্তিকার প্রকৌশল ধর্মাবলি সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা পাওয়া যায় এবং বিভিন্ন টেস্টের মাধ্যমে মৃত্তিকার প্রকৌশল ধর্মাবলি জেনে নিতে হয়।

নিচে ইউনিফাইড সয়েল ক্লাসিফিকেশন পদ্ধতি অনুযায়ী ভিন্ন ধরনের মৃত্তিকার সাধারণ প্রকৌশল ধর্মাবলি দেয়া হল ঃ

মৃত্তিকা গ্রুপ (Soil group)	ভেদ্যতা (Permeability)	সংনমনীয়তা (Compressibility)	শিয়ার স্ট্রেংথ (Shear strength)	কার্যোপযোগিতা (Workability)
(ক) গ্র্যাভেল GW	ভেদ্য	নগণ্য	খুব ভাল	খুব ভাল
GP	খুবই ভেদ্য	নগণ্য	ভাল	ভাল
GM	মোটামুটি ভেদ্য হতে অভেদ্য	নগণ্য	ভাল	ভাল
GC	অভেদ্য	খুবই নিম্ন	ভাল হতে মোটামুটি	ভাল
(খ) বালি SW	ভেদ্য	নগণ্য	খুব ভাল	খুব ভাল
SP	ভেদ্য	খুবই নিম্ন	ভাল	মোটামুটি
SM	মোটামুটি ভেদ্য হতে অভেদ্য	নিম্ন	ভাল	মোটামুটি
SC	অভেদ্য	নিম্ন	ভাল হতে মোটামুটি	ভাল
(গ) পলি ও কাদা (নিম্ন ও মধ্যমানে নম্যতা) এর নম্যতা ML	মোটামুটি ভেদ্য হতে অভেদ্য	মধ্যমানের	মোটামুটি	মোটামুটি
CL	অভেদ্য	মধ্যম মানের	মোটামুটি	ভাল হতে মোটামুটি
OL	মোটামুটি ভেদ্য হতে অভেদ্য	মধ্যমমানের	নিকৃষ্ট	মোটামুটি
(ঘ) পলি ও কাদা (উচ্চমানের নম্যতা) MH	মোটামুটি ভেদ্য হতে অভেদ্য	উচ্চমানের	মোটামুটি হতে নিকৃষ্ট	নিকৃষ্ট
CH	অভেদ্য	উচ্চমানের	নিকৃষ্ট	নিকৃষ্ট
OH	অভেদ্য	উচ্চমানের	নিকৃষ্ট	নিকৃষ্ট
জৈব মাটি	প্রকৌশল কাজে	ব্যবহৃত হয় না।		

অনুশীলনী-১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **প্রকৌশলীদের মতে মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ১২]

অথবা, মৃত্তিকার (Soil) সংজ্ঞা দাও।

অথবা, Soil engineering মতে Soil কাকে বলে?

উত্তর ঃ প্রকৌশলী ও সয়েল ইঞ্জিনিয়ারিং মতে খনিজ বা জৈব ও খনিজ কণার সংমিশ্রণে গঠিত দৃঢ়াবদ্ধ ও অজমাটবদ্ধ ভূপৃষ্ঠের শক্ত আবরণী স্তরের সামগ্রীই মৃত্তিকা, যার কণাগুলোর মাঝের ফাঁকা অংশ বায়ু বা পানি বা উভয়ে পূর্ণ থাকে।

২। **পাথর কী?**

উত্তর ঃ স্থায়ী শক্তিশালী সংসক্তি বলে দৃঢ়াবদ্ধ খনিজ কণাসমূহের প্রাকৃতিক এগ্রিগেট-ই পাথর নামে পরিচিত।

৩। **জিওলজিক্যাল সাইকেল কী?** [বাকাশিবো-২০০৯, ১১, ১৩, ১৪]

অথবা, অতান্ত্রিক চক্র কী? অথবা, জিওলজিক চক্র কী?

উত্তর ঃ শিলার উপর আবহক্রিয়া বা জলবায়ুর প্রভাব, শিলার স্থানান্তর, স্থানচ্যুতি, পতন, ভূ-আন্দোলন ইত্যাদির পর্যায়ক্রমিক ও সার্বক্ষণিক ক্রিয়াকেই জিওলজিক্যাল সাইকেল বলা হয়ে থাকে।

৪। **অবশেষ মৃত্তিকা কী?**

উত্তর ঃ কোন শিলা স্তর ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়ার ফলে সৃষ্ট মৃত্তিকা যদি ঐ শিলার স্তরের উপর অবস্থান করে, তখন ঐ মৃত্তিকাকে অবশেষ মৃত্তিকা বা উপবেশনকৃত মৃত্তিকা বলা হয়।

৫। **স্থানান্তরিত মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ উপবেশনকৃত মৃত্তিকা যদি কোন মাধ্যমের (বায়ু, পানি ইত্যাদি) দ্বারা স্থানান্তরিত হয়ে অন্য কোথাও সঞ্চিত হয়, তখন এ মৃত্তিকাকে স্থানান্তরিত মৃত্তিকা বলা হয়।

৬। **বালিয়াড়ি কী?**

উত্তর ঃ বায়ুর মাধ্যমে সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা বালি, পলি ও কাদা স্থানান্তরিত হয়ে বালিয়াড়ি সৃষ্টি করে।

৭। **কীভাবে তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধি মৃত্তিকা উৎপত্তিতে সহায়তা করে?**

উত্তর ঃ শিলা বিভিন্ন ধরনের খনিজ কণার সমন্বয়ে গঠিত এবং এদের তাপীয় প্রসারাংকের মাত্রাও ভিন্ন ভিন্ন। ফলত তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধি শিলার উপাদানগুলোতে ভিন্ন ভিন্ন মাত্রায় প্রসারণ ও সংকোচন সৃষ্টি করে শিলাকে খণ্ড বিখণ্ড করে মৃত্তিকা উৎপত্তিতে সহায়তা করে।

৮। **মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগকরণে কোন কোন মৌলিক বিষয়ের উপর লক্ষ রাখা উচিত?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগকরণে নিম্নের মৌলিক বিষয়গুলোর প্রতি লক্ষ রাখা উচিত ঃ

(ক) মৃত্তিকাকে সীমিত সংখ্যক বিভাগে ভাগ করা ;

(খ) উদ্দেশ্যের সাথে সর্বাধিক সঙ্গতিসম্পন্ন প্রকৌশল ধর্মের উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ করা ;

(গ) শ্রেণিবিভাগকে সহজতর করা ও সহজবোধ্য পরিভাষা ব্যবহার করা।

৯। **SW মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ১০, ১৪]

অথবা, SW প্রতীকটি কী ধরনের মৃত্তিকা নির্দেশ করে?

উত্তর ঃ SW মৃত্তিকা বলতে স্বাভাবিক অনুপাতে বিভিন্ন আকারের বালিকণায় (Well graded sand) গঠিত পানি ভেদ্য, নিম্নমাত্রায় সংনমনীয়, উচ্চ মাত্রার শিয়ার শক্তিসম্পন্ন মৃত্তিকাকে বুঝায়।

১০। **মাটির ঔদক ধর্মগুলো (Hydraulic Propertis) লিখ।** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ১২, ১৩]

উত্তর: মাটির ঔদক ধর্মগুলো হল ঃ

(i) সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার জন্য
- (ক) সিক্ততার মাত্রা
- (খ) নম্যতা সীমা
- (গ) নম্যতা সূচক
- (ঘ) তারল্য সীমা
- (ঙ) তারল্য সূচক ইত্যাদি।

(ii) স্থূলদানার মৃত্তিকার জন্য
- (ক) কৈশিকতা
- (খ) ভেদ্যতা
- (গ) নিঃসরণ
- (ঘ) তুষার ক্রিয়া ইত্যাদি।

১১। **জৈব মৃত্তিকাকে শনাক্তকরণের উপায় কী?**

উত্তর: মৃত্তিকায় জৈব পদার্থের উপস্থিতি, গাঢ় ধূসর ও কালো এবং তাপ দিলে জৈব গন্ধ নিঃসরণ হলেই তা জৈব মৃত্তিকা।

১২। **MIT বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর: MIT একটি প্রকৌশল গবেষণা প্রতিষ্ঠান। এর পুরো নাম Massachusetts Institute of Technology.

১৩। **টারজাগির মতে মৃত্তিকার সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো- ২০০৪, ০৬]

উত্তর: টারজাগির মতে যান্ত্রিক বা রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিয়োজিত জৈব পদার্থ সংমিশ্রিত বা জৈব পদার্থহীন শিলা কণাসমূহের অদৃঢ়াবদ্ধ ও অজমাটবদ্ধ সামগ্রীই মৃত্তিকা।

১৪। **মোটা বালির আকার মিলিমিটারে লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর: সচরাচর মোটা বালির আকার 0.2 – 2.0 মিলিমিটার ধরা হয়।

১৫। **AASHO পদ্ধতিতে A-৭ (১০) বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর: AASHO পদ্ধতিতে A-৭ (১০) মৃত্তিকা বলতে মৃত্তিকা A-৭ ধরনের এবং এর গ্রুপ ইন্ডেক্স ১০ বুঝায়।

১৬। **সাম্যতা গুণাঙ্ক বা সমতাসহগ (C_u) কী?** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮]

উত্তর: সাম্যতা গুণাঙ্ক, $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

১৭। **বক্রতার গুণাঙ্ক (C_z) কী?**

উত্তর: বক্রতার গুণাঙ্ক, $C_z = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$

১৮। **স্থূলদানাদার মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর: কোন মৃত্তিকার ৫০% এর অধিক মৃত্তিকা কণা যদি ২০০ নং চালনিতে (০.০৭৫ মিমি) অতিক্রান্ত না হয়, তবে তাহাই স্থূলদানার মৃত্তিকা।

১৯। **সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর: কোন মৃত্তিকার ৫০% এর অধিক মৃত্তিকা কণা যদি ২০০ নং চালনিতে অতিক্রান্ত হয়, তবে তাহাই সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা।

২০। **সুবিন্যস্ত মৃত্তিকা (Well graded soil) কী?** [বাকাশিবো-২০০৫, ১৩]

উত্তর: স্থূল হতে সূক্ষ্ম সকল ধরনের মৃত্তিকা কণার সুষম আনুপাতিক সমন্বয়ে গঠিত মৃত্তিকাই সুবিন্যস্ত মৃত্তিকা।

২১। **মাটি শনাক্তকরণের মাঠ পরীক্ষা (Field test) কী কী?** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৮, ১০, ১৩]

উত্তর: মাটি শনাক্তকরণের মাঠ পরীক্ষাগুলো হল–

সূক্ষ্মদানার মাটিতে	স্থূলদানার মাটিতে
(i) শুষ্ক শক্তি পরীক্ষা (ii) ঝাঁকুনি পরীক্ষা (iii) থিতানো পরীক্ষা ইত্যাদি।	(i) খালি চোখে দেখে (ii) দু'আঙ্গুলে ঘষে ইত্যাদি।

২২। **মৌচাকাকার গঠনের মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর: যে মৃত্তিকা সংসক্তিপ্রবণ এবং কণাগুলো আন্তরাণবিক বলের প্রভাবে থিতিয়ে পড়ে ও পরস্পরের গায়ে লেগে থাকে ও এদের গঠনে বড় বড় ফোঁকর দেখা যায় এ ধরনের গঠনের মৃত্তিকাকে মৌচাকাকার গঠনের মৃত্তিকা বলা হয়।

২৩। **ব্রাউনিয়ান মোভমেন্ট কী?**

উত্তর: পুঞ্জীভূত গঠনের অতি সূক্ষ্মকণার মৃত্তিকায় মৃত্তিকা কণাগুলো সমধর্মী চার্জে থাকায় পারস্পরিক বিকর্ষণ বলের প্রভাবে বিনা সংঘর্ষে এদিক সেদিক ঘোরাফিরা করে এবং ক্ষেত্রবিশেষে সমান্তরালভাবেও অবস্থান করে। কণাগুলোর এ ঘোরাফিরাকে ব্রাউনিয়ান মোভমেন্ট বলা হয়।

২৪। **মৃত্তিকার গ্রথন শৈলী বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর: মৃত্তিকা কণার আকার, আকৃতি ও বিন্যাসের উপর নির্ভর করে মৃত্তিকার দৃশ্যত অবয়বকে মৃত্তিকার গ্রথন শৈলী বলা হয়।

২৫। **মাটির কার্যকরী আকার বা D_{10} বলতে কী বোঝায়?** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৪, ০৮, ১০, ১৩]

উত্তর: কোন মাটির কার্যকরী আকার এমন একটি আকার, যে আকারের চেয়ে ঐ মাটিতে ১০% মাটিকণা সূক্ষ্ম এবং ৯০% মাটিকণা স্থূল। এ আকারকে D_{10} দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

২৬। **জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৫]

উত্তর: মৃত্তিকা সংক্রান্ত যে ব্যবহারিক বিজ্ঞান মাটি পর্যবেক্ষণ, মাটিতে কাঠামো (ভিত্তি, টানেল, কন্ডুইট ইত্যাদি) এবং মাটির কাঠামো (বাঁধ ইত্যাদি) ডিজাইন ও নির্মাণে বাস্তব ভূমিকা সম্পাদন করে, তাকে জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বলা হয়। এর আওতা সয়েল মেকানিক্স হতে অধিক ব্যাপক।

২৭। **বাংলাদেশের ভূ-গঠনের ভাগগুলো কী কী?**

উত্তর: বাংলাদেশের ভূ-গঠনের ভাগগুলো হল–

(ক) টারশিয়ারি যুগে গঠিত পাহাড়সমূহ,

(খ) প্লাইস্টোসিন কালে গঠিত সোপানসমূহ ও

(গ) সাম্প্রতিক কালের প্লাবন পাললিক সমভূমি।

২৮। **Cohesive ও Non-Cohesive soil বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫, ১০]

উত্তর: সাধারণত পানির উপস্থিতিতে পলি ও কাদা নম্যতা প্রাপ্ত হয় কিন্তু বালি নম্যতা প্রাপ্ত হয় না। তাই পলি ও কাদাকে সংসক্তিপ্রবণ মৃত্তিকা (Cohesive soil) এবং বালিকে অসংসক্তিপ্রবণ (Non-Cohesive) মৃত্তিকা বলা হয়।

২৯। **AASHO এর পূর্ণ শব্দ লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর: AASHO = American association of state Highways officials .

৩০। **জৈব মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর: জৈব পদার্থ সমৃদ্ধ মৃত্তিকাকে জৈব মৃত্তিকা বলা হয়ে থাকে। গাছপালা ও প্রাণীর ধ্বংসাবশেষ হতে জৈব মৃত্তিকার উৎপত্তি ঘটে।

৩১। কাদা মৃত্তিকার কী কী বৈশিষ্ট্য থাকে?

উত্তর কাদা মৃত্তিকায় (ক) নম্যতা (খ) সংসক্তি প্রবণতা ও (গ) আয়ন শোষণ ক্ষমতা থাকে।

৩২। কখন স্থূলদানার মৃত্তিকা দ্বৈত সংকেতে লেখা হয়।

উত্তর যখন কোন স্থূলদানার মৃত্তিকায় ৫%-১২% সূক্ষ্মদানা ২০০ নং চালনিতে অতিক্রান্ত হয়, তখন স্থূলদানার মৃত্তিকাকে দ্বৈত সংকেতে লেখা হয়।

৩৩। শিলা বা পাথর কী?

উত্তর স্থায়ী শক্তিশালী সংসক্তি বলে দৃঢ়াবদ্ধ খনিজ কণাসমূহের প্রাকৃতিক এগ্রিগেটই পাথর বা শিলা।

৩৪। খনিজ কাদাগুলো কী কী?

উত্তর স্মেকটাইট, ইলাইট ও কাওলিনাইট তিনটিই উল্লেখযোগ্য খনিজ কাদা।

৩৫। বিভিন্ন প্রকার জৈব মাটিগুলো কী কী?

উত্তর জৈব মাটি তিন প্রকার, যথা– (i) জৈব পলি (ii) জৈব কাদা (iii) মাক বা পিট।

৩৬। পাললিক মৃত্তিকা কী?

উত্তর পানিবাহিত স্থানান্তরিত মাটি পলল হিসাবে পতিত হয়ে পাললিক মাটির সৃষ্টি করে।

৩৭। সয়েল মেকানিক্স কী?

অথবা, টারজাগির মতে সয়েল মেকানিক্স কী?

উত্তর যান্ত্রিক বা রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিয়োজিত জৈব পদার্থ মিশ্রিত বা জৈব পদার্থমুক্ত শিলাকণাগুলোর অদৃঢ়াবদ্ধ ও অজমাটবদ্ধ মৃত্তিকার শক্ত খণ্ড বা স্তরের জন্য প্রকৌশলগত সমস্যায় মেকানিকস্ ও হাইড্রোলিক্স এর বিধিসমূহের প্রয়োগকে সয়েল মেকানিক্স বলে।

৩৮। গ্রুপ ইনডেক্স (G.I) এর সূত্রটি লেখ।

উত্তর গ্রুপ ইনডেক্স, $G.I = (F\text{-}34)\,[0.2 + 0.005(W_L - 40) + 0.01\,(F\text{-}15)\,(I_P - 10)]$.

৩৯। গ্রুপ ইনডেক্স এর মান নিয়ন্ত্রণকারী বিষয়গুলো কী কী?

উত্তর গ্রুপ ইনডেক্স নিয়ন্ত্রণকারী বিষয়গুলো হল–

(ক) ২০০ নং চালনিতে অতিক্রান্ত মৃত্তিকাদানার শতকরা হার (ওজনে)

(খ) মৃত্তিকার তারল্য সীমা

(গ) মৃত্তিকার নম্যতা সীমা।

৪০। মৃত্তিকার উৎপত্তিতে কী কী রাসায়নিক বিক্রিয়া কাজ করে?

উত্তর মৃত্তিকায় উৎপত্তিতে নিচের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো কাজ করে–

(ক) পানি যোজন

(খ) অক্সিডেশন

(গ) কার্বোনেশন

(ঘ) হাইড্রোলাইসিস

(ঙ) সলিউশন।

প্রকৌশল পরীক্ষা-২ (খ)

৪১। মৃত্তিকার উৎপত্তিতে কী কী ভৌত ক্রিয়া কাজ করে?

উত্তর নিচের ভৌত ক্রিয়াগুলো মৃত্তিকার উৎপত্তিতে কাজ করে–

(ক) ঘর্ষণ

(খ) তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধি

(গ) তুষার ক্রিয়া ইত্যাদি।

৪২। কোন ধরনের মৃত্তিকার গ্রুপ ইনডেক্স নির্ণয় করা হয় এবং ব্যবহার ক্ষেত্রে এর মান কী নির্দেশ করে?

উত্তর গ্রুপ ইনডেক্স সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার জন্য নির্ণয় করা হয়। যে মাটির গ্রুপ ইনডেক্সের মান যত অধিক ব্যবহার ক্ষেত্রে সাবগ্রেডের জন্য ঐ মাটি তত অনুপযোগী।

৪৩। মৃত্তিকার প্রাথমিক গঠন কী কী ধরনের হয়?

উত্তর মৃত্তিকার প্রাথমিক গঠন– (i) একক দানার গঠন (ii) মৌচাকাকার গঠন (iii) পুঞ্জীভূত বা স্তূপীকৃত গঠন (iv) বিস্তৃত গঠন (v) মিশ্র গঠন এর হয়ে থাকে।

৪৪। প্রকৌশল কাজের জন্য মাটির বিবেচ্য প্রধান ধর্মগুলো কী কী?

উত্তর প্রকৌশল কাজের জন্য মাটির বিবেচ্য প্রধান ধর্মগুলো হল–

(i) ভৌত ধর্ম (ii) সূচক ধর্ম ও (iii) ঔদক ধর্ম।

৪৫। মাটির কণার আকার-আকৃতি কী কী ধরনের হয়?

উত্তর মাটির কণার আকার-আকৃতি (ক) গোলাকার, (খ) উপগোলাকার (গ) কোণাকৃতি (ঘ) উপ-কোণাকার হয়ে থাকে।

৪৬। স্থূলদানার মৃত্তিকাগুলো কী কী?

উত্তর স্থূলদানার মাটিগুলো হল– (ক) গ্র্যাভেল (খ) বালি (মোটা বালি, মধ্যম বালি, সূক্ষ্ম বালি)।

৪৭। সূক্ষ্মদানার মাটিগুলো কী কী?

উত্তর সূক্ষ্মদানার মাটিগুলো হল– (ক) পলিমাটি (মোটা, মধ্যম ও সূক্ষ্ম) (খ) কাদামিট।

৪৮। মৃত্তিকা প্রকৌশলের প্রয়োগক্ষেত্রগুলো লেখ।

উত্তর মৃত্তিকা প্রকৌশলের প্রয়োগক্ষেত্র ব্যাপক ও বিস্তৃত। নিম্নে কয়েকটি প্রয়োগক্ষেত্র দেয়া হল–

(ক) ভিত্তি ডিজাইন

(খ) ভূনিম্নস্থ কাঠামো (কল্ভুইট, টানেল ইত্যাদি)

(গ) ঠেস কাঠামো

(ঘ) মাটির কাঠামো (রাস্তা, বাঁধ ইত্যাদি)

(ঙ) কৃত্রিম কাট অফ, খাল ইত্যাদি খনন ও ভূমি উদ্ধার।

৪৯। মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর নিচের চার পদ্ধতিতে প্রধানত মৃত্তিকা শ্রেণিবিন্যাস করা হয়ে থাকে–

(i) মৃত্তিকা কণার সাইজের উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিন্যাস

(ii) মৃত্তিকার গঠন কাঠামোর উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিন্যাস

(iii) মৃত্তিকার এটারবার্গ সীমা এর উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিন্যাস

(iv) বিভিন্ন মৃত্তিকা গবেষণার প্রতিষ্ঠানের মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ।

৫০। ASTM কর্তৃক নির্ধারিত মোটা দানার আকারের সীমাগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর: ASTM (1967) কর্তৃক মোটা দানার বালির আকার 010.75mm হতে 4.75mm এবং গ্র্যাভেল 4.75mm হতে 75mm।

৫১। সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর: যে মৃত্তিকার দানাগুলোর 50% এর অধিক ২০০ নং চালনিতে অতিক্রম করে এবং এজাতীয় মাটির ৫০% এর অধিক দানা খালি চোখে দেখা যায় না। এগুলোকে সূক্ষ্মদানার মাটি বলা হয়। পলিকণা, কাদা এধরনের মাটির অন্তর্ভুক্ত।

৫২। স্থূলদানার মৃত্তিকা বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর: যে মৃত্তিকার দানাগুলোর 50% এর অধিক ২০০ নং চালনিতে অবশেষ থাকে এবং 50% অধিক মৃত্তিকাদানা খালি চোখে দেখা যায়, এগুলোকে মোটা বা স্থূল দানার মৃত্তিকা বলা হয়। বালি গ্র্যাভেল স্থূলদানার মৃত্তিকার অন্তর্ভুক্ত।

৫৩। 4 নং চালনির বৈশিষ্ট্য কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর: 4 নং (U.S. স্ট্যান্ডার্ড সিভ) এর ছিদ্রের আকার 4.75 মিলিমিটার। এ চালনিতে অবশেষের পরিমাণ 50% বা তার অধিক হলে নমুনাটি গ্র্যাভেল এবং এতে 50% অতিক্রান্ত নমুনাটি বালি।

৫৪। G.W. প্রত্যেকটি কী ধরনের মৃত্তিকা নির্দেশ করে? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর: অতি নগণ্য মাত্রায় সূক্ষ্মদানা বা সূক্ষ্মদানাহীন গ্র্যাভেল এবং গ্রাভেল-বালির সুবিন্যস্ত মিশ্রণের যে মাটির সমতা সহগ 4 এর অধিক ও বক্রতার সহগ 1 হতে 3 এর মধ্যে এবং 200 নং চালুনিতে 5% এর অধিক অতিক্রম করে না। G.W. প্রত্যেকটি উপযুক্ত ধরনের মাটি নির্দেশ করে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি

১। সয়েল মেকানিক্স ও জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং এর পার্থক্য কী?

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ভৌত বিয়োজনের মাধ্যমে মৃত্তিকার উৎপত্তি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। রাসায়নিক বিশ্লিষ্টায়নের মাধ্যমে মৃত্তিকার উৎপত্তি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পাথরের উপর 'অক্সিডেশন' ও 'কার্বোনেশনের' মাধ্যমে কীভাবে মৃত্তিকার উৎপত্তি হয়?

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মৃত্তিকার গ্রথন শৈলীগত শ্রেণিবিভাগ সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মৃত্তিকার সাধারণ ধর্মাবলি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭। গ্রেপ ইন্ডেক্স কী? বুঝিয়ে লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। গ্র্যাভেল, বালি, পলি ও কাদা কণার আকার উদ্ধৃত কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মৃত্তিকা প্রকৌশল এর পরিধিগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৬, ১২, ১৩]

অথবা, মৃত্তিকা প্রকৌশল এর সীমাবদ্ধতা কী কী?

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.১নং দ্রষ্টব্য।

১০। মাটির ঝাঁকুনি পরীক্ষা বলতে কী বুঝায়। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১১। গঠন প্রকৃতি অনুসারে মাটির ভৌত ধর্মগুলোর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। AASHO পদ্ধতিটি কী? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং এর কোন কোন ক্ষেত্রে জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং অনুশীলনের প্রয়োজন হয়? [বাকাশিবো-২০০০, ১০, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মাটি মাঠে শনাক্তকরণ পরীক্ষাগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১০, ১১]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। যদি $D_{10} = 0.10$ মিমি, $D_{30} = 0.30$ মিমি এবং $D_{60} = 1.9$ মিমি হয় তাহলে মাটির সমতাসহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ১০]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। মৃত্তিকার সাধারণ ধর্মগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। $D_{10} = .16$ mm, $D_{30} = .30$ mm এবং $D_{60} = 1.50$ mm হয় তবে মাটির সমতার সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৫ নং (অনুরূপ) দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার আওতা সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকার উৎপত্তি সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মৃত্তিকার গঠন প্রক্রিয়া সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার সীমাবদ্ধতাগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০১, ০২, ০৬]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতির প্রয়োজনীয়তা আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। গঠন কাঠামোর উপর ভিত্তি করে চিত্রসহ মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। মৃত্তিকা দানার আকারের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন গবেষণা প্রতিষ্ঠানের মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। বাংলাদেশের ভূ-উৎপত্তি ও ভূ-গঠনের ইতিহাস লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মৃত্তিকা প্রকৌশলীদের সীমাবদ্ধতাগুলো ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৬]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। AASHO পদ্ধতিতে মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০৯৯]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১। ইউনিফাইড পদ্ধতিতে মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১২। কার্যক্ষেত্রে মৃত্তিকা শনাক্তকরণের বিভিন্ন পরীক্ষাগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮, ১০, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। কোন একটি নমুনা মৃত্তিকার লিকুইড লিমিট ৫০% এবং নম্যতা সূচক ২০%। উক্ত মৃত্তিকার দানার বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ। (ক) গ্রথন শ্রেণী (খ) AASHO ও (গ) ইউনিফাইড পদ্ধতিতে মৃত্তিকাটির শ্রেণিবিভাগ কর।

চালনির আকার (মি.মি.)	শতকরা সূক্ষ্মতার হার
২.০০	১০০
০.০৭৫	৭০
০.০৫০	৬০
০.০০৫	৩০
০.০০২	২০

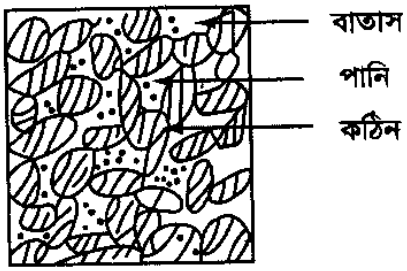
[উত্তর : (ক) Clay Loom (খ) A–৭-৫ (১৪) (গ) ML.]

অধ্যায়-২

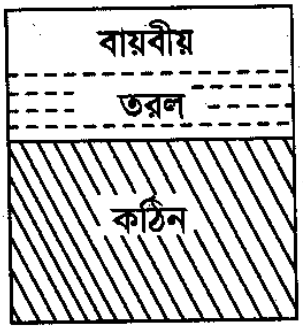
প্রাথমিক সংজ্ঞা ও সহজ পরীক্ষা
(Preliminary Definitions & Simple Test)

২.১ কতিপয় প্রাথমিক সংজ্ঞা (Some preliminary definitions) ঃ

মৃত্তিকা রন্ধ্রবিশিষ্ট কঠিন সামগ্রী বিশেষ। এটির রন্ধ্রগুলো তরল বা বায়বীয় বা উভয় ধরনের পদার্থে পূর্ণ থাকে। সাধারণত তিন ধরনের সামগ্রীর সমন্বয়ে মৃত্তিকা গঠিত। মৃত্তিকায় কঠিন উপাদান (মৃত্তিকা কণা বা খনিজ কণা), তরল উপাদান (পানি) ও গ্যাসীয় উপাদান (বাতাস) বিরাজ করে। তাই মৃত্তিকাকে ত্রি-উপাদান পদ্ধতির (Three phase system) সামগ্রী বা ত্রিদশার সামগ্রী বলা হয়। অবশ্য সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় রন্ধ্রগুলো বাতাসে এবং সম্পূর্ণ পরিপৃক্ত অবস্থায় রন্ধ্রগুলো পানিতে পূর্ণ থাকাকালে এটিতে দুটি উপাদানই থাকে। মূলত মৃত্তিকা উক্ত উপাদানসমূহের দৃঢ় বন্ধনে গঠিত জটিল সামগ্রী বিশেষ। (চিত্র ঃ ২.১ক)



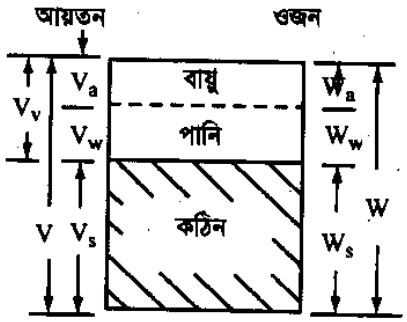
চিত্র ঃ ২.১ ক



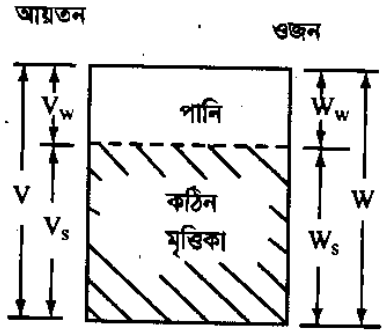
চিত্র ঃ ২.১ খ

আলোচনা ও হিসাবকরণের সুবিধার্থে কঠিন, তরল ও বায়বীয় অংশকে পৃথক করে ২.১খ চিত্রে দেখান হল। এ ধরনের চিত্রকে ব্লক চিত্র (Block diagram) বলা হয়। এ ধরনের চিত্রের সাহায্যে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার বিভিন্ন টার্ম (Term) ও এগুলোর পারস্পরিক সম্পর্ক পর্যালোচনা করা সহজ হয়।

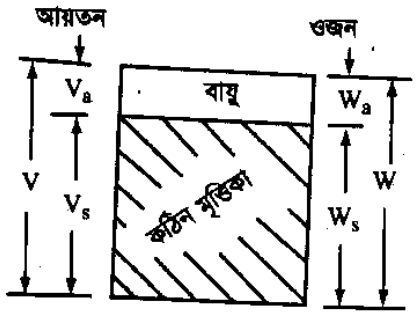
নিচের ব্লক চিত্রগুলোতে বাম পাশে নমুনা মৃত্তিকার আয়তন ও ডান পাশে ওজন দেখান হল।



ত্রি-উপাদানে মৃত্তিকা
চিত্র ঃ ২.১ গ



পরিপৃক্ত মৃত্তিকা
চিত্র ঃ ২.১ ঘ



শুষ্ক মৃত্তিকা
চিত্র ঃ ২.১ ঙ

উপরের চিত্রগুলোতে

V =	মৃত্তিকা নমুনার মোট আয়তন			ঘনমিটার
V_s =	"	"	কঠিন অংশের আয়তন	"
V_a =	"	"	বায়বীয় অংশের আয়তন	"
V_w =	"	"	তরল/পানির আয়তন	"
V_v =	"	"	পানিও বায়বীয় অংশের মোট আয়তন	"
W =	"	"	মোট ওজন	কেজিতে
W_s =	"	"	কঠিন অংশের ওজন	"
W_w =	"	"	পানির ওজন	"
W_a =	"	"	বায়বীয় অংশের ওজন নগণ্য বলে বাদ দেয়া হয়।	

(ক) ভয়েড রেশিও, e (Void Ratio) ঃ নমুনা মৃত্তিকার ভয়েড (Void) অংশের আয়তনের (V_v) সাথে কঠিন অংশের আয়তনের (V_s) অনুপাতই ভয়েড রেশিও। অর্থাৎ ভয়েড রেশিও,

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad \text{.....} \quad (২.১)$$

ভয়েড রেশিওকে সাধারণত দশমিকে প্রকাশ করা হয়। যেমন– ০.৩, ০.৪ ইত্যাদি। সাধারণত স্থূলদানার মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও হতে কম হয়ে থাকে। কোন কোন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে এটির মান একক হতে অধিক হতে পারে।

(খ) পরোসিটি, n (Porosity) ঃ নমুনা মৃত্তিকার ভয়েড অংশের আয়তনের (V_v) সাথে মোট আয়তনের (V) অনুপাতই পরোসিটি।

অর্থাৎ $n = \frac{V_v}{V}$ ..... (২.২)

পরোসিটিকে শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়। এটির মান কখনও ১০০% অতিক্রম করে না। মৃত্তিকার ঘনত্ব (denseness) যত বাড়ে পরোসিটি ও ভয়েড রেশিও এর মান তত কমে।

পরোসিটি ও ভয়েড রেশিওর মধ্যে সম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ

২.২ সমীকরণ হতে

$n = \frac{V_v}{V}$ বা $\frac{১}{n} = \frac{V}{V_v}$

বা, $\frac{১}{n} = \frac{V_s + V_v}{V_v}$ (যেহেতু $V = V_v + V_s$)

বা, $\frac{১}{n} = \frac{V_s}{V_v} + ১$

বা, $\frac{১}{n} = ১ + \frac{১}{e}$ $\left[\because \frac{V_s}{V_v} = \frac{১}{e}\right]$

বা, $\frac{১}{n} = \frac{e + ১}{e}$ ..... (a)

$\therefore n = \frac{e}{১ + e}$ ..... (২.৩)

সমীকরণ (a) হতে $\frac{১}{n} - ১ = \frac{১}{e}$

বা, $\frac{১ - n}{n} = \frac{১}{e}$

বা, $e(১-n) = n$

$\therefore e = \frac{n}{১ - n}$ ..... (২.৪)

[উপরের সমীকরণ (২.৩) ও (২.৪) এ পরোসিটি শতকরা হারে প্রকাশিত নয়)।

(গ) সম্পৃক্ততা বা পরিপৃক্ততার মাত্রা বা ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন, S_r (Degree of Saturation) ঃ নমুনা মৃত্তিকার পানির আয়তনের সাথে এর ভয়েডের আয়তনের অনুপাতকেই ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন বা পরিপৃক্ততার মাত্রা বলা হয়।

অর্থাৎ ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন, $S_r = \frac{V_w}{V_v}$ ..... (২.৫)

ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশনকে শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়। সম্পূর্ণ শুষ্ক মৃত্তিকায় এর মান শূন্য এবং সম্পূর্ণরূপে পরিপৃক্ত মৃত্তিকায় এর মান ১০০% ।

সংজ্ঞা অনুযায়ী, $S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{\frac{V_w}{V_s}}{\frac{V_v}{V_s}}$ (হর ও লবকে V_s দিয়ে ভাগ করে)

$$= \frac{1}{e} \cdot \frac{V_w}{V_s} = \frac{1}{e} \cdot \frac{\frac{W_w}{\gamma_w}}{\frac{W_s}{G\gamma_w}} = \frac{1}{e} \cdot \frac{W_w}{\gamma_w} \cdot \frac{G\gamma_w}{W_s} = \frac{1}{e} \cdot G \cdot \frac{W_w}{W_s}$$

$$= \frac{G.W}{e}$$

$\therefore S_r.e = G.W$ ..... (২.৫a)

$S_r = \frac{GW}{e}$ ..... (২.৫b)

আবার, $e = \frac{GW}{S_r}$ ..... (২.৫c)

সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত মৃত্তিকার ক্ষেত্রে $S_r = 1$

$\therefore e = GW$ ..... (২.৫d)

(ঘ) এয়ার ভয়েডের শতকরা হার, n_a (Percentage of Air Void) ঃ নমুনা মৃত্তিকার বাতাসের আয়তনের সাথে মোট আয়তনের অনুপাতের শতকরা হারকে এয়ার ভয়েডের শতকরা হার বলা হয়। অর্থাৎ

$$n_a = \frac{V_a}{V} \quad \text{.....} \quad (২.৬)$$

এটিকে $n_a\% = \frac{V_a}{V} \times ১০০$ করে নিতে হয়।

(ঙ) এয়ার কনটেন্ট, a_c (Air Content) ঃ নমুনা মৃত্তিকায় বায়ুর আয়তনের (V_a) সাথে মোট ভয়েডের অনুপাতই এয়ার কনটেন্ট।

$$\text{অর্থাৎ } a_c = \frac{V_a}{V_v} \quad \text{.....} \quad (২.৭)$$

এটিকে শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়। মৃত্তিকা সম্পূর্ণরূপে বা পরিপৃক্ত হলে $V_a = 0$ হয় এবং n_a ও a_c উভয়ের মানই শূন্য হয়। এয়ার ভয়েড এবং এয়ার কনটেন্টের সম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ

সমীকরণ (২.৬) অনুসারে $n_a = \frac{V_a}{V_v} \cdot \frac{V_v}{V}$

$= a_c.n$ (২.২ ও ২.৭ সমীকরণ হতে)

$= na_c$ ..... (২.৮)

এয়ার কনটেন্ট এর সাথে সম্পৃক্ততার বা পরিপৃক্ততার মাত্রার সম্পর্ক

সমীকরণ ২.৭ হতে

$$a_c = \frac{V_a}{V_v} \quad (\text{যেহেতু } V_a = V_v - V_w)$$

$$\text{বা } a_c = \frac{V_v - V_w}{V_v} = ১ - \frac{V_w}{V_v}$$

$$\left(\text{সমীকরণ ২.৫ হতে } \frac{V_w}{V_v} = S_r\right)$$

$$\text{অতএব } a_c = ১ - S_r \quad \text{.....} \quad (২.৮a)$$

(চ) জলীয় অংশ বা ওয়াটার কনটেন্ট, ω (Water Content) ঃ নমুনা মৃত্তিকার পানির ওজনের (W_w) সাথে কঠিন অংশের ওজনের (W_s) অনুপাতই ওয়াটার কনটেন্ট।

$$\text{অর্থাৎ ওয়াটার কনটেন্ট, } \omega = \frac{W_w}{W_s} \quad \text{.....} \quad (২.৯)$$

ওয়াটার কনটেন্টকে অনেকেই ময়েশ্চার কনটেন্ট (Moisture Content) বলে থাকে। এটিকে শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়, কিন্তু হিসেবের ক্ষেত্রে দশমিকেই ব্যবহার করা হয়। সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ওয়াটার কনটেন্ট স্থূলদানার মৃত্তিকার ওয়াটার কনটেন্ট অপেক্ষা অধিক হয়। ওয়াটার কনটেন্ট মৃত্তিকার বিশেষ করে সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ধর্ম গুণাগুণ ও আচরণে বিশেষ প্রভাব ফেলে থাকে।

(ছ) মোট একক ওজন বা আয়তনিক একক ওজন বা আয়তনিক ঘনত্ব, γ (Bulk Unit Weight) ঃ মৃত্তিকার একক আয়তনের মোট ওজনকে মোট একক ওজন বলা হয়।

$$\text{অর্থাৎ } \gamma = \frac{W}{V} \quad \text{.....} \quad (২.১০)$$

Bulk unit weight-কে Total unit weight বা Wet unit weight ও বলা হয়।

সংজ্ঞা অনুযায়ী ভিজা একক ওজন, $r = \frac{W}{V}$

$$\therefore \gamma = \frac{W_s + W_w}{V} = 1 + \frac{W_w}{W_s}$$

$$= \frac{V}{W_s} = (1 + \omega)\frac{W_s}{V} = (1 + \omega)\gamma_d \quad (\text{হর ও লবকে } W_s \text{ দিয়ে ভাগ করে})$$

$$\therefore \gamma = (1 + \omega)\gamma_d \therefore \gamma_d = \frac{\gamma}{(1 + \omega)} \quad \text{.....} \quad (২.১০a)$$

(জ) শুষ্ক একক ওজন γ_d (Dry Unit Weight) : মৃত্তিকার একক আয়তনের শুষ্ক কঠিন অংশের ওজনকে শুষ্ক একক ওজন বলা হয়।

অর্থাৎ $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$ ..... (২.১১)

পানির একক ওজন γ_w এবং মাটির কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব G হলে $\gamma_s = G\gamma_w$ এবং কাঠিনাংশের আয়তন V_s হলে

এখন $W_s = G\gamma_w.V_s$ অতএব $\gamma_d = \frac{G\gamma_w V_s}{V} = G\gamma_w \cdot \frac{V_s}{V} = G\gamma_w \frac{V_s}{V_s + V_v} = G\gamma_w \cdot \frac{\frac{V_s}{V_s}}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_v}{V_s}} = G\gamma_w \cdot \frac{1}{1+e}$

অর্থাৎ $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$ ..... [২.১১ (a)]

(ঝ) সম্পৃক্ত বা পরিপৃক্ত একক ওজন γ_{sat} (Saturated Unit Weight) : নমুনা মৃত্তিকা সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত থাকাকালে প্রতি একক আয়তনের ওজনকে সম্পৃক্ত বা পরিপৃক্ত একক ওজন বলা হয়। অর্থাৎ

$\gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V}$ ..... (২.১২)

নুমনা মাটি সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত হলে $W_{sat} = W_s + W_w$ এবং $V = V_s + V_v$

অতএব, $\gamma_{sat} = \frac{W_s}{V} + \frac{W_w}{V_s + V_v} = \gamma_d + \frac{V_v\gamma_w}{V_s + V_v} = \gamma_d + \frac{e\gamma_w}{1+e}$ (হর ও লবকে V_s দিয়ে ভাগ করে $\frac{V_v}{V} = e$ বসিয়ে)

$= \frac{G\gamma_w}{1+e} + \frac{e\gamma_w}{1+e} = \frac{\gamma_w(G+e)}{1+e}$

অর্থাৎ $\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w(G+e)}{1+e}$ ..... (২.১২a)

(ঞ) নিমজ্জিত একক ওজন, γ' (Submerged Unit Weight) : নমুনা মৃত্তিকা পানিতে নিমজ্জিত অবস্থায় একক আয়তনের ওজনকে নিমজ্জিত একক ওজন বলা হয়। অর্থাৎ

$\gamma' = \frac{W_{sub}}{V}$ ..... (২.১৩)

আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে বস্তু নিমজ্জিত অবস্থায় তার দ্বারা অপসারিত পানির ওজনের সমপরিমাণ ওজন হারায় তাই নিমজ্জিত একক ওজন সম্পৃক্ত একক ওজন হতে একক আয়তনের পানির ওজনের (γ_w) সমপরিমাণ কম হবে। অর্থাৎ

$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ ..... (২.১৪)

(ট) মৃত্তিকার কঠিনাংশের একক ওজন, γ_s (Unit Weight of Soil Solids) : নমুনা মৃত্তিকার কঠিনাংশের একক আয়তনের ওজনকে মৃত্তিকার কঠিনাংশের একক ওজন বলা হয়। অর্থাৎ

$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$ ..... (২.১৫)

(ঠ) কঠিনাংশের আপেক্ষিক গুরুত্ব G (Specific Gravity of Solids) : একক আয়তনের কঠিনাংশের ওজন 4° সে. তাপমাত্রায় একক আয়তনের পানির ওজন আপেক্ষা যতগুণ ভারী, তাকে ঐ কঠিনাংশের আপেক্ষিক গুরুত্ব বলা হয়।

অর্থাৎ আপেক্ষিক গুরুত্ব $G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$ ..... (২.১৬)

(৪° সে. উষ্ণতায় পানির একক ওজন ১ গ্রাম / সি সি বা ১০০০ কেজি / মিটার^3 বা ৯.৮১ কিলো নিউটন/মি^{3})

* মাটির আপেক্ষিক গুরুত্ব G = ২.৬৫ হতে ২.৮০ হয়ে থাকে।

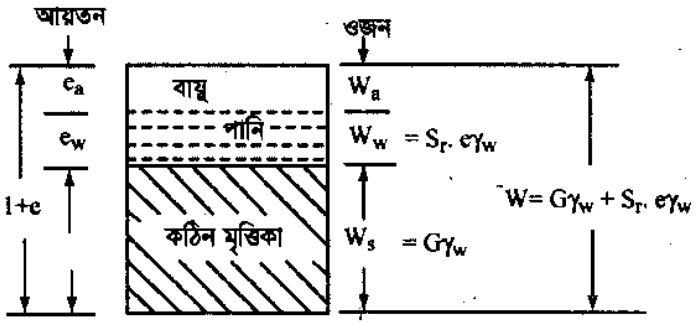
* স্থূলদানার মৃত্তিকার G -এর মান সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার তুলনায় কম।

(ঙ) ঘনত্ব সূচক I_D (Density Index) ঃ প্রাকৃতিক অবস্থানে মৃত্তিকার আপেক্ষিক দৃঢ়াবদ্ধতার মাত্রা প্রকাশের জন্য ঘনত্ব সূচক ব্যবহৃত হয়। আলগা অবস্থায় (Loosest state) মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও e(maxi) ও প্রাকৃতিক অবস্থানে মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও (e) এর পার্থক্যের সাথে আলগা অবস্থানে (Loosest state) ভয়েড রেশিও ও সর্বাধিক ঘনত্বে (densest state) মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও e(mini) এর পার্থক্যের অনুপাতকে ঘনত্ব সূচক বা আপেক্ষিক ঘনত্ব বলা হয়।

$$\text{অর্থাৎ } I_D = \frac{e_{(maxi)} - e}{e_{(maxi)} - e_{(min)}} \quad \text{..... (২.১৭)}$$

এটি শুধুমাত্র সংসক্তিহীন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। যখন প্রাকৃতিক অবস্থানে সংসক্তিহীন (Cohesionless) মৃত্তিকা আলগা (loosest) অবস্থায় থাকে তখন $e = e\ maxi$ হয় এবং $I_D = 0$ হয়। যখন প্রাকৃতিক অবস্থানে মৃত্তিকা সর্বাধিক ঘনত্বে (Densest state) থাকে, তখন $e = e_{(min)}$ হয়। তাই I_D এর মান হয় একক। কাজেই উক্ত দু অবস্থার যে কোন মধ্যবর্তী ক্ষেত্রে I_D এর মান ০ হতে ১ এর মধ্যে হবে।

২.২ ভয়েড রেশিও-এর ভিত্তিতে ত্রি-উপাদান চিত্র (Three phase diagram in term of void ratio) ঃ



চিত্র ঃ ২.২ ভয়েড রেশিও এর ভিত্তিতে ত্রি-উপাদান চিত্র

উপরোক্ত ত্রি-উপাদান চিত্রে (চিত্র ঃ ২.২) সুবিধার জন্য মৃত্তিকার কঠিনাংশের আয়তন একক ধরা হয়েছে। যদি উক্ত নমুনার প্রস্থচ্ছেদে ক্ষেত্রফল একক ধরা হয়, তবে কঠিনাংশের আয়তন $V_s = ১$ হবে। যেহেতু, ভয়েড রেশিও $e = \frac{V_v}{V_s}$ । অতএব ভয়েডের আয়তন $V_v = e$ হবে। এখন মোট আয়তন, $V = ১ + e$ চিত্রে বাতাসের আয়তন e_a এবং পানির আয়তন e_w দিয়ে দেখান হয়েছে। অর্থাৎ $e = e_w + e_a$। চিত্রের বাম পার্শ্বে আয়তনের সাথে সম্পর্কিতভাবে ডান পার্শ্বে ওজন দেখান হয়েছে। এখন পূর্ববর্তী পাঠ্যাংশের সাথে সঙ্গতভাবে মিল রেখে ভয়েড রেশিও এর মাধ্যমে অন্যান্য আয়তনিক সম্পর্কাদি নিম্নে দেয়া হল ঃ

(ক) পরোসিটি, $n\ (\text{Porosity}) = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{১+e}$

(খ) ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন, S_r (Degree of Saturation) $= \frac{V_w}{V_v} = \frac{V_w}{e}$

$$\therefore V_w = S_r.e$$

অতএব বায়ুর আয়তন $(V_a) = e - S_r.e$

(গ) এয়ার ভয়েডের শতকরা হার, $n_a = \frac{V_a}{V} = \frac{e - S_r.e}{১+e} = \frac{e(১ - S_r)}{১+e}$

(ঘ) এয়ার কনটেন্ট $a_c = \frac{V_a}{V_v} = \frac{e(১ - S_r)}{e} = ১ - S_r$ ..... (২.১৮a)

এখন বিভিন্ন ধরনের একক ওজনকে ভয়েড রেশিও এর ভিত্তিতে নিচে প্রকাশ করা হল ঃ

সমীকরণ ২.১০ হতে $\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{W_s + V_w\gamma_w}{V} = \frac{G\gamma_w + S_r.e\gamma_w}{১+e}$

$$= \frac{\gamma_w (G + S_r.e)}{১+e} \quad \text{..... (২.১৮)}$$

সমীকরণ ২.১১ হতে $\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{G\gamma_w}{১ + e}$ ..... (২.১৯)

সমীকরণ ২.১২ হতে $\gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V}$

সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত অবস্থায় ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন, $S_r = ১$ (অর্থাৎ ১০০%)

অতএব সমীকরণ ২.১৮ হতে

$$\gamma_{sat} = \frac{(G + e)\gamma_w}{১ + e} \quad \text{..... (২.২০)}$$

সমীকরণ ২.১৪ হতে $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

$$= \frac{(G+e)\gamma_w}{১ + e} - \gamma_w \quad \text{..... (২.২০ হতে)}$$

$$= \frac{G\gamma_w + e\gamma_w - \gamma_w - e\gamma_w}{১ + e}$$

$$= \frac{G\gamma_w - \gamma_w}{১ + e}$$

$$= \gamma_w \frac{(G - ১)}{১ + e} \quad \text{..... (২.২১)}$$

নমুনা মৃত্তিকা আংশিক সম্পৃক্ত হলে

২.১৪ সমীকরণ হতে $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

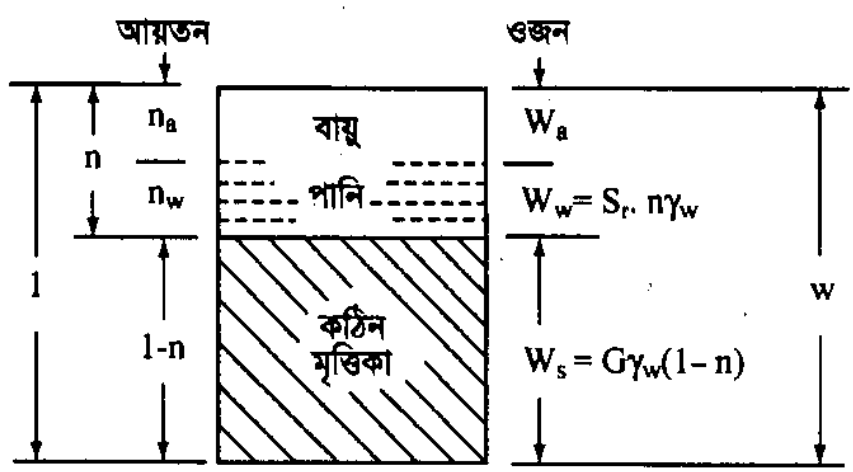
$$= \frac{(G + S_r.e)\gamma_w}{১ + e} - \gamma_w \quad \text{..... (২.১৮ হতে)}$$

$$= \frac{(G + S_r.e)\gamma_w - \gamma_w (১ + e)}{১ + e}$$

$$= \frac{\gamma_w[G + S_r.e - ১ - e]}{১ + e}$$

$$= \gamma_w \frac{[(G - ১) - e(১ - S_r)]}{১ + e} \quad \text{..... (২.২২)}$$

২.৩ পরোসিটির ভিত্তিতে ত্রি-উপাদান চিত্র (Three phase diagram in term of porosity) ঃ



চিত্র ঃ ২.৩ পরোসিটির ভিত্তিতে ত্রি-উপাদান চিত্র

ত্রি-উপাদান চিত্রে (চিত্র ঃ ২.৩) নমুনা মৃত্তিকার মোট আয়তনকে একক ধরা নেয়া হয়েছে। পরোসিটির সংজ্ঞানুসারে $n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{১}$ অর্থাৎ ভয়েডের আয়তন $V_v = n$ হবে।

অতএব নমুনার কঠিনাংশের আয়তন $V_s = ১ - n$

অতএব ভয়েড রেশিও $e = \frac{V_v}{V_s}$

$$= \frac{n}{১-n} \text{ --- (সমীকরণ ২.৪ অনুরূপ)}$$

সমীকরণ ২.১০ হতে $\gamma = \frac{W}{V}$

$$= \frac{W_s + W_w}{V}$$

$$= \frac{G\gamma_w(১ - n) + S_r.n\gamma_w}{১} \text{ ..... (b)}$$

$$= \gamma_w[G(১-n)+S_r.n] \text{ ..... (২.২৩)}$$

সমীকরণ ২.১১ হতে $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

$$= \frac{G\gamma_w (১-n)}{১}$$

$$= G\gamma_w(১-n) \text{ ..... (২.২৪)}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V}$$

$$= \frac{\gamma_d + n\gamma_w}{V}$$

$$= \frac{G\gamma_w (১ - n) + n\gamma_w}{১}$$

$$= [G(১-n) + n]\, \gamma_w \text{ ..... (২.২৫)}$$

● **যখন নমুনা মৃত্তিকা সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত**

তখন সমীকরণ ২.২১ হতে $\gamma' = \frac{(G - ১)\gamma_w}{১ + e} = \frac{(G - ১)\gamma_w}{১ + \frac{n}{১ - n}}$ [সমীকরণ ২.৪]

$$= \frac{(G - 1)\, \gamma_w}{\frac{১-n+n}{১ - n}}$$

$$= (G - ১)\gamma_w.(১ - n)$$

$$= (G - ১)\,(১ - n)\, \gamma_w \text{ ..... (২.২৬)}$$

● **নমুনা মৃত্তিকা যখন আংশিক সম্পৃক্ত**

তখন সমীকরণ ২.২২ হতে $\gamma' = \frac{\gamma_w[(G-১) - e(১-S_r)]}{১+e}$

$$= \frac{\gamma_w[(G-১) - \frac{n}{১-n}(১-S_r)]}{১ + \frac{n}{১-n}}$$

$$= \frac{\gamma_w[(G-১) - \frac{n}{১-n}(১-S_r)]}{\frac{১-n+n}{১-n}}$$

$$= \gamma_s(১-n)\{(G-১) - \frac{n}{১-n}(১-S_r)]$$

$$= \gamma_w[(G-১)(১-n) - n(১-S_r)]$$

$$= \gamma_w[G - ১ - Gn + n - n + nS_r]$$

$$= \gamma_w[G - Gn + nS_r - ১] \quad \text{.....} \quad (২.২৭)$$

এ পর্যন্ত বর্ণিত বিভিন্ন সমীকরণের আলোকে নিম্নে কতিপয় সম্পর্ক দেয়া হল ঃ

(ক) e, G, ω ও S_r এর মধ্যে সম্পর্ক।

সমীকরণ (২.৯) হতে, $\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{V_w \cdot \gamma_w}{V_s \cdot \gamma_s}$ $\quad \therefore \omega = \frac{V_w \cdot \gamma_w}{V_s \cdot \gamma_s}$ ..... (২.২৭a)

সমীকরণ (২.৫) হতে পাই, $V_w = S_r \cdot V_v$ $\quad \therefore V_w = S_r \cdot V_v$ ..... (২.২৭b)

এবং সমীকরণ (২.১৬) হতে, $G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$ $\quad \therefore \frac{\gamma_w}{\gamma_s} = \frac{1}{G}$ ..... (২.২৭c)

(২.২৭a) সমীকরণে (২.২৭b) ও (২.২৭c) হতে V_w ও $\frac{\gamma_w}{\gamma_s}$ এর মান বসিয়ে আমরা পাই–

$$\omega = \frac{S_r \cdot V_v}{V_s \cdot G}$$

সমীকরণ (২.১) হতে, $\frac{V_v}{V_s} = e$

বা, $\omega = \frac{S_r \cdot e}{G}$

$$\therefore e = \frac{\omega G}{S_r} \quad \text{.....} \quad (২.২৮)$$

মৃত্তিকা সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত হলে, $S_r = 1$ হয়।

তখন $e = \omega G$

(খ) γ, γ_d ও ω এর মধ্যে সম্পর্ক

সমীকরণ (২.১৯) হতে $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{১ + e}$

সমীকরণ (২.১৮), $\gamma = \frac{(G + S_r.e)\,\gamma_w}{১ + e}$

(সমীকরণ ২.২৮ হতে e এর মান নিয়ে)

$$\gamma = \frac{\left(G + S_r.\frac{\omega G}{S_r}\right)\gamma_w}{১ + e} = \frac{(১ + \omega)\,G\,\gamma_w}{১ + e} = (১ + \omega)\,\gamma_d \quad \text{..... (২.২৮a)}$$

$[\gamma_d = \frac{G\,\gamma_w}{১ + e}]$

অতএব $\gamma_d = \frac{\gamma}{(১ + \omega)}$ ..... (২.২৯)

(গ) γ', γ_d ও n এর মধ্যে সম্পর্ক

সমীকরণ (২.২১) হতে,

$$\gamma' = \frac{G\gamma_w}{১ + e} - \frac{\gamma_w}{১ + e}$$

$$= \gamma_d - \frac{\gamma_w}{১ + e}$$

(সমীকরণ (২.৪) হতে e এর মান নিয়ে)

$$= \gamma_d - \frac{\gamma_w}{১ + \frac{n}{১ - n}}$$

$$= \gamma_d - \frac{\gamma_w}{\frac{১ - n + n}{১ - n}}$$

$$\therefore \gamma' = \gamma_d - (১ - n)\,\gamma_w \quad \text{..... (২.৩০)}$$

(ঘ) ω, G, n_a ও γ_d এর মধ্যে সম্পর্ক

চিত্র ২.১ গ অনুসরণ করে

$$V = V_s + V_w + V_a$$

বা $V = \frac{W_s}{\gamma_s} + \frac{W_w}{\gamma_w} + V_a$

(উভয় পক্ষকে V দ্বারা ভাগ করে)

বা, $১ = \frac{W_s}{V} \cdot \frac{১}{\gamma_s} + \frac{W_w}{V\gamma_w} + \frac{V_a}{V}$

[সমীকরণ (২.৬) $\frac{V_a}{V} = n_a$, সমীকরণ (২.৯) হতে $W_w = \omega W_s$, সমীকরণ (২.১৬) হতে $\gamma_s = G\gamma_w$ এবং সমীকরণ (২.১১) হতে $\frac{W_s}{V} = \gamma_d$ বসিয়ে]

বা, $(১ - n_a) = \frac{\gamma_d}{G\gamma_w} + \frac{\gamma_d\omega}{\gamma_w} = \frac{\gamma_d}{\gamma_w}\left(\frac{১}{G} + \omega\right)$

$$= \frac{\gamma_d}{\gamma_w}\left(\frac{১ + \omega G}{G}\right) = \frac{\gamma_d\,(\omega G + ১)}{G\gamma_w}$$

$$\therefore \gamma_d = \frac{(১ - n_a)\,G\gamma_w}{(\omega G + ১)} \quad \text{..... (২.৩১)}$$

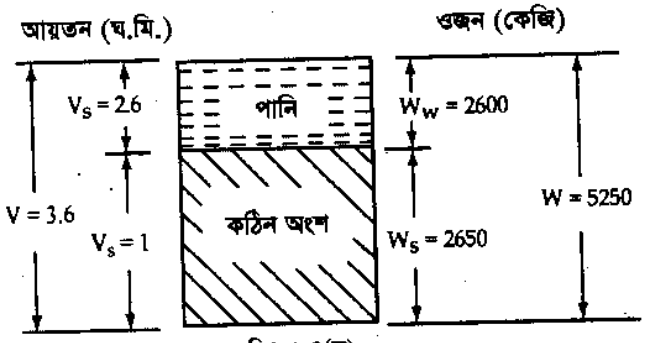
সম্পর্ক তালিকা ঃ

সম্পর্ক	সমীকরণ নং
$e = \frac{n}{১ - n}$	২.৪
$e = \frac{\omega G}{S_r}$	২.২৮
$n = \frac{e}{১ + e}$	২.৩
$n_a = na_c$	২.৮
$\gamma = \frac{(G + e.S_r)\,\gamma_w}{১ + e}$	১.১৮
$\gamma = \gamma_w\,[G\,(১ - n) + nS_r.]$	২.২৩
$\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{১ + e}$	২.১৯
$\gamma_d = G\gamma_w\,(১ - n)$	২.২৪
$\gamma_d = \frac{\gamma}{১ + \omega}$	২.২৯
$\gamma_d = \frac{(১ - n_a)\,G\gamma_w}{(\omega G + ১)}$	২.৩১
$\gamma_{sat} = \frac{(G + e)\gamma_w}{১ + e}$ (সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত)	২.২০
$\gamma_{sat} = [G(১-n) + n]\,\gamma_w$	২.২৫
$\acute{\gamma} = \frac{(G - ১)\,\gamma_w}{১ + e}$	২.২১
$\acute{\gamma} = \frac{\gamma_w\,[(G - ১) - e(১ - S_r)]}{১ + e}$	২.২২
$\acute{\gamma} = (G - ১)\,(১ - n)\,\gamma_w$	২.২৬
$\acute{\gamma} = \gamma_w\,(G - nG + nS_r - ১)$	২.২৭
$\acute{\gamma} = \gamma_d - (১ - n)\,\gamma_w$	২.৩০
$a_c = ১ - S_r$	২.৮a

২.৪ সমাধান সহ মৃত্তিকার ধর্মের উপর সমস্যাবলি (Solution Problems on Soil Properties) ঃ

উদাহরণ-১। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৫ এবং ভয়েড রেশিও ২.৬। এটির ওয়াটার কনটেন্ট ও শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ



চিত্রঃ ২.৪(ক)

মনে করি, কঠিনাংশের আয়তন $V_s = ১m^3$

আমরা জানি, ভয়েড রেশিও, $e = \frac{V_v}{V_s}$

অতএব $২.৬ = \frac{V_v}{১}$

বা, $Vv = ২.৬m^3$.

দেয়া আছে,

$e = ২.৬$

$G_s = ২.৬৫$

যেহেতু নমুনা মৃত্তিকা সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত তাই $V_v = V_w$

অতএব নমুনায় পানির ওজন $W_v = V_v\gamma_w$

$= ২.৬ \times ১০০০$ (γ_w=১০০০কেজি/ মিটার^3)

$= ২৬০০$ কেজি

নমুনায় কঠিনাংশের ওজন, $Ws = V_s.G_s.\gamma_w$

$= ১ \times ২.৬৫ \times ১০০০$

$= ২৬৫০$ কেজি

নমুনা মৃত্তিকার মোট আয়তন, $V = V_s + V_v$

$= ১ + ২.৬$

$= ৩.৬$ মিটার^3

নমুনায় ওয়াটার কনটেন্ট, $\omega\% = \frac{W_w}{W_s} \times ১০০$

$= \frac{২৬০০}{২৬৫০} \times ১০০$

$= ৯৮.১১\%$

শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

$= \frac{২৬৫০}{৩.৬}$

$= ৭৩৬.১১$ কেজি/মিটার^3

উত্তর ঃ $\omega\% = ৯৮.১১\%$ এবং $\gamma_d = ৭৩৬.১$ কেজি/মিটার^3

বিকল্প পদ্ধতি ঃ

আমরা জানি, শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{১ + e}$

$$= \frac{২.৬৫ \times ১০০০}{১ + ২.৬} = ৭৩৬.১১ \text{ কেজি /মিটার}^৩$$

আমরা জানি, ভয়েড রেশিও, $e = \frac{\omega G}{S_r}$

অতএব ওয়াটার কনটেন্ট, $\omega = \frac{eS_r}{G}$

এখানে $S_r = ১$ (মাটি সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত)

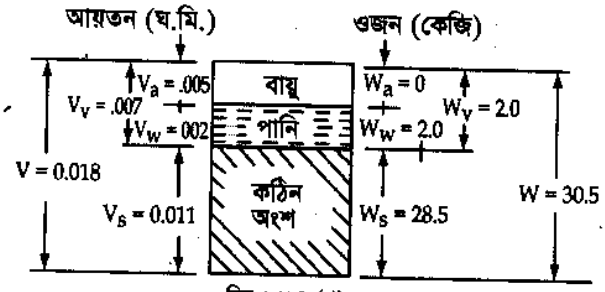
ওয়াটার কনটেন্ট, $\omega(\%) = \frac{২.৬ \times ১}{২.৬৫} \times ১০০$

$= ৯৮.১১\%$

উত্তর ঃ $\omega\%$ ৯৮.১১%, γ_d = ৭৩৬.১১ কেজি/মিটার^৩

উদাহরণ-২। ০.০১৮ ঘনমিটার আয়তনের একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার ওজন ৩০.৫ কেজি এবং উক্ত নমুনাকে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে শুকানোর পর এটার ওজন ২৮.৫ কেজি পাওয়া গেল। নমুনাটির একক ওজন (unit weight), শুষ্ক একক ওজন (Dry unit weight), জলীয় অংশের শতকরা হার (Percentage of Water Content), সম্পৃক্ততার মাত্রা (Degree of Saturation), ভয়েড রেশিও (void ratio) ও পরোসিটি (Porosity) নির্ণয় কর। G_s = ২.৬৫

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ ২.৪ (খ)

দেয়া আছে, মোট ওজন W = ৩০.৫ কেজি

শুষ্ক ওজন W_s = ২৮.৫ কেজি

অতএব W_w = ৩০.৫-২৮.৫ = ২ কেজি

পানির আয়তন, $V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{২}{১০০০}$ = ০.০০২ মিটার^৩

কঠিনাংশের আয়তন $V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} = \frac{২৮.৫}{২.৬৫ \times ১০০০}$

= ০.০১১ মিটার^৩

বাতাসের আয়তন = ০.০১৮ −(০.০০২ + ০.০১১) = ০.০০৫ মিটার^৩

একক ওজন $\gamma = \frac{W}{V} = \frac{৩০.৫}{০.০১৮}$ = ১৬৯৪.৪৪ কেজি/মিটার^৩

শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{২৮.৫}{০.০১৮}$

= ১৫৮৩.৩৩ কেজি/মিটার^৩

জলীয়াংশের শতকরা হার $\omega(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times ১০০$

$= \frac{২}{২৮.৫} \times ১০০ = ৭.০২\%$

সম্পৃক্ততার মাত্রা, $S_r(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times ১০০$

$= \frac{০.০০২}{০.০০৭} \times ১০০$

$= ২৮.৫৭\%$

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{০.০০৭}{০.০১১}$

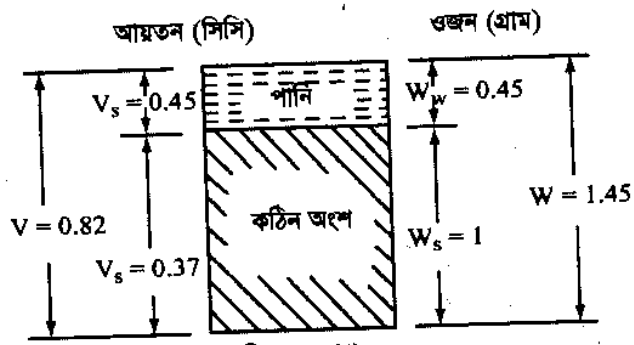
$= ০.৬৩৬৩$

এবং পরোসিটি, $n = \frac{V_v}{V} = \frac{০.০০৭}{০.০১৮} = ০.৩৯$

উত্তর ঃ $\gamma = ১৬৯৪.৪৪$ কেজি/মিটার^৩, $\gamma_d = ১৫৮৩.৩৩$ কেজি মিটার^৩, $\omega(\%) = ৭.০২\%$, $S_r(\%) = ২৮.৫৭\%$, $e = ০.৬৩.৬৩$ এবং $n = ০.৩৯$.

উদাহরণ-৩। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার জলীয়াংশের শতকরা হার ৪৫ এবং $G_s = ২.৭০$। নমুনার ভয়েড রেশিও, পরোসিটি এবং সম্পৃক্ত একক ওজন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১১, ১২, ১৪]

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ ২.৪ (গ)

ধরি, কঠিনাংশের ওজন $W_s = ১$ গ্রাম

$\gamma_w = ১$ গ্রাম/সিসি

$V_s = \frac{১}{২.৭০ \times ১} = ০.৩৭$ সিসি

সম্পৃক্ত নমুনা মৃত্তিকায় জলীয়াংশ ৪৫%

অর্থাৎ $\omega = \frac{W_w}{W_s} = ০.৪৫$

$W_w = ০.৪৫$ গ্রাম

মোট ওজন $W = ১ + ০.৪৫ = ১.৪৫$ গ্রাম

$V_w = ০.৪৫$ সিসি

মোট আয়তন $V = V_s + V_w = ০.৩৭ + ০.৪৫ = ০.৮২$ সিসি

(যেহেতু নমুনা মৃত্তিকা সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত তাই $V_v = V_w$)

আমরা জানি-

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{০.৪৫}{০.৩৭} = ১.২১৬$

পরোসিটি, $n = \frac{V_v}{V} = \frac{০.৪৫}{০.৮২} = ০.৫৫$

সম্পৃক্ত একক ওজন $\gamma_{sat} = \frac{W}{V} = \frac{১.৪৫}{০.৮২}$

$= ১.৭৬৮$ গ্রাম / সিসি

$= ১৭৬৮$ কেজি / মিটার^৩

উত্তর ঃ $e = ১.২১৬$, $n = ০.৫৫$, $\gamma_{sat} = ১৭৬৮$ কেজি/মিটার^৩

বিকল্প পদ্ধতি ঃ

আমরা জানি, ভয়েড রেশিও, $e = \frac{\omega G}{S_r}$

$= \frac{০.৪৫ \times ২.৭০}{১}$ (এখানে $S_r = ১$)

$= ১.২১৫$

আমরা জানি, পরোসিটি, $n = \frac{e}{১+e}$

$= \frac{১.২১৫}{১+১.২১৫} = ০.৫৫$

আমরা জানি, সম্পৃক্ত একক ওজন, $\gamma_{sat} = \frac{(G+e)\gamma_w}{১+e}$

$= \frac{(২.৭ + ১.২১৫)\ ১০০০}{১ + ১.২১৫}$

$= ১৭৬৭.৫০$ কেজি/মিটার^৩

নিমজ্জিত একক ওজন, $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

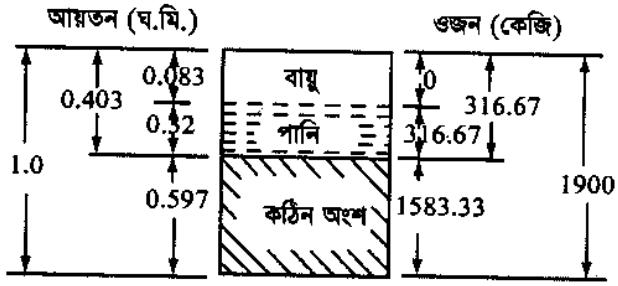
$= ১৭৬৭.৫০ - ১০০০$

$= ৭৬৭.৫০$ কেজি/মিটার^৩

উত্তর ঃ $e = ১.২১৬$, $n = ০.৫৫$, $\gamma_{sat} = ১৭৬৭.৫০$ কেজি/মিটার^৩

উদাহরণ-৪ । ভূমিস্থ পানি সমতার উপর হতে সংগৃহীত একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার $\omega(\%) = ২০\%$, e(maxi) = ০.৮৫, e(min) = ০.৫৫, G = ২.৬৫ এবং $\gamma = ১৯০০$ কেজি/মিটার^৩ হলে $S_r(\%)$ এবং I_D নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ



চিত্রঃ ২.৪ (ঘ)

ধরি, নমুনা মৃত্তিকার আয়তন ১ মিটার^৩

প্রশ্নানুসারে মোট ওজন W = ১৯০০ কেজি

দেওয়া আছে, $\omega(\%) = ২০\%$

$$\therefore \omega = \frac{W_w}{W_s} = ০.২০$$

অর্থাৎ $W_w = ০.২০W_s$

মোট ওজন $W = W_s + W_w = ১৯০০$

বা, $W_s + ০.২০W_s = ১৯০০$

বা, $১.২\ W_s = ১৯০০$

$\therefore W_s = ১৫৮৩.৩৩$ কেজি

এখন $W_w = W - W_s$

$= ১৯০০ - ১৫৮৩.৩৩$

$= ৩১৬.৬৭$ কেজি

পানির আয়তন $V_w = \frac{৩১৬.৬৭}{১০০০} = ০.৩২$মিটার^৩

কঠিনাংশের আয়তন, $V_s = \frac{১৫৮৩.৩৩}{২.৬৫ \times ১০০০} = ০.৫৯৭$ মিটার^৩

বায়ুর আয়তন, $V_a = ১ - (০.৩২ + ০.৫৯৭)$

$= ০.০৮৩$ মিটার

সম্পৃক্ততার মাত্রা $S_r(\%) = \frac{V_w}{V} \times ১০০$

$= \frac{০.৩২}{০.৪০৩} \times ১০০$

$= ৭৯.৪\%$

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{০.৪০৩}{০.৫৯৭} = ০.৬৭৫$

উত্তর ঃ $S_r(\%) = ৭৯.৪\%$, $I_D = ০.৬৭৫$

বিকল্প পদ্ধতি ঃ

আমরা জানি, শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{\gamma}{১ + \omega} = \frac{১৯০০}{১ + .২০}$

$= ১৫৮৩.৩৩$ কেজি/মিটার^৩

আবার জানি, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{১ + e} = \frac{২.৬৫ \times ১০০০}{১ + e}$

অতএব $১ + e = \frac{২.৬৫ \times ১০০০}{১৫৮৩.৩৩}$

$\therefore e = ০.৬৭৪$

আমরা জানি, $e = \frac{\omega G}{S_r}$

বা, $S_r\% = \frac{\omega G}{e} \times ১০০ = \frac{০.২ \times ২.৬৫}{০.৬৭৪} = ৭৮.৬৪\%$

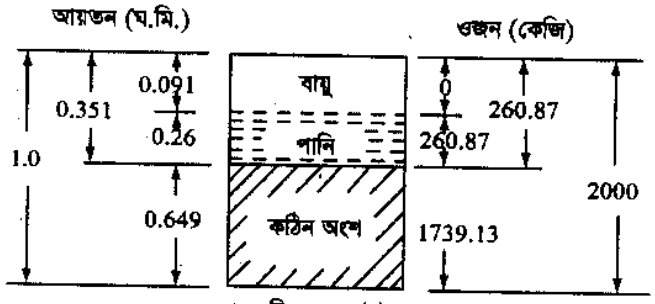
ঘনত্ব সূচক, $I_D = \frac{e(maxi) - e}{e(maxi) - e(min)}$

$= \frac{০.৮৫ - ০.৬৭৫}{০.৮৫ - ০.৫৫} = ০.৫৮$

উত্তর ঃ $S_r(\%) = ৭৯.৪\%$ ও $I_D = ০.৫৮$

উদাহরণ-৫। স্ট্যান্ডার্ড প্রোক্টর পরীক্ষায় শতকরা ১০০ ভাগ দৃঢ়াবদ্ধ একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকায় সর্বাধিক ১৫% পানি আছে। উক্ত মৃত্তিকায় প্রতি ঘনমিটারের ওজন ২০০০ কেজি হলে শুষ্ক একক ওজন কত হবে? যদি বায়ুর আয়তনের সম আয়তন সংকুচিত করা হয় তবে শুষ্ক একক ওজন কত হবে? সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একক ওজন কত হবে? $G_s = ২.৬৮$ ।

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ ২.৪ (ঙ)

ধরি, নমুনা মৃত্তিকার আয়তন V = ১ মিটার^৩

যেহেতু $\omega\% = ১৫\%$

অতএব $\omega = \frac{W_w}{W_s} = ০.১৫$

বা $W_w = ০.১৫W_s$

মোট ওজন W = ২০০০ কেজি

অতএব $W_s + W_w = ২০০০$

বা, $W_s + ০.১৫\ W_s = ২০০০$

বা, $১.১৫\ W_s = ২০০০$

$\therefore\ W_s = ১৭৩৯.১৩$ কেজি

কঠিনাংশের আয়তন, $V_s = \frac{১৭৩৯.১৩}{২.৬৮ \times ১০০০}$

$= ০.৬৪৯$ মিটার^৩

পানির ওজন $W_w = ২০০০ \times ১৭৩৯.১৩$

$= ২৬০.৮৭$ কেজি

পানির আয়তন $V_w = \frac{২৬০.৮৭}{১০০০} = ০.২৬$ মিটার^৩

বায়ুর আয়তন $V_a = ১ - (০.৬৪৯ + ০.২৬)$

$= ০.০৯১$ মিটার^৩

শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{১৭৩৯.১৩}{১}$

$= ১৭৩৯.১৩$ কেজি/মিটার^৩

বায়ুর আয়তনের সম আয়তন সংকুচিত করলে নমুনাস্থ মৃত্তিকার মোট আয়তন = ১ − ০.০৯১ = ০.৯০৯ মিটার^৩

অতএব বায়ুশূন্য শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_z = \frac{১৭৩৯.১৩}{০.৯০৯}$

$= ১৯১৩.২৩$ কেজি / মিটার^৩

যদি সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত করা হয় তবে V_a পানি পূর্ণ হবে। V_a আয়তনের পানির ওজন = ০.০৯১ × ১০০০ = ৯১ কেজি

অতএব উক্ত নমুনা মৃত্তিকার একক ওজন (সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত অবস্থায়)

$\gamma_{sat} = \frac{২০০০ + ৯১}{১}$

$= ২০৯১$ কেজি/মিটার^৩

উত্তর ঃ $\gamma_d = ১৭৩৯.১৩$ কেজি/মিটার^৩ $\gamma_z = ১৯১৩.২৩$ কেজি/মিটার^৩ এবং $\gamma_{sat} = ২০৯১$ কেজি/মিটার^৩

উদাহরণ-৬। চাঁদপুরের জলাঞ্চলে সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত নমুনা কাদা মৃত্তিকায় জলীয়াংশের পরিমাণ ৪০০%। যদি উক্ত মৃত্তি [বাকাশিবো-২০

G_s = ২.৫ হয় তবে γ_{sat}, e ও n এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরি, নমুনা মত্তিকার আয়তন ১ মিটার^৩

দেয়া আছে, $\omega(\%) = ৪০০\%$

অর্থাৎ $\frac{W_w}{W_s} = ৪$

বা, $W_w = ৪W_s$

কঠিনাংশের আয়তন $V_s = \frac{W_s}{২.৫ \times ১০০০} = \frac{W_s}{২৫০০}$

পানির আয়তন $V_w = \frac{৪W_s}{১০০০}$

যেহেতু নমুনা সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত, তাই $V_w = V_v$

অতএব মোট আয়তন $V = V_s + V_w = ১$

বা, $\frac{W_s}{২৫০০} + \frac{৪W_s}{১০০০} = ১$

বা, $\frac{২২W_s}{৫০০০} = ১$

$\therefore W_s = ২২৭.২৭$ কেজি

কঠিনাংশের আয়তন $W_s = \frac{২২৭.২৭}{২৫০০} = ০.০৯১$ মিটার^৩

জলীয়াংশের ওজন $W_w = ৪W_s$

$= ৯০৯.০৮$ কেজি

জলীয়াংশের আয়তন $V_w = \frac{৯০৯.০৮}{১০০০}$

$= ০.৯০৯$ মিটার^৩

সম্পৃক্ত একক ওজন $\gamma_{sat} = \frac{W}{V}$

$$= \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v} = \frac{২২৭.২৭ + ৯০৯.০৮}{০.০৯১ + ০.৯০৯}$$

$$= ১১৩৬.৩৬ \text{ কেজি / মিটার}^৩$$

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{V_v}{V} = \frac{০.৯০৯}{০.০৯১}$

$$= 9.99$$

পরোসিটি, $n(\%) = \frac{০.৯০৯}{১} \times ১০০ = ৯০.৯\%$

উত্তর ঃ γ_{sat} 1136.36 কেজি/মিটার^৩, e = ৯.৯৯ এবং n% = ৯০.৯%

বিকল্প পদ্ধতি ঃ

আমরা জানি, ভয়েড রেশিও, $e = \frac{\omega G}{S_r}$ [সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত, $S_r = ১$]

$$= \frac{৪ \times ২.৫}{১} = ১০$$

আমরা জানি, পরোসিটি, $n = \frac{e}{১ + e} = \frac{১০}{১ + ১০} = ০.৯০৯$

$$\therefore n\% = ০.৯০৯ \times ১০০ = ৯০.৯$$

আমরা জানি, সম্পৃক্ত একক ওজন, $\gamma_{sat} = \frac{(G + e)\, g_w}{১ + e}$

$$= \frac{(২.৫ + ১০)\, ১০০০}{১ + ১০}$$

$$= ১১৩৬.৩৬ \text{ কেজি / মিটার}^৩$$

উত্তর ঃ e = ০.৯০৯, n% = ৯০.৯%, γ_{sat} =১১৩৬.৩৬ কেজি/মিটার^৩

উদাহরণ-৭। ১৫% জলীয় অংশে সম্পন্ন একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার ভিজা একক ওজন ২৫ কিলো নিউটন/ঘনমিটার। যদি কঠিনাংশের আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৬ হয়, তবে (ক) শুষ্ক একক ওজন, (খ) ভয়েড রেশিও এবং গ) সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ আমরা জানি,

(ক) শুষ্ক একক ওজন $\gamma_d = \frac{g}{1 + w} = \frac{25}{1 + 0.15} = 21.739$ কি.নি./মি^{৩}

(খ) $1 + e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} = \frac{২.৬৬ \times ১০}{২১.৭৩৯} = ১.২২$

অতএব ভয়েড রেশিও, e = 0.22

(গ) সম্পৃক্ততার মাত্রা $S_r = \frac{\omega G}{e} = \frac{০.১৫ \times ২.৬৬}{০.২২} = ১.৭৮$

অতএব, $S_r\% = ১৭৮\%$

উত্তর ঃ γ_d = ২১.৭৩৯ কি.নি./মি^{৩}, e = ১.৭৮, $S_r\%$ = ১৭৮%

উদাহরণ-৮। ৪০% পরোসিটি সম্পন্ন একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৫। এর (ক) ভয়েড রেশিও (খ) শুষ্ক একক ওজন (গ) ৪০% সম্পৃক্ত অবস্থায় একক ওজন (ঘ) সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত অবস্থায় একক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, $n = 40\%$ এবং $G = 2.65$

আমরা জানি,

(খ) ভয়েড রেশিও, $e = \frac{n}{1-n}$

$= \frac{0.4}{1-4.4} = 0.67$

(খ) শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$

$= \frac{2.65 \times 1}{1+0.67}$

$= 1.59$ গ্রাম/ঘনসেমি

(ঘ) ভয়েড রেশিও, $e = \frac{\omega G}{S_r}$

দেওয়া আছে,

$S_r = 40\% = 0.40$

$\therefore \omega = \frac{e.S_r}{G}$

$= \frac{0.67 \times 0.40}{2.65}$

$= 0.10$

40% সম্পৃক্ত অবস্থায় একক ওজন–

$\gamma = \gamma_d (১ + \omega)$

$= 1.59 (1 + 0.10)$

$= 1.75$ গ্রাম/ঘনসেমি

যাচাই ঃ

$\gamma = \gamma_w \frac{(G + e.S_r)}{1+e}$

$= 1 \frac{2.65 + 0.67 \times .40}{1+0.67}$

$= 1.75$ গ্রাম/ঘনসেমি

(ঘ) $S_r = 1$, সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত

অতএব, $\omega = \frac{0.67 \times 1}{2.65}$

$= 0.253$

$\gamma_{sat} = \gamma_d (1 + \omega)$

$= 1.59 (1 + 0.253)$

$= 1.99$ গ্রাম/ঘনসেমি

$\omega = \frac{S_r e}{G}$ ২.২৮

$\gamma_{sat} = [G(১ - n) + n] \gamma_w$ ২.২৫

$\gamma_{sat} = \frac{(G+e)\gamma_w}{1+e}$ $[S_r = 1]$

যাচাই ঃ

$\gamma_{sat} = G\gamma_w (1 - n) + n\gamma_w$

$= 2.65 \times (1 - 0.4) + 0.4 \times 1$

$= 1.99$ গ্রাম/ঘনসেমি (সঠিক)

উত্তর ঃ $e = 0.67$, $\gamma_d = 1.59$ গ্রাম/ঘনসেমি, $\gamma_{40\%} = 1.75$ গ্রাম/ঘনসেমি, $\gamma_{sat} = 1.99$ গ্রাম/ঘনসেমি

উদাহরণ-৯। 12% পানি ধারণ মাত্রার দৃঢ় করা মাটির বাঁধ হতে কোর কাটারের সাহায্যে নমুনা মাটি সংগ্রহ করা হল। কাটারটির ওজন 1280 গ্রাম এবং নমুনা মাটি পূর্ণ কাটারের ওজন 2190 গ্রাম। যদি কাটারের আয়তন 1000 ঘনসেমি হয় তাহলে বাল্ক একক ওজন, শুকনো একক ওজন, সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর। বর্ষাকালে মাটি সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত হওয়ার পর পানি ধারণ মাত্রা, সম্পৃক্ত একক ওজন কত হবে? উক্ত মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2,65 এবং সম্পৃক্ততায় এর আয়তনের পরিবর্তন ঘটে না।

সমাধান: কোর কাটারের ওজন 1280 গ্রাম

নমুনাটির ওজন = 2190 − 1280 = 1910 গ্রাম

বাল্ক একক ওজন, $\gamma = \frac{W}{V} = \frac{1910}{1000} = 1.91$ গ্রাম/ঘনসেমি

শুষ্ক একক ওজন $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

$= \frac{1.91}{1+0.12} = 1.705$ গ্রাম/ঘনসেমি

আমরা জানি,

ভয়েড রেশিও $e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} = \frac{2.65 \times 1}{1.705} - 1 = 0.554$

সম্পৃক্ততার মাত্রা, $S_r = \frac{\omega G}{e} = \frac{0.12 \times 2.65}{0.554}$

$= 0.574$

$\therefore S_r = 57.4\%$

সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত অবস্থায় যেহেতু আয়তন অপরিবর্তিত, তাই ভয়েড রেশিও অপরিবর্তিত।

এখন $e = \omega G$

বা, $\omega = \frac{e}{G} = \frac{0.554}{2.65} = 0.21$

অতএব, $\omega = 21\%$

$\gamma_{sat} = \frac{G+e}{1+e}\gamma_w = \frac{2.65+0.554}{1+0.554} \times 1$

$= 2.06$ গ্রাম/ঘনসেমি.

উত্তর : $\gamma = 1.91$ গ্রাম/ঘনসেমি, $\gamma_d = 1.705$ গ্রাম/ঘনসেমি, $S_r(\%) = 57.4\%$

উদাহরণ-১০। 40% সচ্ছিদ্রতা সম্পন্ন বালির স্তর হতে 1000 ঘনসেমি মোল্ডকে আলগাভাবে 1600 গ্রাম বালিতে পূর্ণ করা যায় কিন্তু উক্ত মোল্ডকে ভালভাবে কমপেক্ট করে পূর্ণ করতে 1970 গ্রাম বালি লাগে। যদি উক্ত বালির আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.80 হয় তবে ডেনসিটি ইনডেক্স নির্ণয় কর।

সমাধান: দেওয়া আছে, $n = 40\% = 0.4$

আমরা জানি, ভয়েড রেশিও, $e = \frac{n}{1-n} = \frac{0.8}{1-0.8}$

$= 0.67$

γ_d (ন্যূনতম) $= \frac{1600}{1000} = 1.6$ গ্রাম/ঘনসেমি

γ_d (বৃহত্তম) $= \frac{1970}{1000} = 1.97$ গ্রাম/ঘনসেমি

e (ন্যূনতম) $= \frac{\gamma_w G}{\gamma_d \text{ (বৃহত্তম)}} - 1 = \frac{1 \times 2.80}{1.97} - 1$

$= 0.42$

$$e\ (\text{বৃহত্তম}) = \frac{\gamma_w G}{\gamma_d\ (\text{ন্যূনতম})} - 1 = \frac{1 \times 2.80}{1.6} - 1$$

$$\text{ডেনসিটি ইনডেক্স, } I_D = \frac{e\ (\text{বৃহত্তম}) - e}{e\ (\text{বৃহত্তম}) - e\ (\text{ন্যূনতম})}$$

$$= \frac{0.75 - 0.67}{0.75 - 0.42}$$

$$= \frac{0.08}{0.33}$$

$$= 0.24$$

উত্তর ঃ ডেনসিটি ইনডেক্স, $I_D = 0.24$

উদাহরণ-১১। যথার্থ গোলকদানার সুবিন্যস্ত বালির সর্বাধিক সম্ভাব্য ভয়েড রেশিও নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ গোলকদানাগুলোকে ঘনাকারে শ্রেণিবদ্ধ করে সাজিয়ে রাখলে সর্বাধিক সম্ভাব্য ভয়েডে থাকবে।

ধরি, d ব্যাসের গোলকদানার মৃত্তিকার একটি একক ঘনক।

তখন একটি গোলকদানার আয়তন $= \frac{1}{6}\pi d^3$

যদি ঘনক পাত্রের আয়তন হয়—

$1 \times 1 \times 1 = 1$ ঘন একক।

তবে পাত্রে বৃত্তিকার গোলাকার দানার সংখ্যা হবে—

$$\frac{1}{d} \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{1}{d} = \frac{1}{d^3}$$

উক্ত দানাগুলোর মোট আয়তন (V_s) হবে—

$$\frac{1}{6}\pi d^3 \cdot \frac{1}{d^3} = \frac{\pi}{6}$$

অতএব, ফাঁকা অংশের আয়তন (V_v) হবে—

$$1 - \frac{\pi}{d} = \frac{6-\pi}{6}$$

$$\text{এখন ভয়েড রেশিও, } e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{\frac{6-\pi}{6}}{\frac{\pi}{6}}$$

$$= \frac{6-\pi}{6} \times \frac{6}{\pi}$$

$$= 0.91$$

$$\text{পরোসিটি, } n = \frac{e}{1+e} = \frac{0.91}{1+0.91}$$

$$= 0.48$$

$\therefore n = 48\%$

উত্তর ঃ $e = 0.91$

উদাহরণ-১২। ১.৬৮ আপেক্ষিক গুরুত্বের অক্ষত মাটির নমুনার আয়তন ১১০ ঘনসেমি এবং ওজন ২০৯ গ্রাম। চুল্লিতে ২৪ ঘন্টা শুকানোর পর উক্ত নমুনা মাটির ওজন ১৭৬ গ্রাম পাওয়া গেল। এর পানি ধারণ মাত্রা, ভয়েড রেশিও ও সম্পৃক্ততার হার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

পানির ওজন, $W_w = 209 - 176 = 33$ গ্রাম।

পানি ধারণ মাত্রা $\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{33}{176} = 0.19075$

$= 0.191$

$\therefore \omega(\%) = 0.191 \times 100 = 19.1\%$

একক ওজন, $\gamma = \frac{W}{V} = \frac{209}{110} = 1.9$ গ্রাম/ঘনসেমি

শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} = \frac{1.9}{1+w} = \frac{1.9}{1+0.191}$

$= 1.60$ গ্রাম/ঘনসেমি

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2.68 \times 1}{1.60} - 1$

$= 0.675$

সম্পৃক্ততার মাত্রা, $S_r = \frac{\omega G}{e} = \frac{0.191 \times 2.68}{0.675}$

$= 0.76$

অতএব, $S_r(\%) = 0.76 \times 100 = 76\%$

উত্তর ঃ $\omega(\%) = 0.191$, $e = 0.675$, $S_r(\%) = 76\%$

উদাহরণ-১৩। এক খণ্ড নমুনা মৃত্তিকার ভর আপেক্ষিক গুরুত্ব (এপারেন্ট বা বাল্ক আপেক্ষিক গুরুত্ব) ১.৬৫ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭০ হলে প্রকৃত শুষ্ক অবস্থায় উক্ত মাটির ভয়েড রেশিও কত হবে এবং ৮% পানি ধারণ মাত্রায় ভয়েড রেশিও কত হবে?

সমাধান ঃ যখন শুষ্ক অবস্থায়–

ভর আপেক্ষিক গুরুত্ব $G_m = \frac{\gamma_d}{\gamma_w} = 1.65$

$\therefore \gamma_d = G_m\gamma_w$

$= 1.65 \times 1$

$= 1.65$ গ্রাম/ঘনসেমি

এখন ভয়েড রেশিও, $e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} - = \frac{2.70 \times 1}{1.65} - 1$

$= 0.64$

যখন নমুনা 8% পানি ধারণ মাত্রায়–

$G_m = 1.65$, $\omega = 8\% = 0.08$

$\therefore G_m = \frac{\gamma}{\gamma_w} = 1.65$

$\therefore \gamma = 1.65$ গ্রাম/ঘনসেমি

$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} = \frac{1.65}{1+0.08}$

$= 1.53$ গ্রাম/ঘনসেমি

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$= \frac{2.70 \times 1}{1.53} - 1$

$= 0.76$

উত্তর ঃ $e_{(শুষ্ক)} = 0.64$, $e_{(8\% পানি)} = 0.76$

উদাহরণ-১৪। একখণ্ড নমুনা মাটির প্রতি ঘনসেমি এর মোট একক ওজন (Bulk unite Weight) ২.০৫ গ্রাম এবং পানি ধারণ মাত্রা ১৫%। ভয়েড রেশিও অপরিবর্তিত রেখে আংশিক শুকালে এর প্রতি ঘনসেমির ওজন ১.৯৭ গ্রাম হলে পানি ধারণ মাত্রার মাত্রা কত?

সমাধান ঃ শুকানোর পূর্বে–

শুষ্ক ওজন, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

$= \frac{2.06}{1+0.15}$

$= 1.785$ গ্রাম/ঘনসেমি

যেহেতু, ভয়েড রেশিও অপরিবর্তিত অবস্থায় শুকানো তাই V ও γ_d

অপরিবর্তিত থাকবে–

অতএব, $\gamma = \gamma_d(1+\omega)$

বা, $(1+\omega) = \frac{\gamma}{\gamma_d}$

বা, $\omega = \frac{1.97}{1.785} - 1$

$\therefore \omega = 0.104$

$\therefore \omega = 10.4\%$

উত্তর ঃ $\omega(\%) = 10.4\%$

উদাহরণ-১৫। যদি কোয়ার্টজ, মাইকা ও আয়রন অক্সাইড এর গড় আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে ২.৬৬, ৩.০০ ও ৩.৮০ হয় তবে (ক) বিশুদ্ধ কোয়ার্টজ এ গঠিত ৬৩% ভয়েড রেশিও সম্পন্ন কোয়ার্টজ মৃত্তিকার সম্পৃক্ত একক ওজন কত হবে? (খ) ৬০% কোয়ার্টজ, ২০% মাইকা ও ২০% আয়রন অক্সাইডে গঠিত উক্ত ভয়েড রেশিও এর সম্পৃক্ত মৃত্তিকার একক ওজন ও গড় আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

(ক) বিশুদ্ধ কোয়ার্টজ এ গঠিত মাটির সম্পৃক্ত একক ওজন

$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w(G+e)}{1+e}$

$= \frac{1(2.66+0.63)}{1+0.63}$

$= 2.02$ গ্রাম/ঘনসেমি

(খ) মিশ্রিত মাটির গড় আপেক্ষিক গুরুত্ব,

G গড় $= 2.66 \times 0.60 + 3.00 \times .20 + 3.80 \times .20$

$= 1.60 + 0.60 + 0.76$

$= 2.96$

মিশ্রিত মাটির সম্পৃক্ত একক ওজন,

$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w(G+e)}{1+e}$

$= \frac{1(2.96+0.63)}{1+0.63}$

$= 2.2$ গ্রাম/ঘনসেমি

উত্তর ঃ $\gamma_{sat} = 2.02$ গ্রাম/ঘনসেমি, G গড় = 2.96

উদাহরণ-১৬। প্রাকৃতিক অবস্থানে ৮% পানি ধারণ মাত্রা সম্পন্ন এক ঘনসেন্টিমিটার নমুনা মাটির ওজন ১.৮৪ গ্রাম। উক্ত মাটির পানি ধারণ মাত্রা ১৫% এ উন্নীত করতে প্রতি ঘনমিটার নমুনা মাটিতে কী পরিমাণ পানি মিশাতে হবে? আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৮% এবং এমতাবস্থায় ভয়েড রেশিও অপরিবর্তিত থাকলে সম্পৃক্ততার মাত্রা কত হবে?

সমাধান: প্রশ্নানুসারে $\gamma = 1.84$ এবং $\omega = 8\%$

অতএব শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \dfrac{\gamma}{1+\omega}$

$= \dfrac{1.84}{1+0.08}$

$= 1.70$ গ্রাম/ঘনসেমি

1 ঘনমিটার, $= (100)^3$ ঘনসেমি

$= (10)^6$ ঘনসেমি

1 ঘনমিটার নমুনা মাটির শুষ্ক ওজন $= 1.70 \times (10)^6$ গ্রাম

8% পানি ধারণ মাত্রায় পানির ওজন $= 0.08 \times 1.70 \times (10)^6$ গ্রাম

$= 13.60 \times (10)^4$ গ্রাম

পানির আয়তন $= \dfrac{13.60 \times (10)^4}{1} = 13.60 \times (10)^4$ ঘনসেমি

যখন পানি ধারণ মাত্রা 15% হবে

তখন পানির ওজন হবে, $0.15 \times 1.70 \times (10)^6$ গ্রাম

$= 25.50 \times (10)^4$ গ্রাম

পানির আয়তন হবে, $25.50 \times (10)^4$ ঘনসেমি

পানি ধারণ মাত্রা 8% হতে 15% এ উন্নীত করতে

অতিরিক্ত পানির পরিমাণ $= 25.50 \times (10)^4 - 13.60 \times (10)^4$

$= 11.90 \times (10)^4$ ঘনসেমি

$= 119$ লিটার

ভয়েড রেশিও, $e = \dfrac{G\gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$= \dfrac{2.68 \times 1}{1.70} - 1$

$= 1.58 - 1$

$= 0.58$

পানি মিশানোর পর ও ভয়েড রেশিও অপরিবর্তিত

$\therefore S_r = \dfrac{\omega G}{e} = \dfrac{.15 \times 2.68}{0.58}$

$= 0.693$

$\therefore S_r(\%) = 69.3\%$

উত্তর : 119 লিটার, $S_r(\%) = 693\%$

উদাহরণ-১৭। নমুনা মাটির সম্পূর্ণ শুষ্ক একটি 2 সেন্টিমিটার ঘনকের ওজন 13.75 গ্রাম অপরিবর্তিত আয়তনের ঘনকটিকে সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত অবস্থায় ওজন নিলে 16.875 গ্রাম পাওয়া যায়। নমুনাটির ভয়েড রেশিও ও আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

সমাধান: ঘনকটির আয়তন $= 2 \times 2 \times 2 = 8$ ঘনসেমি

সম্পৃক্ত অবস্থায় ঘনকটিতে পানির পরিমাণ $= 16.875 - 13.75$

$= 3.125$ গ্রাম

$\therefore$ ঘনকটিতে ভয়েডের আয়তন $= 3.125$ ঘনসেমি

মৃত্তিকা কণার আয়তন $= 8 - 3.125$

$= 4.875$ ঘনসেমি

আপেক্ষিক গুরুত্ব $G = \frac{\text{শুষ্ক ওজন}}{\text{মৃত্তিকা কণার আয়তন}} \div \gamma_w$

$= \frac{13.75}{4.875} \div 1$

$= 2.82$

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{\text{ভয়েডের আয়তন}}{\text{মাটি কণার আয়তন}}$

$= \frac{3.125}{4.875}$

$= 0.64$

উত্তর : $e = 0.64$ $G = 2.82$

উদাহরণ-১৮। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব 1.98 gm/cm³ ও পানির হার 25% শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে।

[বাকাশিবো-২০০২, ১০]

সমাধান : ধরে নেই, কঠিনাংশের ওজন W_s এবং এতে পানির ওজন W_w।

এখন $\frac{25}{100} = \frac{W_w}{W_s}$

$\therefore .25\ W_s = W_w$

মোট ওজন $= W_s + .25W_s = 1.98$

$\therefore W_s = \frac{1.98}{1.25} = 1.584$

নির্ণেয় শুষ্ক ঘনত্ব = ১.৫৮৪ gm/cm³ (যদি শুষ্ককরণ কালে আয়তনের পরিবর্তন না ঘটে)

উত্তর : 1.584gm/cm³

বিকল্প নিয়মে–

আমরা জানি, শুষ্ক ঘনত্ব, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega} = \frac{১.৯৮}{১ + .২৫} = 1.584$ gm/cm³

উত্তর : $\gamma_d =$ ১.৫৮৪ gm/cm³

উদাহরণ-১৯। একটি মৃত্তিকা নমুনার জলীয় অংশ 15% এবং আয়তনিক একক ওজন 2000 kg/m³ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.65 হলে γ_d, e, n, S_r এবং a_c এর মান নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০১২]

সমাধান : আমরা জানি,

শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

$= \frac{2000}{1+0.15}$

$= 1739.13$ kg/m³

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$= \frac{2.65 \times 1000}{1739.13} - 1$

$= 0.52375$

পরোসিটি, $n = \frac{e}{1+e}$

$= \frac{0.52375}{1+0.52375}$

$= 0.344$

সম্পৃক্ততার মাত্রা, $S_r(\%) = \frac{G_w}{e} \times 100$

$= \frac{0.15 \times 2.65 \times 100}{0.52375}$

$= 75.90\%$

এয়ার কনটেন্ট, $a_c = 1 - S_r$

$= 1 - .759$

$= 0.241$

উত্তর ঃ $\gamma_d = 1739.13\ kg/m^3$, $e = 0.52375$, $n = 0.344$, $S_r(\%) = 75.90\%$, $a_c = 0.241$

উদাহরণ-২০। একটি মাটির নমুনার ওজন ৬৩৩ gm, আয়তন ৩০০ cm^3 এবং জলীয় অংশের পরিমাণ ১১%, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৮ হলে ভয়েড রেশিও, সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর। সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত অবস্থায় নমুনামাটির জলীয় অংশের পরিমাণই বা কত হবে, যখন আয়তন অপরিবর্তনীয়। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

সমাধান ঃ ধরি, কঠিনাংশের ওজন = W_s gm

অতএব, $W_w = \frac{11}{100} W_s$

বা, $W_w = 0.11 Ws$

এখন $0.11 W_s + W_s = 633$

$\therefore W_s = \frac{633}{1.11} = 570.27$

$W_w = 0.11 \times 570.27$

$= 62.73$ গ্রাম

আমরা জানি, $W_s = V_s . G_s \gamma_w$

$\therefore V_s = \frac{570.27}{2.68 \times 1} = 212.79\ cm^3$

$V_w = 62.73\ cm^3$

অতএব, $V_a = 300 - (212.79 + 62.73)$

$= 24.48\ cm^3$

এবং $V_v = 24.48 + 62.73$

$= 87.21\ cm^3$

এবার ভয়েড রেশিও $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{87.21}{212.79} = 0.41$

সম্পৃক্ততার মাত্রা, $Sr(\%) = \frac{V_w \times 100}{V_v} = \frac{62.73 \times 100}{81.21} = 77.25\%$

সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত অবস্থায় জলীয়াংশের পরিমাণ $= \frac{87.21 \times 100}{570.27} = 15.30\%$

উত্তর ঃ $e = 0.41$, $S_r(\%) = 77.25\%$, জলীয়াংশের পরিমাণ = 15.30%

উদাহরণ-২১। একটি মৃত্তিকা নমুনার জলীয় অংশ 10% এবং ভিজা অবস্থায় একক ওজন $20 KN/m^3$। যদি কঠিন অংশের আঃ গুঃ 2.7 হয় তবে শুষ্ক একক ওজন, ভয়েড রেশিও এবং সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০]

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,
$\omega = 10\% = .10$
$G_s = 2.7$
$\gamma = 25\ kN/m^3$
$\gamma_d = ?$
$e = ?$
$S_r = ?$

আমরা জানি,

শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

$= \frac{20}{1+.10}$

$\therefore \gamma_d = 18.18\ KN/m^3$

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$= \frac{2.7 \times 9.8}{18.18} - 1$

$= 1.47$

সম্পৃক্ততার মাত্রা, $S_r = \frac{G_s\omega}{e} = \frac{2.7 \times .10}{1.47} = 0.184$

$\therefore S_r(\%) = .184 \times 100 = 18.4\%$

উত্তর ঃ $\gamma_d = 18.18\ KN/m^3$, $e = 1.47$, $S_r(\%) = 18.4\%$

উদাহরণ-২২। সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত 150 gm মৃত্তিকা নমুনার আয়তন $80\ cm^3$ উহাকে চুল্লিতে শুকানোর পর আয়তনের কোন পরিবর্তন ছাড়া 120 gm পাওয়া গেল। ঐ মৃত্তিকার নির্ণয় কর— [বাকাশিবো-২০০২]

(ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব; (খ) ভয়েড রেশিও; (গ) পোরোসিটি; (ঘ) শুষ্ক একক ওজন।

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,
$W_s = 150\ gm$
$W_d = 120\ gm$
পানির পরিমাণ
$W_w = 150 - 120$
$= 30\ gm$
$V = 80\ cm^3$
$S_r = 1$

আমরা জানি,

জলীয় অংশ $\omega = \frac{W_w}{W_d} = \frac{30}{120} = 0.25$

$\therefore \omega(\%) = 0.25 \times 100 = 25\%$

(ঘ) শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{W_d}{V} = \frac{120}{80} = 1.5\ gm/cm^3$

(ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব $G_s = \frac{\gamma_d(1+\omega)}{\gamma_w} = \frac{1.5(1+.25)}{1}$

$= 1.875$

(খ) ভয়েড রেশিও $e = \frac{\omega G_s}{S_r} = \frac{.25 \times 1.875}{1}$

$\therefore e = 0.469$

(গ) পোরোসিটি $n = \frac{e}{1+e} = \frac{0.469}{1+0.469}$

$\therefore n = 0.319$

উত্তর ঃ $G = 1.875$, $e = 0.469$, $\gamma_d = 1.5\ gm/cm^3$, $n = 0.319$

উদাহরণ-২৩। একটি মৃত্তিকা নমুনার আয়তন 0.001 m3 এবং প্রাকৃতিক অবস্থায় ওজন 1.75 kg, সম্পৃক্ততার মাত্রা 61.4%। নমুনাটিকে 100°C তাপমাত্রায় শুকানোর পর পাওয়া গেল 1.45 kg। নমুনাটি void ratio, porosity, dry density, saturated unit weight এবং water content বাহির কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৫]

সমাধান :

আমরা জানি,

দেওয়া আছে,
$V = 0.001\ m^3$
$W = 1.75$ kg
$S_r = 61.4\% = 0.614$
$W_s = 1.45$ kg
$W_w = W - Ws$
$= 1.75 - 1.45$
$= .30$ kg
ধরি, $G_s = 2.65$
$e = ?$
$n = ?$
$\gamma_d = ?$
$\gamma_{sat} = ?$
$\omega\% = ?$

জলীয়াংশ $\omega\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$

$= \frac{.30}{1.45} \times 100$

$= 20.7\%$

শুষ্ক একক, $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

$= \frac{1.45}{.001}$

$= 1450\ kg/m^3$

পানির আয়তন (Volume of water) $V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{.30}{1000}$

$= 3 \times 10^{-4}\ m^3$

কঠিনাংশের আয়তন (Volume of solid) $V_s = \frac{W_s}{\gamma_\omega G_s} = \frac{1.45}{100° \times 2.65}$

$= 5.47 \times 10^{-4}\ m^3$

ফাঁকা অংশের আয়তন, $V_v = 0.001 - (3 \times 10^{-4} + 5.47 \times 10^{-4})$

$= 1.52 \times 10^{-4}\ m^3$

ভয়েড রেশিও $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1.52 \times 10^{-4}}{5.47 \times 10^{-4}} = 0.278$ **Ans.**

পরোসিটি, $n = \frac{e}{1+e} = \frac{0.278}{1+0.278}$

$\therefore n = 0.217$ Ans.

সম্পৃক্ত একক ওজন, $\gamma_{sat} = \frac{(G_s + S_r.e)\gamma_\omega}{1+e}$

$= \frac{(2.65 + 0.614 \times .278) \times 1000}{1 + .278}$

$= 2207.11\ kg/m^3$

উত্তর : $e = 0.278$, $n = 0.217$, $\gamma_d = 1440\ kg/m^3$, $\gamma_{sat} = 2207.11\ kg/m^3$, $\omega\% = 20.7\%$

উদাহরণ-২৪। এক খণ্ড মৃত্তিকা নমুনায় শতকরা অংশের পরিমাণ 30% এবং $G_s = 2.65$ উক্ত নমুনার আয়তন এবং ওজন যথাক্রমে 500 cc এবং 750 gm হলে বের কর– [বাকাশিবো-২০০৪]

(ক) ভিজা একক ওজন; (খ) শুষ্ক একক ওজন; (গ) ভয়েড রেশিও; (ঘ) পরোসিটি; (ঙ) সম্পৃক্ততার মাত্রা।

সমাধান :

আমরা জানি,

দেওয়া আছে,
$\omega\% = 30\%$
$G_s = 2.65$
$V = 500$ cc
$W_{Net} = 750$ gm
$\gamma = ?$
$\gamma_d = ?$
$e = ?$
$n = ?$
$S_r = ?$

(ক) ভিজা একক ওজন (Wet unit wieght) $\gamma_{Net} = \frac{W_{wet}}{V} = \frac{750}{500}$

$= 1.5$ gm/cc

(খ) শুষ্ক একক ওজন (Dry density) $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

$= \frac{1.5}{1 + .30}$

$= 1.15$ gm/cc

(গ) ভয়েড রেশিও (Void ratio) $e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$= \frac{2.65 \times 1}{1.15} - 1$

$= 1.3$

(ঘ) পরোসিটি (Porosity) $n = \frac{e}{1+e} = \frac{1.3}{1+1.3} = .567$ **Ans.**

(ঙ) সম্পৃক্ততার মাত্রা (Degree of saturation) $S_r = \frac{G_s \omega}{e}$

$= \frac{2.65 \times .3}{1.3}$

$= 0.61$

$\therefore S_r (\%) = 0.61 \times 100 = 61\%$

উত্তর : $\gamma_{wet} = 1.5$ kg/cc, $\gamma_d = 1.15$gm/cc, $e = 1.3$, $n = 0.567$

উদাহরণ-২৫। একটি সম্পৃক্ত কাদামাটির নমুনার ভয়েড রেশিও ২.৫। এটির জলীয় অংশের পরিমাণ এবং শুষ্ক একক ওজন বের কর। আঃগুঃ ২.৬ [বাকাশিবো-২০০৬]

সমাধান :

দেওয়া আছে,
$e = 2.5$
$G_s = 2.6$
$\omega = ?$
$\gamma_d = ?$
$S_r = 1$

আমরা জানি,

$S_r e = G_s \omega$

$\because \omega = \frac{Sr.e}{G_s} = \frac{1 \times 2.5}{2.6} = 0.96\%$

$\therefore \omega (\%) = 0.96 \times 100 = 96\%$

শুষ্ক একক ওজন, $\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1+e}$

$= \frac{2.6 \times 1000}{1+2.5}$

$= 742.85$ kg/m^3

উত্তর : $\omega\% = 96\%$, $\gamma_d = 742.85$ gm/m^3

উদাহরণ-২৬। একটি মৃত্তিকা নমুনার জলীয় অংশ 15%, আয়তনিক একক ওজন 1800 kg/m^3 এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.7 হলে γ_d, e, n, S_r এবং a_c এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

সমাধান :

দেওয়া আছে,
$\omega = 15\%$
$\gamma = 1800$ kg/m^3
$G_s = 2.7$
$\gamma_d = ?$
$e = ?$
$n = ?$
$S_r = ?$
$a_c = ?$

আমরা জানি,

শুষ্ক একক ওজন $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega} = \frac{1800}{1+.15}$

$= 1565.2$ kg/m^3

ভয়েড রেশিও, $e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$= \frac{2.7 \times 1000}{1565.2} - 1$

$= 0.725$

পরোসিটি, $n = \frac{e}{1+e} = \frac{.725}{1+.725} = .42$

সম্পৃক্ততার মাত্রা, $S_r = \frac{G_s \omega}{e} = \frac{2.7 \times .15}{.725} = .558$

$\therefore S_r (\%) = 55.8\%$

এয়ার কনটেন্ট, $a_c = 1 - S_r = 1 - 0.558 = 0.442$

উত্তর : $\gamma_d = 1565.2$ kg/m^3, $e = 0.725$, $n = 0.42$, $S_r (\%) = 55.8\%$, $a_c = 0.442$

উদাহরণ-২৭। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত 140 gm নমুনা মৃত্তিকার আয়তন 65 cm^3 ঐ নমুনাকে চুল্লিতে শুকানোর পর অবিকল আয়তনে শুষ্ক অবস্থায় 114 gm পাওয়া গেল। ঐ মৃত্তিকার (ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব, (খ) ভয়েড রেশিও; (গ) পরোসিটি; (ঘ) শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

সমাধান

আমরা জানি,

(ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity)

$$G_s = \frac{\gamma_d(1+\omega)}{\gamma_w} = \frac{1.75(1+.228)}{1} = 2.15$$

(খ) Vold Ratio (ভয়েড রেশিও) $e = \frac{G_s\gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$$= \frac{2.15 \times 1}{1.75} - 1$$

$$= 0.228$$

(গ) Porosity (পরোসিটি) $n = \frac{e}{1+e}$

$$= \frac{.228}{1+.228}$$

$$= 0.186$$

(ঘ) Dry unit weight (শুষ্ক একক ওজন)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{114}{65} = 1.75 \text{ gm/cc Ans.}$$

দেওয়া আছে,

$W = 140$ gm

$V = 65$ cm^3

$W_s = 114$ gm

$W_w = 140 - 114$

$= 26$ gm

Water content

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$= \frac{26}{114} \times 100$$

$$= 22.8\%$$

$G_s = ?$

$e = ?$

$n = ?$

$\gamma_d = ?$

উত্তর : $G = 2.15$, $e = 0.228$, $n = 0.186$, $\gamma_d = 1.75$gm/cc

উদাহরণ-২৮। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব 1.98 gm/cm^3 পানির হার 25% হলে শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে। [বাকাশিবো-২০০২]

সমাধান

আমরা জানি,

শুষ্ক ঘনত্ব $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

$$= \frac{1.980}{1+0.25}$$

$$= 1.584 \text{ gm/cm}^3$$

দেওয়া আছে,

$\gamma = 1.98$ gm/cm^3

$\omega = 25\% = 0.25$

$\gamma_d = ?$

উত্তর : $\gamma_d = 1.584$ gm/cc.

উদাহরণ-২৯। একটি নমুনা মৃত্তিকার সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ভয়েড রেশিও যথাক্রমে .85 ও .25, যখন এর ভয়েড রেশিও .40 তখন ঘনত্ব সূচকের মান কত হবে? [বাকাশিবো-২০০২]

সমাধান

আমরা জানি,

ঘনত্ব সূচক, $I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} = \frac{.85 - .40}{.85 - .25}$

$= 0.75$ **Ans.**

দেওয়া আছে,

$e_{max} = .85$

$e_{min} = .25$

$e = .40$

$I_D = ?$

উত্তর : $I_D = 0.75$

উদাহরণ-৩০। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মাটি মৃত্তিকার জলীয়াংশের শতকরা হার = 45%, G_s = 2.90 হলে নমুনাটির ভয়েড রেশিও, পরোসিটি ও V_{sat} নিরূপণ কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

সমাধান ঃ ভয়েড রেশিও, $e = \frac{G_s\omega}{S_r} = \frac{2.90 \times .45}{1} = 1.305$

পরোসিটি, $n = \frac{e}{1+e} = \frac{1.305}{1+1.305} = 0.566$

সম্পৃক্ত একক ওজন, $\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{1+e} = \frac{(2.90 + 1.305) \times 1}{+1.305} = 1.82$ গ্রাম/সিসি

উত্তর ঃ e = 1.305, n = 0.566 এবং γ_{sat} = 1.82 গ্রাম/সিসি

২.৫ চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতিতে মৃত্তিকার আর্দ্রতা নিরূপণ (Oven drying method of water content determination) ঃ

মৃত্তিকার আর্দ্রতার পরিমাণ (ω%) নিরূপণে সাধারণত (ক) চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতি (Oven drying method) (খ) টরশন ব্যালেন্স পদ্ধতি (Torsion balance method) (গ) পিকনোমিটার পদ্ধতি (Pycnometer method) (ঘ) সেন্ড বাথ পদ্ধতি (sand bath method) (ঙ) অ্যালকোহল পদ্ধতি (Alcohol method) (চ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড পদ্ধতি (Calcium carbide method) (ছ) রেডিয়েশন পদ্ধতি (Radiation method) ব্যবহৃত হয়। এ সকল পদ্ধতিগুলোর মধ্যে চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতি একটি খুব সূক্ষ্ম নিখুঁত গবেষণাগার পদ্ধতি। নমুনা মৃত্তিকা সংগ্রহের সাথে সাথে তাৎক্ষণিকভাবে বায়ু ও পানিরোধী পাত্রে সংরক্ষণ করতে হয়। ০.০৪% সূক্ষ্মতার সাথে ব্যালেন্সে গবেষণাগারে দ্রুতভাবে পাত্রসহ মৃত্তিকার ওজন (পাত্রের ওজন পূর্বেই নিয়ে লিপিবদ্ধ করে রাখতে হয়) নিতে হয় যেন পরিমাপকালে নমুনার আর্দ্রতার পরিমাণ হ্রাস না পায়। নমুনার কণার আকার, গ্রেডেশন (Gradation) এবং আর্দ্রতার মাত্রার উপর পরীক্ষার জন্য কী পরিমাণ নমুনা মৃত্তিকা নিতে হবে তা নির্ভর করে। মৃত্তিকা যত কম আর্দ্র হবে পরীক্ষার জন্য নমুনার পরিমাণ তত কম নিলে চলবে। নিচে পরীক্ষার জন্য নমুনার পরিমাণের তালিকা দেয়া হল ঃ

ক্রমিক নং	৯০% অধিক অতিক্রান্ত কণার আকার	কমপক্ষে নমুনার পরিমাণ (গ্রামে)
১	৪২৫ মাইক্রোন চালনি	২৫
২	২ মি.মি. চালনি	৩০
৩	৪.৭৫ মি. মি. চালনি	২০০
৪	১০ মি.মি. চালনি	৩০০
৫	২০ মি. মি. চালনি	৫০০
৬	৪০ মি. মি. চালনি	১০০০

অধিকাংশ মৃত্তিকাই চুল্লিতে ১১০° ± ৫° সে. তাপমাত্রায় ২৪ ঘণ্টা (পাত্রসহ) শুকালে উত্তমরূপে শুকিয়ে যায়। কোন কোন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে ১১০° ± ৫° সে. তাপমাত্রার কমে সম্পূর্ণরূপে পানি বাষ্পীভূত হয় না এবং এ তাপমাত্রার অধিক হলে রাসায়নিক বন্ধন ছিন্ন করে এবং মৃত্তিকার স্ফটিকাকার গঠনে ও কণার কাঠামোগত পানিতে (Structural water) আঘাত হানে। জিপসাম সম্পন্ন মৃত্তিকা বা তৎসাদৃশ্য মৃত্তিকায় ১১০° ± ৫° সে. তাপমাত্রা বিরূপ প্রক্রিয়া সৃষ্টি করে। জৈব মৃত্তিকায় উক্ত তাপমাত্রা কোনরূপে গ্রহণযোগ্য নয়। জৈব মৃত্তিকার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা ৬০° হতে ৮০° এর মধ্যে রাখতে হয়। কেননা উচ্চ তাপমাত্রায় জিপসাম গঠনগত পানি হারায় এবং জৈব মৃত্তিকা বিশ্লিষ্ট হয়ে অক্সিজেন জারিত হয়। (যদিও ২৪ ঘণ্টা শুষ্ক করার কথা বলা হয়) মৃত্তিকাকে ততক্ষণ পর্যন্ত শুষ্ক করতে হয় যতক্ষণ পর্যন্ত তাপে এটির ওজন কমতে থাকে। একবার তাপ দিয়ে ঠাণ্ডা করে ওজন নেয়ার পর পুনরায় তাপ দিয়ে ঠাণ্ডা করলে যদি ওজনের পরিমাপে পরিবর্তন না হয় তবে ধরা হয় যে এতে কোন জলীয়াংশ বিদ্যমান নেই। জৈব মৃত্তিকা ও জিপসাম সম্পন্ন মৃত্তিকাকে ২৪ ঘণ্টার অধিক সময় চুল্লির তাপে রাখতে হতে পারে।

নিচের সমীকরণটি ব্যবহার করে মৃত্তিকার আর্দ্রতার পরিমাণ নিরূপণ করা হয় ঃ

$$\text{জলীয়াংশ } \omega(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times ১০০ = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times ১০০$$

এখানে W_1 = লিড সহ পাত্রের ওজন গ্রামে

W_2 = ভিজা মাটি ও লিডসহ পাত্রের ওজন গ্রামে

W_3 = শুষ্ক মাটি ও লিডসহ পাত্রের ওজন গ্রামে

একই নমুনা মৃত্তিকার জন্য ২টি বা ততোধিক স্পেসিমেন এর গড় ফলই গ্রহণযোগ্য।

গবেষণাগারে সাধারণত নিম্নরূপ ছকটি ব্যবহৃত হয় ঃ

নমুনা সংগৃহীত স্থানের নাম ----------			তারিখ ----------
পরীক্ষার নাম ----------			পরীক্ষক ----------
নমুনা নং			
পাত্রের নং.....			
ভিজামাটি ও লিডসহ পাত্রের ওজন = W_2 গ্রামে			
শুষ্ক মাটি ও লিডসহ পাত্রের ওজন = W_3 গ্রামে			
লিডসহ পাত্রের ওজন = W_1 গ্রামে			
পানির পরিমাণ = $(W_2 - W_3)$ গ্রামে			
শুষ্ক মাটির ওজন = $(W_3 - W_1)$ গ্রামে			
$\omega\% = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times ১০০$			
গড় = $\omega\%$			

২.৬ পিকনোমিটারের সাহায্যে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ (Specific Gravity Determination by Pycnometer) ঃ

পিকনোমিটারের সাহায্যে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ প্রক্রিয়া প্রায় সকল ধরনের মৃত্তিকার জন্যই উপযোগী। তবে নমুনা মৃত্তিকার দানাগুলোকে অবশ্যই দুই মিলিমিটার চালনিতে অতিক্রান্ত হতে হবে। এ জন্য কোন নমুনায় দুই মিলিমিটারের বড় মৃত্তিকা দানা থাকলে তা ভেঙে দিতে হবে।

এ পদ্ধতিতে নমুনা মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণের জন্য ক) কনিক্যাল ব্রাস ক্যাপ (Conical Brass Cap,) ওয়াশার (washer) ও উপরের অংশ আটকানোর স্ক্রুসহ ৯০০ মিলিলিটারের পিকনোমিটার খ) ব্যালেন্স (০.১ গ্রাম পর্যন্ত পরিমাপযোগ্য) গ) গ্লাস রড (Glass Rod) ঘ) ডিসটিল্ড ওয়াটার এর দরকার হয়।

পিকনোমিটার

চিত্র ঃ ২.৬

প্রথমেই পিকনোমিটারকে পরিষ্কার করে ধুয়ে (এটির আনুষাঙ্গিক অংশগুলোসহ) ভালভাবে শুকিয়ে নিতে হয়। এরপর এটির সকল অংশসহ নিখুঁতভাবে ওজন করতে হয়। (ধরে নিই এ ওজন W_1 গ্রাম)। ওজন নেয়ার পর এটিতে আনুমানিক ২০০ হতে ৪০০ গ্রাম নমুনা মৃত্তিকা (নমুনা মৃত্তিকা অবশ্যই চুল্লিতে উত্তমরূপে শুকানো ও ঠাণ্ডা করা হতে হবে) দিয়ে এর আনুষাঙ্গিক অংশগুলোসহ ওজন নিতে হয়। (ধরি, এ ওজন W_2 গ্রাম)। এরপর এটির অর্ধাংশ পরিমাণ ডিসটিল্ড ওয়াটার ভর্তি করে গ্লাস রডের সাহায্যে উত্তমরূপে মিশিয়ে নিয়ে এটির বাকি অংশও ডিসটিল্ড ওয়াটার দিয়ে পূর্ণ করে ভালভাবে ঝাঁকিয়ে নিতে হয়। এরপর কনিক্যাল ব্রাস ক্যাপ, ওয়াশার সঠিকভাবে স্থাপন করে আটকানোর স্ক্রুর সাহায্যে উত্তমরূপে আটকিয়ে নিতে হয় এবং ড্রপারের সাহায্যে ডিসটিল্ড ওয়াটার (কনিক্যাল ব্রাস ক্যাপের উপরের ছিদ্র পথে) দিয়ে সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ করতে হয়। এ সময় কনিক্যাল ব্রাস ক্যাপের ছিদ্রে হাতের তালুতে চাপ দিয়ে বন্ধ করে উপুড় করলে কোন বুদবুদ উঠবে না। এরপর পিকনোমিটারের বর্হিপৃষ্ঠ (আনুষাঙ্গিক অংশাদিসহ) উত্তমরূপে মুছে শুষ্ক করে নিখুঁতভাবে ওজন নিতে হয়। (ধরি, এ ওজন W_3 গ্রাম) ওজন নেয়ার পর পানি মিশ্রিত মৃত্তিকা ফেলে দিয়ে পিকনোমিটার (আনুষাঙ্গিক অংশসহ) উত্তমরূপে পরিষ্কার করে পূর্বের ন্যায় ডিসটিল ওয়াটারে পূর্ণ করতে হয় এবং নিখুঁতভাবে ওজন নিতে হয়। (ধরি, এ ওজন W_4 গ্রাম)। এরপর নিম্নের সূত্র ব্যবহার করে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব (G) নিরূপণ করা হয়।

$$G = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)}$$

একই নমুনার দু হতে চারটি স্পেসিমেনের গড় ফলাফল গ্রহণ করা হয়।

গবেষণাগারে সাধারণত নিচের ছকটি ব্যবহৃত হয় ঃ

নমুনা সংগ্রহের স্থান ----------	তারিখ ----------
নমুনা নং ----------	
পরীক্ষার নাম ----------	পরীক্ষক ----------

স্পেসিমেন নং			
পিকনোমিটার নং			
পিকনোমিটারের ওজন W_1 গ্রাম			
মৃত্তিকাসহ পিকনোমিটারের ওজন W_2 গ্রাম			
মৃত্তিকাসহ পানিভর্তি পিকনোমিটারের ওজন W_3 গ্রাম			
পানি ভর্তি পিকনোমিটারের ওজন W_4 গ্রাম			
আপেক্ষিক গুরুত্ব, $G = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)}$			
গড় আপেক্ষিক গুরুত্ব			

অনুশীলনী-২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ভয়েড রেশিও কী?** [বাকাশিবো-২০১১, ১৪]

উত্তর নমুনা মৃত্তিকার ভয়েড অংশের আয়তন (V_v) এর সাথে কঠিন অংশের আয়তনের (V_s) অনুপাতই ভয়েড রেশিও (e) অর্থাৎ $e = \frac{V_v}{V_s}$ ।

২। **পরোসিটি বা সরন্ধ্রতা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো ২০০১, ০৪, ১৪]

উত্তর নমুনা মৃত্তিকার ভয়েড অংশের আয়তনের (V_v) সহিত মোট আয়তনের (V) অনুপাতই পরোসিটি (n) অর্থাৎ $n = \frac{V_v}{V}$ ।

৩। **ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন বা সম্পৃক্ততার বা পরিপৃক্ততার মাত্রা সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো- ১৯৯৯, ০২, ০৬, ০৮, ১২, ১৩]
অথবা, সম্পৃক্ততার মাত্রা কাকে বলে?

উত্তর নমুনা মৃত্তিকার পানির আয়তনের (V_w) সাথে মোট ভয়েডের আয়তনের (V_v) অনুপাতই ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন (S_r) অর্থাৎ $S_r = \frac{V_w}{V_v}$ । একে শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়।

৪। **এয়ার ভয়েডের শতকরা হার বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর নমুনা মৃত্তিকায় বাতাসের আয়তনের (V_a) সাথে মোট আয়তনের (V) অনুপাতের শতকরা হারকে এয়ার ভয়েডের শতকরা হার (n_a%) বলা হয়। অর্থাৎ $n_a\% = \frac{V_a \times 100}{V}$ ।

৫। **সম্পৃক্ততার মাত্রা কখন ১ এবং কখন ০ (শূন্য) হয়?** [বাকাশিবো- ২০১০]

উত্তর মৃত্তিকা সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত হলে সম্পৃক্ততার মাত্রা ১ এবং সম্পূর্ণ শুষ্ক হলে সম্পৃক্ততার মাত্রা ০ (শূন্য) হয়।

৬। **এয়ার কনটেন্ট কী?**

উত্তর নমুনা মৃত্তিকার বায়ু আয়তনের (V_a) সাথে মোট ভয়েডের আয়তন (V_v) অনুপাতই এয়ার কনটেন্ট (a_c) অর্থাৎ $a_c = \frac{V_a}{V_v}$ ।

৭। **ময়েস্চার কনটেন্টের সংজ্ঞা লিখ।**

উত্তর নমুনা মৃত্তিকার পানির ওজনের (W_w) সাথে কঠিন অংশের ওজনের (W_s) অনুপাতই ময়েস্চার কনটেন্ট বা ওয়াটার কনটেন্ট (ω) অর্থাৎ $\omega = \frac{W_w}{W_s}$ । একে শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়।

৮। **মৃত্তিকার শুষ্ক একক ওজন বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো- ১৯৯৯, ১৩]

উত্তর নমুনা মৃত্তিকার একক আয়তনের শুষ্ক কঠিনাংশের ওজনকে মৃত্তিকায় শুষ্ক একক (γ_d) বলা হয় অর্থাৎ $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$ ।

৯। **মৃত্তিকার নিমজ্জিত একক ওজন কী?**

উত্তর নমুনা মৃত্তিকা পানিতে নিমজ্জিত অবস্থায় এর একক আয়তনের ওজনকে মৃত্তিকার নিমজ্জিত একক ওজন বলা হয় অর্থাৎ $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

১০। মৃত্তিকার কঠিনাংশের আপেক্ষিক গুরুত্ব বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: নমুনা মৃত্তিকার একক আয়তনের কঠিনাংশের ওজন 4° সে. তাপমাত্রায় একক আয়তনের পানির ওজন অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাকে ঐ মৃত্তিকার কঠিনাংশের আপেক্ষিক গুরুত্ব বলা হয় অর্থাৎ $G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$

১১। মৃত্তিকার ব্লক চিত্র আঁকা হয় কেন?

উত্তর: মৃত্তিকার উপাদান (বায়ু, পানি, কঠিনাংশ) গুলোর তথ্যাদির সহজ সরল উপস্থাপনের জন্য মৃত্তিকার ব্লক চিত্র আঁকা হয়।

১২। কখন I_D-এর মান শূন্য হয়?

উত্তর: যখন প্রাকৃতিক অবস্থানে সংসক্তিহীন মৃত্তিকা আলগা অবস্থায় থাকে তখন $e = e$ (maxi) হয় এবং I_D এর মান শূন্য হয়।

১৩। I_D-এর মান কখন একক হয়?

উত্তর: যখন প্রাকৃতিক অবস্থানে মৃত্তিকা সর্বাধিক ঘনত্বে থাকে তখন $e = e$ (mini) হয় এবং I_D এর মান একক হয়।

১৪। এয়ার কনটেন্ট ও পরিপৃক্ততার সম্পর্ক কী?

উত্তর: এয়ার কনটেন্ট a_c ও পরিপৃক্ততার মাত্রার (S_r) মধ্যে সম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ

$$a_c = 1 - S_r$$

১৫। মাটি পরিপৃক্ত হলে V_a, n_a ও a_c এর মান কত হবে?

উত্তর: মাটি পরিপৃক্ত হলে $V_a = 0$, $n_a = 0$ এবং $a_c = 0$ হবে।

১৬। পরোসিটি (n) এর সাথে ভয়েড রেশিও (e) এর সম্পর্ক লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর: পরোসিটি ও ভয়েড রেশিও এর সম্পর্ক হল, $n = \frac{e}{1+e}$।

১৭। মৃত্তিকার মোট একক ওজন বলতে কী বুঝায়?
অথবা, মৃত্তিকার আয়তনিক ঘনত্ব বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর: মাটির নমুনার ওজনকে নমুনার আয়তন দিয়ে ভাগ করলে মাটির মোট একক ওজন বা আয়তনিক ঘনত্ব বলা হয়। অর্থাৎ, মোট একক ওজন, $r = \frac{W}{V}$

১৮। পরিপৃক্ত মাটি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: মাটির পুরো ভয়েড যখন পানিতে পূর্ণ থাকে, তখন ঐ মাটিকে পরিপৃক্ত মাটি বলা হয়।

১৯। পিকনোমিটারের সাহায্যে কী করা হয়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর: পিকনোমিটারের সাহায্যে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করা হয়।

২০। সম্পৃক্ত একক ওজন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর: মাটি সম্পূর্ণরূপে পরিপৃক্ত থাকা অবস্থায় প্রতি একক আয়তনের ওজনকে সম্পৃক্ত একক ওজন বলা হয়।

$$\therefore \gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V}$$

২১। মৃত্তিকার 'ডেনসিটি ইনডেক্স' কী?

উত্তর: ডেনসিটি ইনডেক্স, $I_D = \frac{e(maxi) - e}{e(maxi) - e\ (mini)}$

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। এয়ার কনটেন্ট ও সম্পৃক্ততার মধ্যে সম্পর্ক কী? [বাকাশিবো-২০০০, ০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ঘনত্ব সূচক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, ভয়েড রেশিও ইনডেক্স কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ভয়েড রেশিও ও পরোসিটি এর সম্পর্ক লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। এয়ার কনটেন্ট ও সম্পৃক্তার মাত্রার সম্পর্ক লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ভয়েড রেশিও এর ভিত্তিতে তিন পেজ (three phase) এর চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২. নং দ্রষ্টব্য।

৬। মৃত্তিকাকে স্বাভাবিক ক্ষেত্রে ত্রি-উপাদান বা ত্রি-দশা পদ্ধতির সামগ্রী বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। দেখাও যে, $n = \frac{e}{1+e}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৬, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। দেখাও যে, $e = \frac{n}{1-n}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত) [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$ [বাকাশিবো- ১৯৯৯, ০৭, ০৯, ১০, ১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব ২.০১ গ্রাম/ঘনসেমি ও পানির হার ৩০% হলে এর শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৫৪৬ গ্রাম/ঘনসেমি।

১১। দেখাও যে, সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত মাটির ক্ষেত্রে $e = G\,\omega$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত)।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ভয়েড রেশিও এর ভিত্তিতে অঙ্কিত ব্লক চিত্রের সাহায্যে আয়তনিক সম্পর্কগুলো দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। পরোসিটির ভিত্তিতে অঙ্কিত ব্লক চিত্রের সাহায্যে একক ওজনগুলোর সূত্রাদি দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। প্রমাণ কর যে, $\gamma_{sat} = \frac{(G+e)\,\gamma_w}{1+e}$ (সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০০, ০৪, ০৯, ১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। প্রমাণ কর যে, $\acute{\gamma} = \frac{(G-1)\,\gamma_w}{1+e}$ (মৃত্তিকা সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত এবং প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত)

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতিতে মৃত্তিকার আর্দ্রতার পরিমাণ নির্ণয়ের প্রক্রিয়া সবিস্তারে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। মোট একক ওজন বা আয়তনিক একক ওজন বা আয়তনিক ঘনত্ব (Bulk density) কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর মৃত্তিকার একক আয়তনের মোট ওজনকে মোট একক ওজন বলে। $\gamma = \frac{W}{V}$.

৮। আপেক্ষিক ঘনত্ব (Density Index) বা ঘনত্ব সূচক কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর আলগা অবস্থায় (Loosest state) মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও (emax) ও প্রাকৃতিক অবস্থানে মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও (e) এর পার্থক্যের সাথে আলগা অবস্থানে (Loosest state) ভয়েড রেশিও সর্বাধিক ঘনত্বে (densest state) মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও (emin) এর পার্থক্যের অনুপাতকে ঘনত্ব সূচক বা আপেক্ষিক ঘনত্ব বলে।

$$I_d = \frac{emax - e}{emax - emin}$$

৯। পিকনোমিটারের সাহায্যে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১০, ১১, ১২]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ২৭% পানি সম্পন্ন এক ঘনমিটার নমুনা মৃত্তিকার ওজন ১৯৭০ কেজি। এটার আপেক্ষিক গুরুত্ব, শুকনো একক ওজন ও ভয়েড রেশিও নির্ণয় কর। একই ভয়েড রেশিওতে ৯০% সম্পৃক্ত অবস্থায় এর একক ওজন কত হবে?

(উত্তর : ২.৬৮, ১৫৫০ কেজি / মিটার^3, ০.৭২৪, ১৯২৮ কেজি / মিটার^3)

১১। ১ × ১০$^{-3}$ ঘনমিটার আয়তনবিশিষ্ট এক খণ্ড নমুনা মৃত্তিকার ওজন ১.৭৪ কেজি, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭ এবং নমুনা মৃত্তিকার একক শুষ্ক ওজন ১৫০০ কেজি / মিটার^3 হলে ω%, e, n, γ_{sat}, $\acute{\gamma}$ ও S_r% মান নির্ণয় কর।

(উত্তর : ১৬%, ০.৮১৮, ০.৪৫, ১৯৫০ কেজি / মিটার^3, ৯৫০ কেজি / মিটার^3, ৫৩.৩%))

১২। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত ১৪০ গ্রাম নমুনা মৃত্তিকার আয়তন ৬৫ ঘনসেন্টিমিটার। উক্ত নমুনাকে চুল্লিতে শুকানের পর অবিকল আয়তনে শুষ্ক অবস্থায় ১১৪ গ্রাম পাওয়া গেল। উক্ত মৃত্তিকার (ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব (খ) ভয়েড রেশিও (গ) পরোসিটি ও (ঘ) শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় কর। (উত্তর : (ক) ২.৯২৮ (খ) ০.৬৭ (গ) ৪০% (ঘ) ১.৭৫৩৮ গ্রাম / সে.মি.^{3})

১৩। ১০০ ঘনসেন্টিমিটার আয়তনের এক খণ্ড নমুনা মৃত্তিকার ওজন ১৯০ গ্রাম। ২৪ ঘন্টা চুল্লিতে শুকানের পর এর ওজন ৩০ গ্রাম হ্রাস পেল। যদি মৃত্তিকা কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৮ হয় তবে পানি ধারণের শতকরা হার (ω%), ভয়েড রেশিও (e), ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন (S_r%) নির্ণয় কর। (উত্তর : ১৮.৮%, ০.৬৭, ৭৫%)

১৪। ৫% পানি সম্পন্ন এক খণ্ড নমুনা মৃত্তিকার ভিজা ওজন ১.৮৮ গ্রাম সে.মি.^{3} হলে পানি ধারণ মাত্রা ১৫% উন্নীত করতে প্রতি ঘনমিটার মৃত্তিকায় কী পরিমাণ পানি মিশাতে হবে? যদি ভয়েড রেশিও একই থাকে তবে সম্পৃক্ততার মাত্রা কত হবে? G = ২.৬৭ (উত্তর : ১৭৯ লিটার, ৮১.৭%)

১৫। ১২.৬% পানি ধারণকৃত ৬১২ গ্রাম মৃত্তিকার আয়তন ৩০০ সে.মি.^{3} এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৮ হলে γ, γ_d, e, n ও S_r এর মান নির্ণয় কর। (উত্তর : ২.০৪ গ্রাম / সে.মি.^{3}, ১.৮১ গ্রাম / সে.মি.^{3}, ০.৪৮, ৩২.৪%, ৭০.৩%)

১৬। আলগা মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও e = ০.৬৬ উক্ত মৃত্তিকাকে দৃঢ়করণের পর, e = ০.৩৫ এবং স্বাভাবিক অবস্থায় e = ০.৫১৫ হলে ঘনত্ব সূচক কত হবে? (উত্তর : ০.৪৭)

অধ্যায়-৩

মৃত্তিকা কণার আকার
(Particle Size of Soil)

৩.১ মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলি (Index properties of soil) ঃ

মৃত্তিকার পানি চুয়ানোর ক্ষমতা, চাপ নেয়ার ক্ষমতা, দেবে যাওয়ার প্রবণতা, শিয়ার প্রতিরোধ করবার ক্ষমতা, ঢালের স্থায়িত্বতা, ভার বহন ক্ষমতা ইত্যাদি তথ্য সম্পর্কে মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদগণকে জানতে হয়। আর এ সকল তথ্যাদি জানার জন্য বিভিন্ন ধরনের পরীক্ষা নিরীক্ষায় বিস্তর সময়ের দরকার হয় এবং ব্যাপক পরীক্ষাদি সম্পাদন করতে হয়। তাই অনেক সময়ই দেখা যায় যে, মৃত্তিকা সম্পর্কিত মোটামুটি ধারণা পাওয়ার জন্য ব্যাপক পরীক্ষা নিরীক্ষাদি না করে কয়েকটি নির্দেশক (indicative) ধর্ম সহজ পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করা হয়। যদিও এ সকল ধর্মাদি সম্পর্কে জানা মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদের উদ্দেশ্য নয়। যেহেতু এ সকল ধর্মাদি হতে মৃত্তিকার বিভিন্ন গুণাবলি নির্দেশিত হয়। তাই মৃত্তিকার এ সকল ধর্মগুলোকে মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলি (Index properties of soil) বলা হয়। যে সকল সহজ পরীক্ষাদির (Tests) মাধ্যমে সূচক ধর্মাবলি সম্পর্কে জানা যায়, সে সকল পরীক্ষাদিকে মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পরীক্ষা (Classification tests) বলা হয়।

মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলির মধ্যে বেশি দরকার হয় মৃত্তিকার দানার ধর্ম (Soil grain properties) ও মৃত্তিকার এগ্রিগেট ধর্ম (Soil aggregate properties)। মৃত্তিকার দানার ধর্মের ক্ষেত্রে স্থূলকণার মৃত্তিকার জন্য– ক) কণার আকার বিতরণ (Partical size distribution) এবং খ) সূক্ষ্মকণার মৃত্তিকার জন্য মিনারলজিক্যাল কম্পোজিশন (Minerological composition) পরীক্ষা করা হয়। আর মৃত্তিকার এগ্রিগেট ধর্মের ক্ষেত্রে–

(ক) পরোসিটি

(খ) ভয়েড রেশিও

(গ) ঘনত্ব

(ঘ) আপেক্ষিক গুরুত্ব

(ঙ) সম্পৃক্ত একক ওজন

(চ) সম্পৃক্ততার মাত্রা

(ছ) আপেক্ষিক ঘনত্ব এবং

শুধুমাত্র সূক্ষ্মকণার মৃত্তিকার জন্য–

(ক) তারল্যতা ও স্পর্শকাতরতা (Consistancy and sensitivity)

(খ) এটারবার্গ লিমিট (Atterberg limit)

(গ) তারল্যসূচক (liquidity index) ও

(ঘ) নম্যতা সূচক (Plasticity index) পরীক্ষা করা হয়।

সূচক ধর্মাবলি মূলত মৃত্তিকার প্রকৌশল ধর্মাবলি সম্পর্কে মোটামুটি তথ্য প্রদান করে মাত্র। স্বাভাবিকভাবে ধরে নেয়া হয় সমসূচক ধর্মের মৃত্তিকা সকল ক্ষেত্রে একই ধরনের প্রকৌশল ধর্মাবলি প্রদর্শন করবে। মূলত সকল ক্ষেত্রে এরূপ ধারণা করা ঠিক নয়। তবে ছোটখাটো ডিজাইনের ক্ষেত্রে এরূপ ধারণার উপর ভিত্তি করা অযৌক্তিক নয়। বৃহদাকার ডিজাইনের ক্ষেত্রে অবশ্য মৃত্তিকার প্রকৌশল ধর্মাবলি পরীক্ষা করে নিতে হবে।

৩.২ মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ (Mechanical analysis of soil) ঃ

মৃত্তিকায় বিভিন্ন আকারের কণার পরিমাণের (ওজনে) উপর ভিত্তি করে কণার আকার বিতরণ (Partical size distribution) কার্ভের সাহায্যে মৃত্তিকায় বিভিন্ন আকারের কণার পরিমাণ দেখান হয়। এ প্রক্রিয়াকে মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ বা কণার আকার বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া বলা হয়। এ প্রক্রিয়ায় স্থূলকণার মৃত্তিকার জন্য চালনি বিশ্লেষণ (Sieve analysis) এবং সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার জন্য তলানি বিশ্লেষণ (Sedimentation analyais) ব্যবহৃত হয়। স্থূল কণার (৭৫ মাইক্রোন অপেক্ষা বড়) মৃত্তিকার জন্য একসেট চালনি ব্যবহৃত হয়। ২ মাইক্রোনের চেয়ে সূক্ষ্মতম কণার জন্য x রশ্মির মাধ্যমে কণার আকার নির্ণীত হয়। যদি কোন মৃত্তিকার উভয় ধরনের মৃত্তিকা কণা বিদ্যমান থাকে, তবে যৌথ প্রক্রিয়ায়ই মৃত্তিকা কণার আকার বিশ্লেষণ করতে হয়।

মৃত্তিকার কণার যান্ত্রিক বিশ্লেষণের উপর ভিত্তি করে মৃত্তিকা কণার আকার বিতরণ রেখা অংকন করে মৃত্তিকার বিভিন্ন ধরনের কণার শতকরা হার সহজেই নির্ণয় করা যায় এবং মৃত্তিকার বিভিন্ন ধরনের কণার বিভাগ সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়। মৃত্তিকা কণার বিতরণ রেখা হতে মৃত্তিকা কণার কার্যকরী আকার, বিতরণ রেখার বক্রতার সহগ, সাম্যতা গুণাঙ্ক ইত্যাদি সূচক ধর্মাবলি সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়।

৩.৩ চালনি বিশ্লেষণ (Sieve analysis) ঃ

যে সকল চালনিতে মৃত্তিকার কণার আকার বিশ্লেষণের জন্য চালা হয়, এগুলোর ব্যাস সচরাচর ১৫ হতে ২০ সে.মি. এবং এগুলো স্টেইনলেস ইস্পাতের তৈরি। এ সকল চালনিগুলোকে তাদের বর্গাকার ছিদ্রের পরিমাপের উপর নাম দেয়া হয়। স্থূলদানার মৃত্তিকাকে দুভাগে ভাগ করা যায়, যথা– (ক) গ্রেভেল (৪.৭৫ মিমি এর বড়) (খ) বালি (৭৫ মাইক্রোন অপেক্ষা বড় কিন্তু ৪.৭৫ মি.মি. অপেক্ষা ছোট) প্রথমোক্তটির জন্য ৮০, ৪০, ২০, ১০ ও ৪.৭৫ মি.মি. এর এক সেট চালনির দরকার হয় এবং দ্বিতীয় ধরনের মৃত্তিকার জন্য ২ মি.মি., ১ মি.মি., ৬০০ মাইক্রোন (μ) ৪২৫μ, ২১২μ, ১৫০μ ও ৭৫μ এর এক সেট চালনির দরকার হয়। উপরের উভয় সেটের ক্ষেত্রে চালনিগুলো ক্রমান্বয়ে (ছোট ছিদ্রের চালনি নিচের দিকে) সাজিয়ে চালার কার্য সম্পাদন করতে হয়। উভয় ক্ষেত্রেই চালনি সেটের উপরে ঢাকনি এবং নিচে নিচ্ছিদ্রের প্যান দিতে হয়। মৃত্তিকার চালনি বিশ্লেষণ দু'প্রক্রিয়ায় করা যায়, যথা–

১। শুষ্ক চালনি বিশ্লেষণ (Dry sieve analysis)

২। ভিজা চালনি বিশ্লেষণ (Wet sieve analysis)

১। শুষ্ক চালনি বিশ্লেষণ (Dry sieve analysis) ঃ

শুষ্ক চালনি বিশ্লেষণে মৃত্তিকা অবশ্যই সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক হতে হবে, প্রয়োজনে চুল্লিতে শুকিয়ে নিতে হবে। তবে জৈব মৃত্তিকাকে চুল্লিতে না শুকিয়ে খোলা বাতাসে শুকিয়ে নিতে হবে। নমুনায় খণ্ডাকারের মৃত্তিকা থাকলে প্রয়োজনে খণ্ডগুলো চূর্ণবিচূর্ণ করে নিতে হবে। গ্রেভেল মৃত্তিকায় নির্দিষ্ট সেটের চালনি এবং বালির জন্যও নির্দিষ্ট সেটের চালনি ব্যবহার করতে হবে। উভয় ক্ষেত্রেই সেটের উপরের চালনিতে ওজন নেয়া নমুনা মৃত্তিকা রেখে পুরো সেটটিকে যান্ত্রিক শেকারে (Shaker) ঝাঁকাতে (Shaking) হবে এবং প্রত্যেকটি চালনিতে অবশিষ্টের পরিমাণ এবং প্যানের অবশিষ্টের পরিমাণের সমষ্টি নমুনা মৃত্তিকার প্রাথমিক ওজনের সমান হবে। শুষ্ক চালনি বিশ্লেষণ সংসক্তিহীন পলি ও কর্দম শূন্য (সামান্য পরিমাণে থাকতে পারে) মৃত্তিকার জন্য উপযোগী। ভিজা বালি শুষ্ক চালনি বিশ্লেষণ না করাই বিধেয়। কেননা এতে পৃষ্ঠটান জনিত কারণে ফলাফলে ভ্রান্তি আসতে পারে।

২। ভিজা চালনি বিশ্লেষণ (Wet sieve analysis) ঃ

যদি মৃত্তিকায় সূক্ষ্মকণার পরিমাণ অধিক হয় (৫% এর অধিক) তবে মৃত্তিকার নমুনা খণ্ডকে উত্তমরূপে খণ্ডবিখণ্ড করে কণাগুলোকে স্বাতন্ত্রিক অবস্থায় ভিজা চালনিতে বিশ্লেষণ করতে হবে এবং বিশ্লেষণের পূর্বে উত্তমরূপে শুকিয়ে ওজন নিতে হবে। এরপর ওজনকৃত নমুনা মৃত্তিকাকে একটি ট্রেতে নিয়ে কমপক্ষে এক ঘন্টা পানিতে ভিজিয়ে স্লারির ন্যায় তৈরি করে নির্দিষ্ট সেটের চালনিতে পর্যায়ক্রমে ঢেলে নিতে হবে এবং চালনিসহ চুল্লিতে শুকিয়ে প্রত্যেকটি চালনির অবশিষ্টের পরিমাণ (ওজন) নির্ণয় করতে হবে। চালনিগুলোতে অবশিষ্টের পরিমাণ ও প্যানে অবশিষ্টের পরিমাণের সমষ্টি প্রাথমিক ওজনের সমান হবে।

সূক্ষ্মকণার শতকরা হার (Percentage finer, N) ঃ

ধরি, একসেট চালনিতে মোট ৭টি চালনি আছে এবং এদের প্রত্যেকটিতে অবশিষ্টের পরিমাণ যথাক্রমে W_1, W_2, ... W_7 গ্রাম এবং প্যানে অবশিষ্টের পরিমাণ W_8 গ্রাম।

এখন প্রত্যেকটি চালনি ও প্যানে অবশিষ্টের শতকরা হার (p)

$$P_1 = \frac{W_1}{W} \times ১০০$$

$$P_2 = \frac{W_2}{W} \times ১০০$$ এখানে W = নমুনার প্রাথমিক ওজন।

$$P_3 = \frac{W_3}{W} \times ১০০$$

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

$$P_7 = \frac{W_7}{W} \times ১০০$$

$$P_8 = \frac{W_8}{W} \times ১০০$$

এখন প্রত্যেকটি চালনিতে পুঞ্জীভূত অবশিষ্টের শতকরা হার (C)

$C_1 = P_1$

$C_2 = P_1 + P_2$

$C_3 = P_1 + P_2 + P_3$

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

$C_7 = P_1 + P_2 + ... + P_7$

$C_8 = P_1 + P_2 + ... + P_8$

অতএব অতিক্রান্ত সূক্ষ্মকণার শতকরা হার (একশত ভাগের মধ্যে) N,

$N_1 = 100 - C_1$

$N_2 = 100 - C_2$

$N_3 = 100 - C_3$

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

$N_7 = 100 - C_7$

উপরোক্ত প্রাপ্ত তথ্যাদির ভিত্তিতে কণার আকার বিতরণ কার্ভ চালনিতে অতিক্রান্ত চিত্র ১.৫ এবং অবশিষ্টের উপর ভিত্তি করে। এঁকে যে কোন আকারের তুলনায় সূক্ষ্মকণা বা স্থূলকণার শতকরা হার সহজেই বলা যায় এবং D_{10}, D_{30}, D_{40} নির্ণয় করা যায়। তাছাড়া সমষ্টিগত (cummulative) চালনিতে অবশেষ এর পুঞ্জীভূত শতকরা হার এর যোগফলকে ($C_1 + C_2 + ... + C_7$) ১০০ দ্বারা ভাগ করে সূক্ষ্মতা গুণাংক (F.M. Fineness Modulus) নির্ণয় করা হয়।

৩.৪ 'স্টোকস্ 'ল' (Stocke's Law) ঃ

খুবই সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার কণার আকার বিন্যাস করা চালনির দ্বারা সম্ভব নয়। তাই এক্ষেত্রে তলানি বিশ্লেষণের মাধ্যমে কণার আকার নির্ণয় করা হয়। সাধারণত ৭৫μ বা ২০০ নং চালনিতে অতিক্রান্ত মৃত্তিকার ক্ষেত্রে এ প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। এ প্রক্রিয়ায় 'স্টোকস ল' (Stocke's Law) অনুসরণ করা হয়। 'স্টোকস্ ল' মূলত তরলে সূক্ষ্ম গোলকের অবক্ষেপণের প্রান্তীয় (Terminal) বেগের পরিমাণ নিরূপণে ব্যবহৃত হয়।

'স্টোকস ল' এর ক্ষেত্রে অনুমান সত্য (assumption) হিসেবে ধরে নেয়া হয়–

(ক) সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার প্রত্যেকটি কণা গোলক আকৃতির

(খ) প্রত্যেকটি মৃত্তিকা কণার ঘনত্ব সমান ও

(গ) অপেক্ষাকৃত মোটা মৃত্তিকা দানাগুলো সূক্ষ্মদানার তুলনায় কম সময়ে থিতাবে।

একটি সূক্ষ্ম গোলাকৃতির মৃত্তিকা কণা পানিতে ফেললে প্রথমে মাধ্যাকর্ষণজনিত কারণে এটির বেগ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু ড্র্যাগ ফোর্সের (Drag force) কারণে কয়েক সেকেন্ডের মধ্যে গোলক আকৃতির (Sphere) কণার বেগের পরিমাণ হ্রাস পায় এবং বেগ নিয়মিত হয়ে যায়। এ বেগকে প্রান্তীয় বেগ (Terminal velocity = V) বলা হয়। প্রান্তীয় বেগের সমীকরণটি গোলক কণার ভারসাম্যতা হতে পাওয়া যায়। ফ্লুইডে মৃত্তিকার গোলক কণা অবক্ষেপণ এর সময় মৃত্তিকার গোলক কণায় (i) গোলক কণার নিজ ওজন (W) (ii) প্লবমান (Buoyant) বল (U) ও (iii) ড্র্যাগ ফোর্স (Drag force = F_D) এ তিনটি বল কাজ করে। যদি গোলক কণার ব্যাসার্ধ r, প্রান্তীয় বেগ u, ভিসকোসিটি η হয়, তবে–

ড্র্যাগ ফোর্স (Drag force),

$F_D = 6\pi\eta r v$ - - - - - - - - - - - - - - (i)

গোলকাকার মৃত্তিকা কণার ওজন W,

$\therefore W = \frac{4}{3}\pi r^3 . \gamma_s$ (γ_s কণার একক ওজন) - - - - - - (ii)

কণার উপর ক্রিয়াশীল প্লবমান বল (Buoyant force), U.

$\therefore U = \frac{4}{3}\pi r^3 . \gamma_w$ (γ_w পানির একক ওজন) - - - - - (iii)

উক্ত ভারসাম্যতায় ওজন, $W = F_D + U$ - - - - - - - - - - (iv)

$$\therefore \frac{4}{3}\pi r^3\gamma_s = 6\pi\eta r v + \frac{4}{3}\pi r^3\gamma_w$$

$$\text{বা } 6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3\gamma_s - \frac{4}{3}\pi r^3\gamma_w$$

$$\text{বা } v = \frac{4}{3}\pi r^3(\gamma_s - \gamma_w) . \frac{1}{6\pi\eta r}$$

$$\text{বা } v = \frac{4}{18\eta} . r^2(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\text{বা } v = \frac{1}{18\eta} . (2r^2)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\therefore 2r = D$$

$$\therefore v = \frac{D^2}{18\eta}(\gamma_s - \gamma_w) \text{ ..... (v)}$$

এখানে মৃত্তিকা কণার ব্যাস D এবং মৃত্তিকা কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব G হয় তবে $\gamma_s = G\gamma_w$

এখন $v = \frac{1}{18}\frac{D^2}{\eta}(G-1)\gamma_w$ - - - - - - - - - (vi)

যদি মৃত্তিকা কণাটি t মিনিটে v বেগে He সেন্টিমিটার পতিত হয়, তবে–

$v = \frac{He}{t}$ ----(vii)

$v = \frac{He}{60t}$ সেমি/সেকেন্ড --------(viii) [t মিনিট = 60t সেকেন্ড]

এখন (vi) ও (vii) সমীকরণ হতে

$$\frac{He}{60t} = \frac{1}{18}\frac{D^2}{\eta}(G-1)\gamma_w$$

বা $D = \sqrt{\frac{0.3\eta He}{(G-1)\gamma_w t}}$

$\sqrt{\frac{0.3\eta}{(G-1)\gamma_w}}$ কে M ধরে

$D = M\sqrt{\frac{He}{t}}$ -------(ix)

এখানে,

D এর একক সেন্টিমিটার

He এর একক সেন্টিমিটার

η এর একক গ্রাম, সেকেন্ড/বর্গসেন্টিমিটার

γ_w এর একক গ্রাম/এম.এল (মিলিলিটার বা ঘনসেন্টিমিটার)

v এর একক সেন্টিমিটার/সেকেন্ড

t এর একক মিনিট

* 1 মিলিপয়েজ = 1.02×10^{-6} গ্রাম সেকেন্ড/বর্গসেমি

$= 0.1 \times mN.S/m^2$

সমীকরণ (v) ' স্টোকস্ ল' নামে পরিচিত।

যদি সমীকরণ (v) এর ক্ষেত্রে এককগুলো নিম্নরূপ হয়–

v এর একক মিটার/সেকেন্ড ,

D এর একক মিটার

η এর একক পয়েজ ($\frac{\mu}{g}$)

* 1 Poise = 0.1 N-S/m^2 বা 10^{-4} KN–s/m^2

t এর একক মিনিট

He এর একক মিটার

γ_s এর একক KN/m^3

γ_w এর একক KN / m^3

ধরি, D মিলিমিটারের একটি মৃত্তিকা কণা η (ইটা) সান্দ্রতার তরলে t মিনিটে He সেন্টিমিটার পতিত হয়

এখন (vi) ও (viii) সমীকরণ হতে

$$\frac{He}{100 \times 60t} = \frac{1}{18\eta} \times \left(\frac{D}{1000}\right)^2 (G-1)\gamma_w$$

বা, $D^2 = \frac{18\eta(1000)^2 . He}{6000\, t\,(G-1)\gamma_w}$

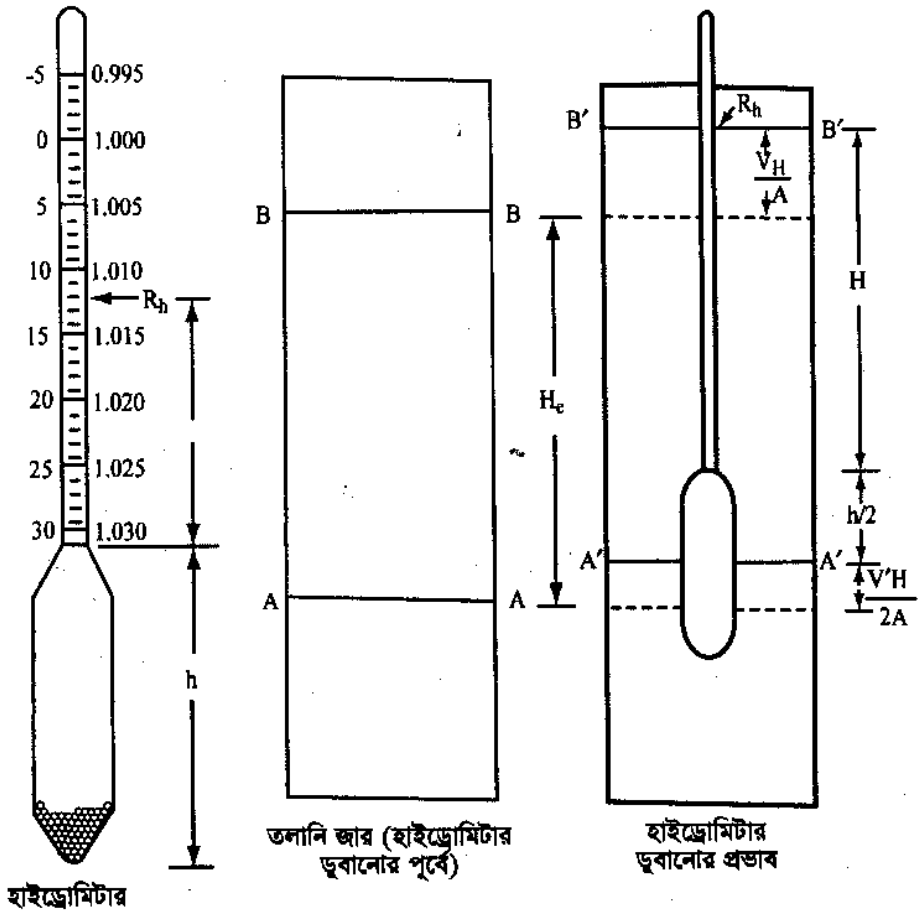
বা, $D = \sqrt{\frac{3000\eta}{(G-1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{He}{t}}$

যদি $\frac{3000\eta}{(G-1)\gamma_w} = F$ ধরা হয়

তবে, $D = F\sqrt{\frac{He}{t}}$

৩.৫ হাইড্রোমিটার দিয়ে মৃত্তিকাদানার আকার বিশ্লেষণ (Partical size analysis by hydrometer) ঃ

হাইড্রোমিটার মূলত তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিমাপক যন্ত্র। সাধারণত এটি কাচের তৈরি এবং এর দুটি অংশ, যথা– বাল্ব ও স্টেম। এর বাল্ব (Bulb) ও স্টেম (Stem)-এর সংযোগস্থল হতে স্টেমে দাগকাটা থাকে। দাগের নম্বরগুলোর মান সংযোগস্থল হতে ক্রমান্বয়ে স্টেমের মুক্ত প্রান্তের দিকে কমতে থাকে। (চিত্র ৩.১ক)। সচরাচর সংযোগস্থলে 1.030 এবং ক্রমান্বয়ে মুক্ত প্রান্তের দিকে 0.995 এবং দাগাঙ্কের মান হতে 1 বিয়োগ করে বিয়োগফলকে 1000 দিয়ে গুণ করে হাইড্রোমিটার রিডিং (Rh) নেয়া হয়। অবশ্য অধিকাংশ হাইড্রোমিটারে এ রিডিংটি দাগ বরাবরে বিপরীত দিকে লেখা থাকে। যেহেতু সয়েল সাস্‌পেনশনের আপেক্ষিক গুরুত্ব সয়েলের দানার আকারের উপর নির্ভর করে তাই হাইড্রোমিটার মৃত্তিকার দানার আকার বিশ্লেষণেও ব্যবহৃত হয়। তলানি পড়ার পূর্বক্ষণে পুরো সাস্‌পেনশনের যে কোন গভীরতায় সম আপেক্ষিক গুরুত্ব বিরাজ করে। তলানি পড়াকালে প্রথমে বৃহত্তর কণা এবং ক্রমান্বয়ে ক্ষুদ্র হতে সূক্ষ্মতর কণাগুলো তলানি হিসাবে পতিত হবে। ফলত সাস্‌পেনশনের বিভিন্ন গভীরতায় আপেক্ষিক গুরুত্বে ভিন্নতা দেখা দিবে অর্থাৎ সাস্‌পেনশনের উপরের স্তরের আপেক্ষিক গুরুত্ব কম হবে এবং ক্রমান্বয়ে নিচের স্তরের দিকে আপেক্ষিক গুরুত্ব বেশি হবে। তলানির সময়কাল যত অতিক্রান্ত হতে থাকবে সাসপেনশনের উপরের স্তর হতে ক্রমান্বয়ে নিচের দিকে আপেক্ষিক গুরুত্বও কমতে থাকবে এবং হাইড্রোমিটার গভীরের দিকে যেতে থাকবে, হাইড্রোমিটারের রিডিং এর মান কমতে থাকবে অর্থাৎ কার্যকরী গভীরতা (He) বাড়তে থাকবে। তাই মৃত্তিকা বিজ্ঞানী ক্যাসাগ্রান্ডি নিমজ্জিত আয়তনের কেন্দ্রে আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের প্রতি গুরুত্ব আরোপ করেন। যেহেতু নিমজ্জিত হাইড্রোমিটারের বাল্বের কেন্দ্রই নিমজ্জিত আয়তনের কেন্দ্র, তাই হাইড্রোমিটার বাল্বের কেন্দ্র বরাবরই সাসপেনশনের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করে।



চিত্র ৩.১ (ক) হাইড্রোমিটার বিশ্লেষণ

হাইড্রোমিটার ক্যালিব্রেশন ঃ সয়েল সাসপেনশনের কতটুকু গভীরতায় আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপা হবে তা জানার জন্যই হাইড্রোমিটার ক্যালিব্রেশন করা হয়। দাগকাটা জার পানি (ডিসটিল্ড ওয়াটার) দিয়ে আংশিক পূর্ণ করে (যেন হাইড্রোমিটারের বাল্ব ডুবে যায়) পানির উচ্চতা জারে চিহ্নিত করে এতে হাইড্রোমিটার ডুবানো হয় এবং পানি তলের উচ্চতা চিহ্নিত করা হয়। প্রাথমিক ও পরবর্তী উচ্চতার পার্থক্যের পানির আয়তনই হাইড্রোমিটারের আয়তন। (জারের অন্তঃক্ষেত্রফল ও উচ্চতার পার্থক্যের গুণফলই হাইড্রোমিটারের আয়তন।)

যে গভীরতায় তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপা হয়, ঐ গভীরতাই কার্যকরী গভীরতা (He) চিত্রে তরলের মুক্ততল BB হতে AA তল পর্যন্ত দূরত্ব (চিত্র ৩.১ (ক)।

এখন, $He = H + \frac{h}{2} - \frac{VH}{A} + \frac{VH}{2A}$

$= H + \frac{1}{2}\left(h - \frac{VH}{A}\right)$

এখানে, H = মুক্ততল (B'B') হতে স্টেমের নিম্নপ্রান্ত পর্যন্ত গভীরতা

h = বাল্বের উচ্চতা

VH = হাইড্রোমিটারের আয়তন

A = 'জার' এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

(স্টেমের যতটুকু অংশ নিমজ্জিত হয় তার আয়তন খুবই নগণ্য বিধায় বিবেচ্য নয়)

উপরের সমীকরণের H, VH ও A ধ্রুবক (Constant) এবং এ ভিত্তিতে নিজে হাইড্রোমিটার ক্যালিব্রেশন ছকটি তৈরি করা হল। এখানে উল্লেখ্য যে সকল হাইড্রোমিটারের ক্যালিব্রেশন এক রকম নয়। এখানে একটি হাইড্রোমিটারের ক্যালিব্রেশন চার্ট দেয়া হল। (কোন নির্দিষ্ট হাইড্রোমিটারের ক্যালিব্রেশন চার্ট একবার তৈরি করলে তা ঐ হাইড্রোমিটারের সকল ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায়)

হাইড্রোমিটার নং-০২

আয়তন (VH) = 72 cm^3

বাল্বের উচ্চতা, h = 16.60 cm

তলানির জার

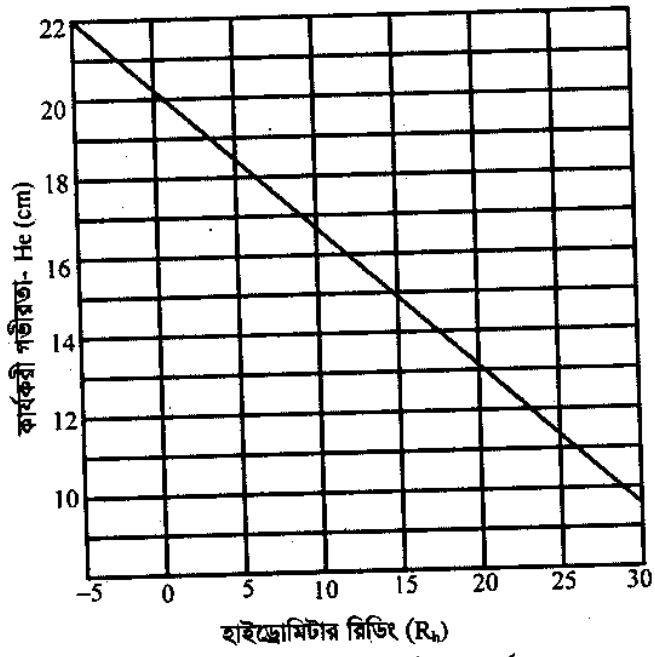
জার নং - 14

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (অন্তঃ) 30 cm^2

ধ্রুব $\frac{1}{2}(h + \frac{VH}{A}) = 7.1$ cm

হাইড্রোমিটার রিডিং (R_h)	H (cm)	কার্যকরী গভীরতা He (cm)
30	1.8	8.9
20	5.4	12.5
10	9.2	16.3
0	13.0	20.1
−5	14.9	22.0

উক্ত হাইড্রোমিটারের জন্য নিচের ক্যালিব্রেশন কার্ভ আঁকা হল। এর যে কোন রিডিং এর জন্য উক্ত কার্ভ হতে He এর মান পাওয়া যাবে।



চিত্র ঃ ৩.১ (খ) হাইড্রোমিটার ক্যালিব্রেশন কার্ভ

পরীক্ষা পদ্ধতি ঃ

● **পরীক্ষার জন্য সয়েল সাসপেনশন তৈরিকরণ ঃ** চুল্লিতে যথাযথভাবে শুকানো সূক্ষ্মদানার 50 গ্রাম নমুনা মাটি নিয়ে ভালভাবে গুঁড়া করে নিতে হবে। গুঁড়া করা নমুনাকে ইভাপোরেশন ডিশে নিয়ে 100 মিলিমিটার ডিসপার্সিং (Dispersing) সলুশন ভালভাবে মিশাতে হবে। (33 গ্রাম সোডিয়াম হেক্সামেটা ফসফেট ও 7 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট, 1 লিটার ডিসটিল ওয়াটার মিশিয়ে ডিসপার্সিং সলুশন তৈরি করা হয়, যা মাটির কণাগুলোকে পুঞ্জীভূত হতে দেয় না)। মাটির নমুনায় ডিসপার্সিং সলুশন মিশানোর পর মিশ্রণকে 10 মিনিটকাল কম আঁচে গরম করতে হবে। এরপর ইভাপোরেটিং ডিশের মিশ্রণকে ঘোলানো যন্ত্রের কাপে ঢেলে মোটামুটি কাপের $\frac{৩}{৪}$ অংশ ডিসটিল ওয়াটার দিয়ে পূর্ণ করতে হবে এবং 15 মিনিট কাল যন্ত্রে ভালভাবে মিশ্রিত করতে হবে। বিশেষ ক্ষেত্রে বিশেষ করে কাদামাটির ক্ষেত্রে এ ঘোলানোর সময়কাল আরো দরকার হতে পারে। সংগ্রাহক পাত্রের উপর 75μ চালনি রেখে কাপের পুরো সাসপেনশন চালনিতে দিতে হবে (কাপের গায়েও কোন মাটি কণা থাকবে না)। এবার চালনিতে ডিসটিল ওয়াটার জেট দিয়ে ভালভাবে ধুয়ে দিতে হবে যেন 75μ এর চেয়ে কোন ছোট কণা চালনিতে না থাকে। এরপর সংগ্রাহক পাত্রের পুরো সাসপেনশন 1000 মিলিলিটারের জারে নিতে হবে এবং ডিসটিল ওয়াটার মিশিয়ে জারের 1000 মিলিলিটার দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করতে হবে। (সতর্কতার সাথে সংগ্রাহক পাত্রের পুরো সাসপেনশন নিতে হবে। প্রয়োজনে সংগ্রাহক পাত্র ধুয়ে জারে দিতে হবে)। জারসহ এ সাসপেনশনই পরীক্ষায় ব্যবহৃত হবে। নমুনা মাটিতে জৈব পদার্থ থাকলে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডে এবং ক্যালসিয়াম কম্পাউন্ড থাকলে 0.2N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে অপদ্রব্য নিয়মতান্ত্রিকভাবে শোধনের পর নমুনা সাসপেনশন তৈরি করতে হবে।

● **পরীক্ষাকরণ ঃ** তৈরিকৃত সাসপেনশন ভর্তি (1000 ml) জারের মুখ নিচ্ছিদ্রভাবে হাত দিয়ে চেপে ধরে (বা ছিপি দিয়ে বন্ধ করে ধরে) উপরের দিক নিচে এবং নিচের দিক উপরে এরূপভাবে উত্তমরূপে ঘুলিয়ে সমতল প্ল্যাটফর্মের উপর রাখতে হবে এবং তাৎক্ষণিকভাবে স্টপ ওয়াচ চালিয়ে দিতে হবে। এবার হাইড্রোমিটার নিয়ম অনুযায়ী সাসপেনশনে ডুবাতে হবে এবং $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 10, 20, 40, 80, 120, 240, 480, 960, 1440 মিনিটে হাইড্রোমিটার পাঠ নিতে হবে। 5 মিনিট পর্যন্ত পাঠ নেওয়ার ক্ষেত্রে হাইড্রোমিটার সাসপেনশনে থাকবে এবং পরবর্তী সকল পাঠের ক্ষেত্রেই পাঠ নেওয়ার পর হাইড্রোমিটার উঠিয়ে সলুশন সিলিন্ডারে রাখতে হবে এবং প্রতিটি পাঠ নেয়ার 20 সেকেন্ড পূর্বে হাইড্রোমিটার সাসপেনশনে দিতে হবে।

● **হাইড্রোমিটার পাঠ সংশোধনী ঃ** হাইড্রোমিটারের সংশোধিত পাঠ পাওয়ার জন্য নিচের সংশোধনীগুলো দরকার হতে পারে।

(i) তাপমাত্রার জন্য সংশোধনী (C_t) ঃ হাইড্রোমিটার সচরাচর 27°C তাপমাত্রায় আদর্শায়িত করা থাকে। পরীক্ষাকালে তাপমাত্রা এর চেয়ে কম বা বেশি হলে হাইড্রোমিটার পাঠ সংশোধন করতে হয়। তাপমাত্রা বেশি হলে সাসপেনশন হালকা হয় এবং হাইড্রোমিটারে প্রকৃত রিডিং হতে কম রিডিং পাওয়া যায়। ফলত সংশোধনী যোগবোধক হয় এবং তাপমাত্রা কম হলে সাসপেনশন গাঢ় হয় এবং রিডিং প্রকৃত রিডিং হতে বেশি পাওয়া যায় তাই সংশোধনী বিয়োগবোধক হয়।

(ii) মিনিসকাস সংশোধনী (C_m) ঃ যেহেতু সাসপেনশন অস্বচ্ছ এবং উপরের দিক হতে হাইড্রোমিটার পাঠ গ্রহণ করতে হয়, তাই প্রকৃত রিডিং হতে কম রিডিং পাওয়া যায়। তাই এ সংশোধনী (+) বোধক। কোন নির্দিষ্ট হাইড্রোমিটারের মিনিসকাস সংশোধনী (C_m) সর্বদা (+) বোধক এবং ধ্রুব। $R_h = Rh' + C_m$

(iii) ডিসপার্সিং এর জন্য সংশোধনী (C_d) ঃ ডিসপার্সিং মেশানোর ফলে ঘনত্ব বাড়ে। তাই সর্বদা এ সংশোধনী (–) বোধক।

অতএব, প্রকৃত হাইড্রোমিটার রিডিং $R = R_h' \pm C_t + C_m - C_d$

এখানে R = সংশোধিত হাইড্রোমিটার রিডিং

Rh' = প্রাপ্ত হাইড্রোমিটার রিডিং

C_t, C_m ও C_d = যথাক্রমে তাপমাত্রার সংশোধনী, মিনিসকাস সংশোধনী ও ডিসপার্সিং এর জন্য সংশোধনী।

তাপমাত্রার সংশোধনী, মিনিসকাস সংশোধনী ও ডিসপার্সিং এর জন্য সংশোধনীর বীজগাণিতিক সমষ্টিকে কম্পোজিট সংশোধনী (Composite correction) বলা হয়। বীজ গাণিতিক সমষ্টির চিহ্ন অনুযায়ী এ কম্পোজিট সংশোধনী (+) বা (–) বোধক হতে পারে। যদি এর পরিমাণ C হয় তবে $R = Rh' \pm C$ হবে।

এ 'C' এর মান তুলনামূলক সিলিন্ডারে হাইড্রোমিটারের পাঠ হতে সরাসরি বিপরীত চিহ্নে পাওয়া যায় অর্থাৎ হাইড্রোমিটার পাঠ (+) হলে সংশোধনী হবে (–) এবং হাইড্রোমিটার পাঠ (–) হলে সংশোধনী হবে (+)।

তুলনামূলক সিলিন্ডারটি 100 মিলিলিটার ডিসটিল ওয়াটার ধারণক্ষম।

টেস্ট জার ও তুলনামূলক সিলিন্ডারে ডিসটিল ওয়াটার ও ডিসপার্সিং এর দ্রবণের কনসেনট্রেন ও তাপমাত্রা সমান থাকে।

হাইড্রোমিটার রিডিং ও শতকরা সূক্ষ্মতার হারের সম্পর্ক ঃ

তলানি পড়া আরম্ভক্ষণে সাসপেনশনের সর্বত্র সাম্যতা থাকে। ধরে নেই এসময় V আয়তনের সাসপেনশনে মাটি দানার ওজন W_s গ্রাম। অতএব, এ অবস্থায় এ সময় সাসপেনশনের যে কোন গভীরতায় প্রতি একক আয়তনের সাসপেনশনে মাটি দানার ওজন $= \frac{W_s}{V}$ ।

অতএব, এ অবস্থায় সাসপেশনের একক ওজন হবে–

$$\gamma_{susp} = \frac{W_s}{V} + \frac{\text{সাসপেনশনে পানির ওজন}}{V}$$

$$\text{সাসপেনশনে মাটি দানার আয়তন} = \frac{W_s}{G\gamma_\omega}$$

$$\text{পানির আয়তন} = V - \frac{W_s}{G\gamma_\omega}$$

$$= \frac{VG\gamma_\omega - W_s}{G\gamma_\omega}$$

$$\text{পানির ওজন} = \left(\frac{VG\gamma_\omega - W_s}{G\gamma_\omega}\right)\gamma_\omega$$

$$\text{অতএব, } \gamma_{susp} = \frac{W_s + \left(\frac{VG\gamma_\omega - W_s}{G\gamma_\omega}\right)\gamma_\omega}{V}$$

$$= \frac{W_s}{V} + \frac{V\gamma_\omega}{V} - \frac{W_s}{G}$$

$$= \frac{W_s}{V}\left(1 - \frac{1}{G}\right) + \gamma_\omega$$

$$= \frac{W_s}{V}\left(\frac{G-1}{G}\right) + \gamma_w \text{ ..... (a)}$$

He গভীরতায় (He কার্যকরী গভীরতা, t সময় পরে যে গভীরতা) যদি একক আয়তনের সাসপেনশনের মাটিদানার ওজন W_D হয়, তবে–

$$\gamma = \frac{W_D}{V}\left(\frac{G-1}{G}\right) + \gamma_w \text{ ..... (b)}$$

$$\therefore \gamma - \gamma_\omega = \frac{W_D}{V}\left(\frac{G-1}{G}\right) \text{ ..... (c)}$$

যদি তলানি পড়ার প্রারম্ভে He কার্যকরী গভীরতায় সাসপেনশনের একক আয়তনে (প্রতি মিলিলিটারে) মৃত্তিকা কণার ওজন, $\omega_s = \frac{W_s}{V}$ এবং তলানি পড়া আরম্ভ কালের t সময় পরে সাসপেনশনের He গভীরতায় সাসপেনশনে প্রতি একক আয়তনের মৃত্তিকা কণার ওজন, $\omega_D = \frac{W_D}{V}$ এবং D আকারের কণার তুলনায় সূক্ষ্মতার শতকরা হার N হয়, তবে–

$$N = \frac{w_D}{w_s} \times 100$$

$$\therefore \omega_D = \frac{Nw_s}{100}$$

অর্থাৎ $\frac{W_D}{V} = \frac{NW_s}{100V}$

এখন C সমীকরণে $\frac{W_D}{V}$ এর মান বসিয়ে

$$\gamma - \gamma_\omega = \frac{NW_s(G-1)}{100VG}$$

বা, $NWs\,(G-1) = 100VG\,(\gamma - \gamma_\omega)$

বা, $N = \frac{100VG\,(\gamma - \gamma_w)}{W_s\,(G-1)}$

$$= \frac{100 \times 1000G}{W_s\,(G-1)} \cdot \frac{R}{1000}$$

$$= \frac{100GR}{W_s(G-1)}$$

V = 1000 ml (সাসপেনশনের আয়তন)

হাইড্রোমিটার রিডিং, $R = (\gamma - \gamma_\omega)\,1000$

$\therefore \frac{R}{1000} = (\gamma - \gamma_\omega)$

* 'D' এর মান 'স্টোকস ল' হতে নির্ণয় করতে হবে। হাইড্রোমিটারের ক্যালিব্রেশন কার্ভ হতে He এর মান নিতে হবে।

W_s = সাসপেনশনে মিশানো নমুনা মাটির ওজন।

উদাহরণ-১। 50 গ্রাম চুল্লিতে শুকানো নমুনা মাটি তলানি বিশ্লেষণ পরীক্ষা চলাকালে পরীক্ষা শুরুর পর 30 মিনিট অতিক্রান্ত কালে 100 মিলিলিটার সয়েল সাসপেনশনে হাইড্রোমিটার পাঠ 24.5 পাওয়া গেল। $R_h = 25$ এর ক্যালিব্রেশন চার্ট হতে 10.7 সে.মি. কার্যকরী গভীরতা পাওয়া গেল। 30° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মেনিসকাস সংশোধন + .0.5 এবং কম্পোজিট সংশোধনী – 2.50। যদি G = 2.70 এবং η = 0.008 পয়েজ হয় তবে 30 মিনিট পর তলানি পড়া সূক্ষ্মকণার ব্যাস এবং D ব্যাসের চেয়ে সূক্ষ্মতর কণার শতকরা হার নির্ণয় কর।

সমাধান: এখানে $R_h' = 24.5$, $\therefore R_h = R_h' + C_m$

$$= 24.5 + 0.5 = 25$$

$$R = R_h' \pm C$$

$$= 24.5 - 2.50$$

$$= 22$$

কার্যকরী গভীরতা He = 10.7 cm.

আমরা জানি, $D = \sqrt{\frac{.3\eta\, He}{(G-1)\,\gamma_\omega\, t}}$

$= \sqrt{\frac{.3 \times .008 \times 1.02 \times 10^{-3} \times 10.7}{(2.70-1) \times 1 \times 30}}$

$= 0.00072$ cm

$= 0.0072$ mm

সূক্ষ্মতার শতকরা হার, $N = \frac{100\, GR}{(G-1)\, W_s}$ [$W_s = 50$ gm.]

$= \frac{100 \times 2.70 \times 22}{(2.70-1) \times 50}$

$= 69.88\%$

উদাহরণ-২। 0.60 মি. মি. এবং 0.01 মি.মি. এর মধ্যে কোন মাটির একটি নমুনাকে 6 মি. গভীর স্থির পানির একটি ট্যাংকের পানি তলের উপর ছেড়ে দেয়া হল। স্থূলদানা ও সূক্ষ্মদানা মাটিকণা থিতাইয়া পড়তে কত সময় নিবে? মনে কর G = 2.66 এবং η = 0.01 পয়েজ। [বাকাশিবো- ১৯৯৯]

সমাধান 0.60 mm আকারের স্থূলদানার ক্ষেত্রে–

আমরা জানি,

$\frac{He}{60t} = \frac{1}{18}\,\frac{D^2}{\eta}\,(G-1)\,\gamma_\omega$

মান বসিয়ে,

$\frac{600}{60t} = \frac{1}{18} \cdot \frac{(0.06)^2}{1.02 \times 10^{-5}}\,(2.66-1)\;1$

বা, $t = \frac{600 \times 18 \times 1.02 \times 10^{-5}}{60 \times (0.06)^2 \times 1.66}$

$= 0.30723$ মিনিট

$= 18.44$ সেকেন্ড

সূক্ষ্মদানার (D = .001 cm) ক্ষেত্রে

$t = \frac{600 \times 18 \times 1.02 \times 10^{-5}}{60 \times (0.06)^2 \times 1.66}$

$= 1106.03$ মিনিট

18 ঘণ্টা 26 মিনিট 1.8 সেকেন্ড

দেওয়া আছে,

স্থূলদানার D $= 0.60$ mm
$= 0.06$ cm

He $= 6$m
$= 6 \times 100 = 600$ cm.

G $= 2.66$

$\gamma_\omega = 1$ gm/c.c.

η $= 0.01$ Poise
$= 0.01 \times (1.02 \times 10^{-3}$ g.S/cm$^2)$
$= 1.02 \times 10^{-5}$ g. S/cm^2

* 1 Poise $= 1.02 \times 10^{-3}$ g.S/cm^2

t মিনিট = ?

সূক্ষ্মদানার D $= 0.01$ mm.
$= .0001$ cm

উদাহরণ-৩। 0.6 mm আকারের কণাবিশিষ্ট একটি মাটির নমুনাকে 4.5m গভীর একটি ট্যাংকের স্থির পানি তলে রাখা হল। G = 2.66 এবং η = 0.01 পয়েজ হলে ঐ কণাটি টাংকের তলায় থিতিয়ে পড়তে কত সময় লাগবে নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২, ১১]

সমাধান

আমরা জানি,

$\frac{He}{60t} = \frac{1}{18} \cdot \frac{D^2}{\eta}\,(G-1)\,\gamma_\omega$

বা, $t = \frac{450 \times 18 \times 1.02 \times 10^{-5}}{60 \times (0.06)^2\,(2.66-1)}$

$= 0.23$ মিনিট

$= 13.83$ সেকেন্ড

দেওয়া আছে,

$D = 0.6$ mm $= 0.06$ cm.

$He = 4.5$ m $= 450$ cm.

$G = 2.66$

$\gamma_\omega = 1$ gm / cc

$\eta = 0.01$ poise
$= 0.01 \times (1.02 \times 10^{-3})$ g. s/cm^2
$= 1.02 \times 10^{-5}$ g. s/cm^2

t মিনিট = ?

অনুশীলনী-৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **মৃত্তিকার সূচক ধর্মগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৪]

উত্তর ঃ মৃত্তিকার সূচক ধর্ম দু'ধরনের, যথা– (ক) মৃত্তিকার দানার ধর্ম (মৃত্তিকা দানার আকার বিতরণ স্থূলদানার ক্ষেত্রে এবং মিনারলজিক্যাল কম্পোজিশন সূক্ষ্মদানার ক্ষেত্রে) (খ) মৃত্তিকার এগ্রিগেট ধর্ম (পরোসিটি, ভয়েড রেশিও, ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব, একক ওজন, সম্পৃক্ততার মাত্রা ইত্যাদি।)

২। **মৃত্তিকার বিভিন্ন ধরনের দানার ধর্ম সম্পর্কে জানার জন্য কী কী পরীক্ষা করা হয়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার বিভিন্ন ধরনের দানার ধর্ম সম্পর্কে জানার জন্য স্থূলদানার মৃত্তিকার ক্ষেত্রে দানার আকার বিতরণ পরীক্ষা ও সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ক্ষেত্রে মিনারলজিক্যাল কম্পোজিশন পরীক্ষা করা হয়।

৩। **সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ক্ষেত্রে প্রান্তীয় বেগ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ সূক্ষ্ম গোলক আকৃতির মৃত্তিকা কণা পানিতে ফেললে মাধ্যাকর্ষণজনিত কারণে বেগ বৃদ্ধি পায় কিন্তু ড্র্যাগ ফোর্সের কারণে কয়েক সেকেন্ডের মধ্যে উক্ত বেগের পরিমাণ হ্রাস পায় এবং বেগ নিয়মিত হয়ে যায়। এ বেগকে প্রান্তীয় বেগ বলে।

৪। **মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ কী?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ মৃত্তিকার কণার আকার বিতরণ কার্ভের সাহায্যে মৃত্তিকায় বিভিন্ন আকারের কণার পরিমাণ দেখানো হয়। এ প্রক্রিয়াই মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ।

৫। **মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ কী কী পদ্ধতিতে করা যায়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ স্থূলদানার মৃত্তিকার ক্ষেত্রে চালনি বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে এবং সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ক্ষেত্রে তলানি বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে করা যায়।

৬। **'স্টোকস ল' এ অনুমান' সত্যগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০০৭, ১০, ১৩]

উত্তর ঃ 'স্টোকস্ ল' এ অনুমান সত্যগুলো নিম্নরূপ–

(ক) সূক্ষ্মদানার প্রত্যেকটি কণা গোলক আকৃতির,

(খ) প্রত্যেকটি মৃত্তিকা কণার ঘনত্ব সমান ও

(গ) অপেক্ষাকৃত স্থূলদানা সূক্ষ্মদানার পূর্বে থিতাবে।

৭। **মাটি কণার হাইড্রোমিটার বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ডিসপার্সিং এজেন্টের কাজ কী?** [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর ঃ মৃত্তিকার কণাগুলোকে পারস্পরিক সংযুক্ততা হতে পৃথক করে দেয়ার জন্য ডিসপার্সিং এজেন্ট (সোডিয়াম হেক্সামেথা ফসফেট) ব্যবহৃত হয়। যেন এগুলো পানিতে তলানো (Sedimentation) কালে প্রত্যেকটি কণা পৃথক পৃথকভাবে তলায় অথবা দ্রবণে ভাসমান অবস্থায়ও এগুলোর পারস্পরিক সংযুক্তি না ঘটে।

৮। **হাইড্রোমিটার কত তাপমাত্রায় ক্যালিব্রেশন করা হয়?**

উত্তর ঃ হাইড্রোমিটার 27° সে. তাপমাত্রায় ক্যালিব্রেশন করা হয়।

৯। **চালনি বিশ্লেষণে কী জানা যায়?**

উত্তর ঃ চালনি বিশ্লেষণে মাটিতে মৃত্তিকা কণার বিন্যাস সম্পর্কে জানা যায়।

১০। **স্টোকস-এর সূত্রটি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ স্টোকস-এর সূত্রটি হল– $V = \frac{1}{18}\frac{D^2}{\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$

১১। **মৃত্তিকার সূচক ধর্ম বলতে কী বোঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর ঃ মাটির যে সকল ধর্ম সম্পর্কে জানা প্রকৌশলীদের উদ্দেশ্য কিন্তু এগুলো জানলে মাটির গুণাবলি সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়, মাটির এ সকল গুণাবলিকে বা ধর্মকে মৃত্তিকার সূচক ধর্ম বলা হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০১, ০২, ০৯, ১১, ১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকার এগ্রিগেইট ধর্মের ক্ষেত্রে কী কী তথ্যাদি জানতে হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণে কী কী বিষয় অবহিত হওয়া যায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পানিতে ভাসমান মৃত্তিকা কণার ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, প্রান্তীয় বেগ,

$v = \frac{1}{18}\frac{D^2}{\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$. [বাকাশিবো-২০০৪, ১১, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মাটির দানার আকার বিতরণ নির্ণয়ে চালনি বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রতি চালনিতে ক্রম পুঞ্জীভূত অবশিষ্টাংশের শতকরা হার নির্ণয়ের পদ্ধতি উদ্ধৃত কর। [বাকাশিবো-২০০১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মাটি কণার চালনি বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং কীভাবে D_{10}, D_{30}, D_{60} বের করা হয় বর্ণনা কর।

[বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৯, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৫ ও ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। মৃত্তিকার শুষ্ক চালনি বিশ্লেষণ পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকার ভিজা চালনি বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মৃত্তিকার সূক্ষ্ম কণার শতকরা হার নির্ণয়ের পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। 'স্টোকস্, ল' এর ভিত্তিতে প্রমাণ কর যে, $D = M\sqrt{\frac{He}{t}}$ যখন $M = \frac{3000\eta}{(G-1)\gamma_w}$ [বাকাশিবো-২০০০, ০৫, ০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। হাইড্রোমিটার দিয়ে সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার মৃত্তিকা কণা বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৪

মৃত্তিকার নম্যতা বৈশিষ্ট্য
(Plasticity characteristics of soil)

৪.১ কয়েকটি সংজ্ঞা (Some definition) ঃ

মৃত্তিকার নম্যতা (Plasticity of Soil) ঃ

সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা বিশেষ করে কাদাজাতীয় মৃত্তিকা (clayed soil) নির্দিষ্ট মাত্রায় সিক্ত অবস্থায় থাকলে, এটিকে যে কোন আকৃতিতে রূপ দেয়া যায়। নির্দিষ্ট জলীয় মাত্রায় চিড়ধরাহীন অক্ষত অবস্থায় মৃত্তিকার বিকৃত হওয়ার সামর্থ্যকে মৃত্তিকার নম্যতা (Plasticity of Soil) বলা হয়। মৃত্তিকার কাদাজাতীয় কণাগুলো এদের পৃষ্ঠে ঋণাত্মক চার্জ বহন করে। ফলত এদের পৃষ্ঠে পানি আকর্ষিত হয়। এ প্রপঞ্চকে (phenomenon) পানি শোষণের প্রবণতা (Absorbtion of Water) এবং কাদাজাতীয় মৃত্তিকা পৃষ্ঠ কর্তৃক আকর্ষিত পানিকে শোষ্য পানি (Absorbed Water) বলা হয়। শোষ্য পানির কারণেই মৃত্তিকা নম্যতাপ্রাপ্ত হয়।

শোষ্য পানির দরুন কাদাজাতীয় মৃত্তিকা কণাগুলো পৃথক পৃথক স্তর সৃষ্টি করে এবং এ পানিই কণাগুলোকে একটির পৃষ্ঠ হতে অপরটিকে পিছলিয়ে যেতে সহায়তা করে। তাই যখন এ ধরনের মৃত্তিকার আকারকে বিকৃত করা হয়, তখন এটি আর পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে না। যদি উক্ত মৃত্তিকায় পানির মাত্রা হ্রাস করা হয়, তখন মৃত্তিকার নম্যতাও হ্রাস পায়। চূড়ান্তভাবে শুষ্ক মৃত্তিকা কঠিন বস্তুর ন্যায় আচরণ করে। মৃত্তিকা নন-পোলারাইজিং (Non-polarizing) তরল, কেরোসিন, প্যারাফিন ইত্যাদিতে সিক্ত করলে এগুলোতে তড়িৎ চুম্বকীয় (Electromagnetic) বৈশিষ্ট্যাদি না থাকায় মৃত্তিকায় নম্যতা সৃষ্টি হয় না। কর্দমকণা শূন্য সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকায়ও নম্যতাগুণ থাকে না।

এটারবার্গ লিমিট (Atterberg limit) ঃ

কোন সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকায় পানি মিশানোর পরিমাণ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে এটি কঠিন (Solid) হতে পানির পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে আধা কঠিন (Semi-solid), নম্য (Plastic) এবং (Liquid) তরলে পরিণত হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে, তরল কাদা হতে জলীয়াংশের পরিমাণ ধীরে ধীরে হ্রাস করতে থাকলে এটি নম্য, আধা কঠিন (Semi-solid) ও কঠিন (Solid) অবস্থায় ফিরে আসে। অর্থাৎ পানির পরিমাণ হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে কাদাজাতীয় মৃত্তিকার ভৌত অবস্থার (State) পরিবর্তন ঘটে। যে পরিমাণ পানি ধারণ মাত্রায় কাদাজাতীয় মৃত্তিকা এক অবস্থা হতে অন্য অবস্থায় পরিবর্তিত হয়, ঐ পরিমাণ পানির মাত্রাকে ঐ মৃত্তিকার কনসিসটেন্সী লিমিট (Consistency Limit) বা এটারবার্গ লিমিট (Atterberg limit) বলা হয়। কাদামাটির অবস্থার পরিবর্তনের সাথে সাথে তার ভৌত ধর্মেরও পরিবর্তন ঘটায় এবং প্রতিটি অবস্থায় একটি নির্দিষ্ট সূচক ধর্মও প্রকাশ করে, যা প্রকৌশল ক্ষেত্রে একটি বিশেষ ভূমিকা পালন করে। সুইডিশ কৃষি প্রকৌশলী এ. এটারবার্গ (A. Atterberg) ১৯১১ সালে এতদসংক্রান্ত তথ্যাদি অনুধাবন করেন। তাই তাঁর নামানুসারে এটিকে Atterberg limit নামে আখ্যায়িত করা হয়। তিনি বিভিন্ন মাত্রায় পানির উপস্থিতিতে কাদামাটির কনসিসটেন্সী বা অবস্থার পরিবর্তনকে তিনটি সীমার বা পরিমাপের আওতায় প্রকাশ করেছেন। এ সীমা তিনটি হচ্ছে--

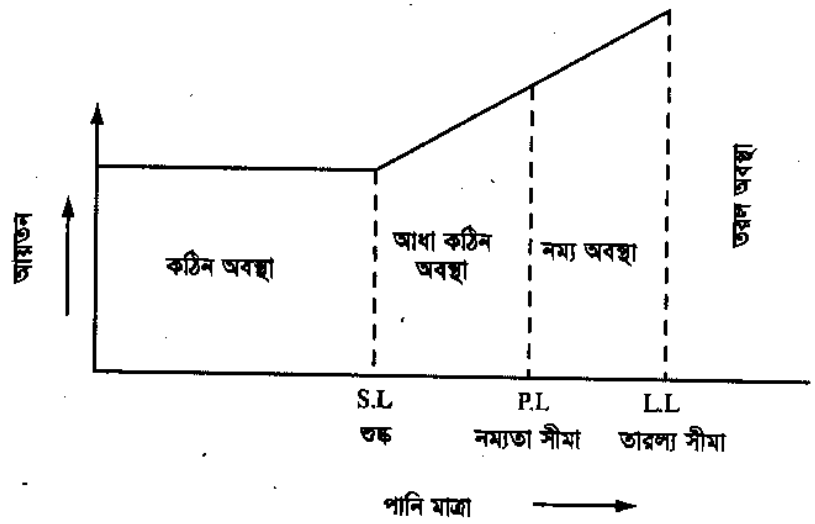
(ক) তারল্য সীমা (Liquid limit)

(খ) নম্যতা সীমা (Plastic limit)

(গ) সংকোচন সীমা (Shrinkage limit)।

তারল্য সীমা (Liquid Limit) ঃ

যখন মৃত্তিকায় পানির মাত্রা বেশি হয় এবং পানি মিশ্রিত মৃত্তিকা তরলের ন্যায় নিজস্ব ওজনে গড়িয়ে যেতে পারে, ঐ অবস্থাকে আমরা মৃত্তিকার তরল অবস্থা (Liquid State) বলি। এ সময় মৃত্তিকার শিয়ার প্রতিরোধের মাত্রা শূন্য। এ পানি মিশ্রিত কাদামাটি হতে পানির পরিমাণ হ্রাস করতে থাকলে এক সময় এটি শিয়ার প্রতিরোধ ক্ষমতা ধীরে ধীরে প্রাপ্ত হয়। যে মাত্রায় পানি থাকলে মৃত্তিকা তরল অবস্থা হতে প্লাস্টিক অবস্থায় প্রবেশ করতে চায়, ঐ অবস্থার পরিবর্তনকালে পানির মাত্রাকে ঐ মৃত্তিকার তারল্য সীমা (Liquid limit-ω_L বা L. L) বলা হয়। অন্যভাবে বলা যায়, সর্বাধিক যে পরিমাণ পানির উপস্থিতে মৃত্তিকার প্লাস্টিক অবস্থা হতে তরল অবস্থায় যাওয়ার প্রবণতা দেখা দেয়, ঐ পরিমাণ পানির মাত্রাকে ঐ মৃত্তিকার তারল্য সীমা বলা হয়। (চিত্র ঃ ৪.১ক)

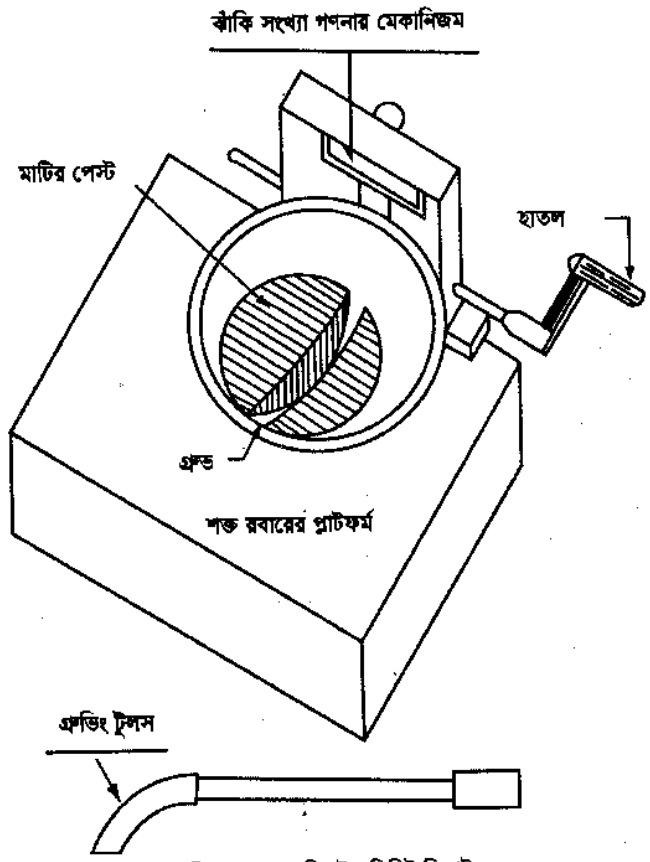


চিত্র ঃ ৪.১ (ক)

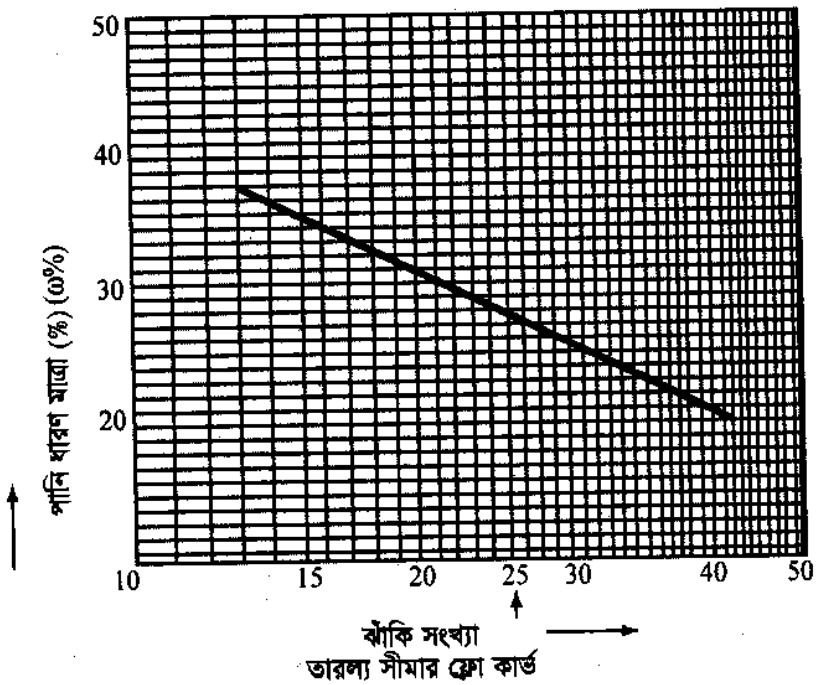
কাদা মৃত্তিকার তারল্য সীমা জানার জন্য (ক) ক্যাসাগ্রান্ডির লিকুইড লিমিট ডিভাইস বা (খ) কোন পেনিট্রোমিটার (Cone penetrometer) ব্যবহার করা হয়।

(ক) ক্যাসাগ্রান্ডি লিকুইড লিমিট ডিভাইসের সাহায্যে ঃ ৪২৫ মাইক্রন (μ) চালনিতে অতিক্রান্ত ১২০-১৫০ গ্রাম শুষ্ক নমুনা মৃত্তিকার ডিসটিল ওয়াটার মিশিয়ে পেষ্ট তৈরি করে লিকুইড লিমিট ডিভাইসের কাপে ভূমির সমান্তরালে প্রায় ১ সেন্টিমিটার গভীরতায় উক্ত পেস্ট নিয়ে পেস্টের মাঝ বরাবর গ্রুভিং টুলস্ দিয়ে (কাপের সংযুক্ত দিক হতে মুক্ত দিকে) সোজাসুজি পূর্ণ গভীরতায় গ্রুভ কাটা হয়। (চিত্র ঃ ৪.১ক) এতে কাপের তলায় পেস্টের দু'অংশের মাঝে ২ মিলিমিটার ফাঁক হয়।

এ অবস্থায় কাপটিকে যন্ত্রে সংযুক্ত হাতলের সাহায্যে বা যান্ত্রিক উপায়ে ১ সেন্টিমিটার উপর হতে বরাবর প্লাটফর্মের উপর প্রতি সেকেন্ড ২ বার ঝাঁকি (blow) দিলে ধীরে ধীরে দু' অংশের মাঝের ফাঁক বন্ধ হয়ে যায়। যে পানি ধারণ মাত্রায় (water content) কোন মৃত্তিকা পেস্টে উক্ত নিয়মে ২৫ বার ঝাঁকি দিলে ফাঁকের প্রায় ১২–১৫ মিলিমিটার মিশে যায়, ঐ পানি ধারণ মাত্রাকেই উক্ত মৃত্তিকার লিকুইড লিমিট ধরা হয়। ২৫ ঝাঁকিতে গ্রুভ মিশে যায় এরূপ পানি ধারণ মাত্রার পেস্ট তৈরি করা খুবই কষ্টকর ও সময়সাপেক্ষ বিধায় উক্ত পরীক্ষাটি বিভিন্ন পানি ধারণ মাত্রায় পেস্ট তৈরি করে (যেন ১০ হতে ৪০ ঝাঁকিতে গ্রুভ মিশে যায়) পানি ধারণ মাত্রাকে লম্ব এবং ঝাঁকির সংখ্যাকে (লগ স্কেলে) ভূমি ধরে প্লট করলে একটি সরল রেখা পাওয়া যায় (চিত্রঃ ৪.১ক২)। এ ধরনের প্লটকে ফ্লো কার্ভ (Flow curve) বলা হয়। এ ফ্লো কার্ভে ২৫ ঝাঁকির বিপরীতে প্রাপ্ত পানি ধারণ মাত্রাই উক্ত মৃত্তিকার জন্য তারল্য সীমা।



চিত্র ঃ ৪.১ক১ লিকুইড লিমিট ডিভাইস



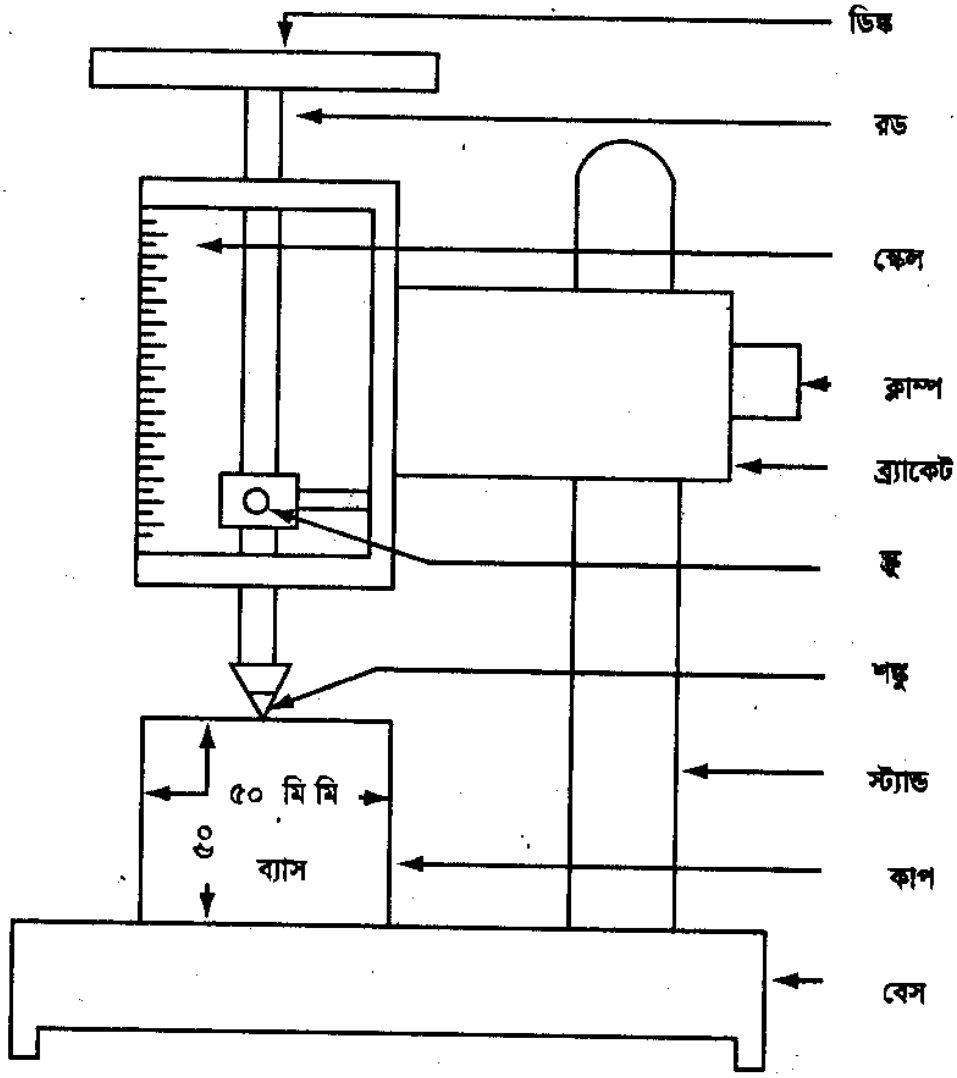
চিত্র ঃ ৪.১ক২

(খ) কোন পেনিট্রোমিটার পদ্ধতি ঃ এ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত নমুনা পেস্ট ও লিকুইড লিমিট ডিভাইসে ব্যবহৃত নমুনা পেস্টের ন্যায় তৈরি করা হয়। উক্ত পেস্ট দিয়ে ৫০ মিলিমিটার অন্তঃব্যাস ও ৫০ মিলিমিটার গভীর একটি কাপের (কোন পেনিট্রোমিটার কাপ) উপরিতল পর্যন্ত সতর্কতার সহিত (যেন বায়ু আবদ্ধ হয়ে কাপের কোন অংশে ফাঁক না থাকে) সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ করে শঙ্কুর (Cone) নিচে প্লাটফর্মে বসিয়ে শঙ্কুটি কাপের উপরিতল স্পর্শ করিয়ে স্বাভাবিকভাবে ছেড়ে দিলে ৩০ সেকেন্ডে শঙ্কুটি কাপের মৃত্তিকা পেস্টে যে পরিমাণ (মিলিমিটারে) প্রবেশ করে এবং উক্ত নমুনায় পানি ধারণের মাত্রা নির্ণয় করে নিম্নের সূত্রের সাহায্যে উক্ত মৃত্তিকার তারল্য সীমা নির্ণয় করা যায় (এ ক্ষেত্রে ধরা হয় যে, শঙ্কু ২৫ মিলিমিটার নমুনা পেস্টে প্রবেশ করলে নমুনায় পানি ধারণ মাত্রা তারল্য সীমায় থাকে)। (চিত্র ৪.১ক৩)

তারল্য সীমা, $\omega_L = \omega_x + ০.০১ (২৫-x) (\omega_x + ১৫)$

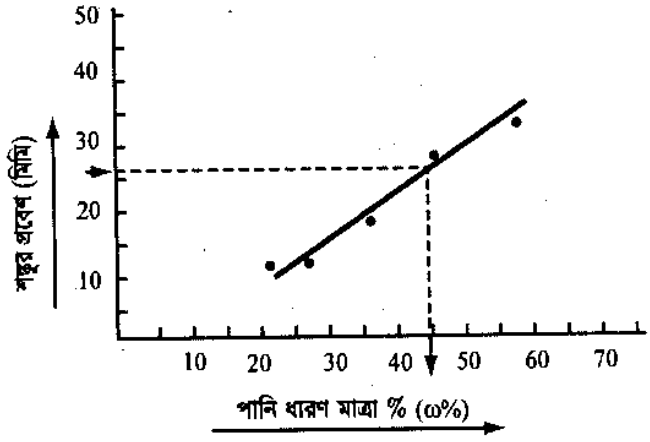
এখানে $\omega_x = x$ মিলিমিটার নমুনা পেস্টে শঙ্কু প্রবেশকালে নমুনা মৃত্তিকা পেস্টে পানি ধারণ মাত্রা।

পানি ধারণ মাত্রা (Water Content) নির্ণয়ের চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতি দ্বিতীয় অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে)



চিত্র ঃ ৪.১ ক৩ কোন পেনিট্রোমিটার

এক্ষেত্রে বিভিন্ন পানি ধারণ মাত্রার নমুনা পেস্ট ব্যবহার করে শঙ্কু প্রবেশের পরিমাণ ও পানি ধারণ মাত্রার সাপেক্ষে ফ্লো কার্ভ এঁকে শঙ্কুর ২৫ মিলিমিটার প্রবেশের বিপরীতে প্রাপ্ত পানি ধারণ মাত্রাই নির্দিষ্ট নমুনা মৃত্তিকার তারল্য সীমা ধারা হয়। (চিত্র ঃ ৪.১ক৪)



চিত্র ৪.১ক৪ কোন পেনিট্রোমিটার ফ্লো-কার্ভ

নম্যতা সীমা (Plastic Limit) ঃ

প্লাস্টিক অবস্থায় মৃত্তিকাকে যে কোন আকৃতিতে রূপ দেয়া যায়। এ অবস্থায় মৃত্তিকা হতে পানির পরিমাণ ধীরে ধীরে হ্রাস করলে নম্যতার মাত্রাও হ্রাস পেতে থাকে এবং এক সময় পানির মাত্রা হ্রাস পেয়ে এমন অবস্থায় আসে যে মৃত্তিকার প্লাস্টিক আচরণ প্রায় লোপ পায়। এরপর পানির মাত্রা আরো হ্রাস করে এটিকে মৌল্ড করলে ফাটল দেখা দেয় অর্থাৎ মৃত্তিকা আধা কঠিন অবস্থায় আসে। আধা কঠিন অবস্থায় প্রবেশের পূর্ব লগ্নে মৃত্তিকায় পানির মাত্রা যে পরিমাণে থাকে, পানির মাত্রার ঐ পরিমাণকে ঐ মৃত্তিকার নম্যতা সীমা (Plastic Limit PL বা ω_p) বলা হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে, যে পানি মাত্রায় মৃত্তিকার প্লাস্টিসিটি আচরণের সমাপ্তি ঘটে ঐ পানি মাত্রাকে ঐ মৃত্তিকায় নম্যতা সীমা (Plastic Limit) বলা হয়। (চিত্রঃ ৪.১ক) সহজভাবে বলা যায় যে, সর্বনিম্ন যে পানি মাত্রায় কোন কাদা মৃত্তিকাকে বিনা ফাটল ও বিনা ভাঙ্গনে তিন মিলিমিটার ব্যাসের সুতায় পরিণত করা যায়, মৃত্তিকায় এ পরিমাণ পানি মাত্রাই মৃত্তিকার নম্যতা সীমা। চিত্র ১৭.(গ) এর ন্যায় কাদা দিয়ে তিনি মিলিমিটার ব্যাসের সুতা বা রশি তৈরি করলে যে পানি মাত্রার কাদার রশিতে ভাঙ্গন বা ফাটলের প্রবণতা দেখা দেয়, ঐ পানি মাত্রাই এ কাদার জন্য নম্যতা সীমা।

সংকোচন সীমা (Shrinkage Limit) ঃ

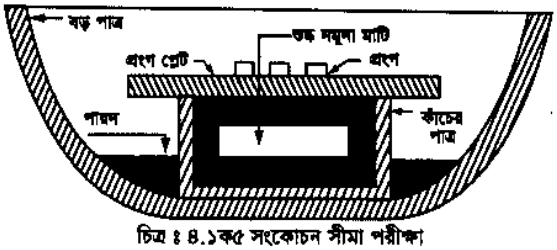
পানি মিশ্রিত কর্দম মৃত্তিকা হতে পানির মাত্রা হ্রাস করতে থাকলে এটির আয়তনও হ্রাস পেতে থাকে। কিন্তু জলীয়াংশের একটি নির্দিষ্ট সীমায় পানির মাত্রা হ্রাস করলেও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে না। কিন্তু সৃষ্ট ভয়েডগুলো বায়ুতে পূর্ণ হতে আরম্ভ করে। মৃত্তিকার যে মাত্রায় পানি থাকলে, পানি হ্রাসপ্রাপ্তির পরেও মৃত্তিকার আয়তনের পরিবর্তন ঘটে না, ঐ পরিমাত্রার পানিকে ঐ মৃত্তিকায় সংকোচন সীমা (Shrinkage limit, ω_s বা S_L) বলা হয়।

গবেষণাগারে সংকোচন সীমা নির্ণয়করণ ঃ শ্রিংকেজ ডিশকে (Shrinkage dish) বৃহৎ আকারের একটি ইভাপোরেটিং ডিশের ভিতর রেখে শ্রিংকেজ ডিশ পারদে পূর্ণ করা হয় এবং পারদ পূর্ণ ডিশের উপর সমতল কাচের প্লেট চাপ দিয়ে স্থাপন করলে ডিশের উপরিতলের অতিরিক্ত পারদ ইভাপোরেটিং ডিশে পতিত হয়। এরপর কাচের প্লেটটি সরিয়ে শ্রিংকেজ ডিশের গায়ে লাগা ও ইভাপোরেটিং ডিশে পতিত পারদ পরিষ্কার করে ডিশের (শ্রিংকেজ) পারদের ওজন নিয়ে ডিশের আয়তন (V_1) নির্ণয় করা হয়।

৪২৫ মাইক্রন (μ) চালনিতে অতিক্রান্ত আনুমানিক ৫০ গ্রাম পরিমাণ নমুনা মৃত্তিকা নিয়ে তারল্য সীমার অধিক পানি ধারণ মাত্রায় পেস্ট তৈরি করা হয় এবং এ তৈরিকৃত পেস্ট দিয়ে সতর্কতার সাথে (যেন বায়ু আবদ্ধ হয়ে কোন অংশ ফাঁকা না থাকে) শ্রিংকেজ ডিশের উপরিতল পর্যন্ত কানায় কানায় সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ করা হয় এবং শ্রিংকেজ ডিশ সহ নমুনা পেস্টের ওজন (W_1) নেয়া হয়। এরপর ডিশসহ পেস্টকে বাতাসে শুকিয়ে নিয়ে উত্তমরূপে শুকানোর জন্য চুল্লীতে শুকানো হয়। চুল্লিতে শুকানোর পর ঠাণ্ডা করে ডিশসহ শুকানো মৃত্তিকার ওজন (W_s) নেয়া হয়।

শুকানো নমুনার আয়তন (V_2) নির্ণয়ের জন্য শ্রিংকেজ ডিশের চেয়ে আকারে বড় একটি কাচের পাত্র নেয়া হয়। এ কাচের পাত্রকে একটি বৃহৎ ইভাপোরেটিং ডিশে রেখে কাচ পাত্রে সম্পূর্ণরূপে পারদ পূর্ণ করে তিন প্রংগ বিশিষ্ট কাচের প্লেট দিয়ে ঢেকে চাপ দিলে অতিরিক্ত পারদ ইভাপোরেটিং ডিশে ও কাচ পাত্রের গায়ে পতিত হয়। কাচ পাত্রের গা পারদমুক্ত করে পাত্রটি পারদ পূর্ণ অবস্থায় অন্য একটি বৃহৎ ডিশে রাখতে হয়। এরপর শ্রিংকেজ ডিশ হতে শুকনো নমুনাটি বের করে পারদ পূর্ণ কাচ পাত্রে রেখে প্রংগ সমেত কাচের প্লেট দিয়ে চাপ দিলে শুষ্ক নমুনার আয়তনের সমপরিমাণ পারদ উপচে বৃহৎ ডিশে পতিত হয়। এ উপচানো পারদের ওজন নিয়ে আয়তন (V_2) নির্ণয় করা হয়। (পারদের G = ১৩.৬ ধরা হয়) (চিত্র ৪.১ক৫) এর পর নিম্নের সূত্রের সাহায্যে উক্ত নমুনার সংকোচন সীমা নির্ণয় করা হয় ঃ

$$\omega_s = \frac{(W_1-W_s) - (V_1-V_2)\gamma_\omega}{W_s}$$

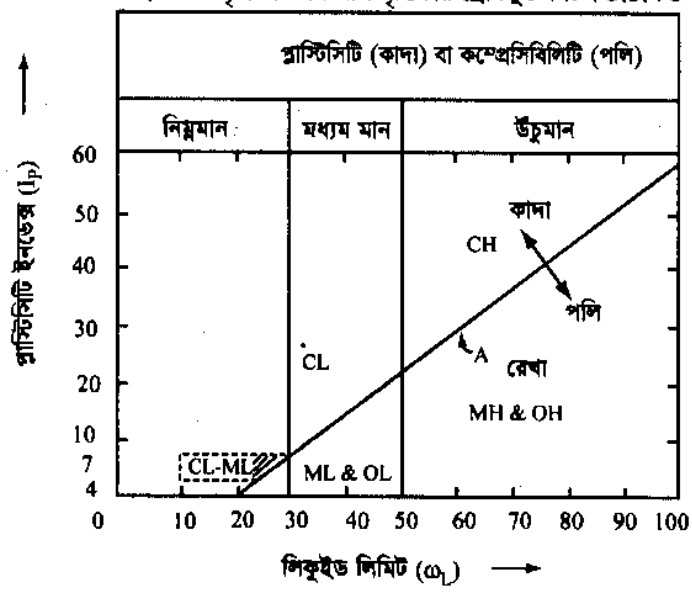


চিত্র ঃ ৪.১ক৫ সংকোচন সীমা পরীক্ষা

নম্যতা সূচক (Plasticity Index) ঃ

তারল্য সীমা ও নম্যতা সীমার পার্থক্যকে নম্যতা সূচক (Plasticity Index, I_p বা P,I) বলা হয়। অর্থাৎ PI = L.L – PL.। নম্যতা সীমা ও তারল্য সীমার মধ্যবর্তী পানি মাত্রায় মৃত্তিকায় প্লাস্টিক আচরণ বহাল থাকে। এ সূচক মৃত্তিকায় কাদার পরিমাণও নির্দেশ করে। মৃত্তিকায় কাদার পরিমাণ বেশি হলে নম্যতা সূচক অধিক এবং কাদার পরিমাণ কম হলে নম্যতা সূচকের মান কম হয়।

সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকাকে কাদা ও পলি মৃত্তিকায় এবং তারল্য সীমা ও নম্যতা সূচকের মাত্রা অনুযায়ী শ্রেণিবিন্যাসকরণে (অল্প মাত্রায় নমনীয়, মধ্যম মাত্রায় নমনীয়, উচ্চ মাত্রায় নমনীয়) নম্যতা চার্ট (Plasticity Chart) ব্যবহার করা হয়। নম্যতা চার্ট সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকায় তারল্য সীমা ও নম্যতা সূচকের মধ্যে সম্পর্ক প্রকাশ করে। এ চার্টে $I_p = ০.৭৩ (\omega_L - 20)$ সমীকরণের একটি ঢালু সরল রেখা (A) টানা থাকে, যার উপরের মৃত্তিকা অজৈব কাদা এবং নিচের মৃত্তিকা জৈব পলি মৃত্তিকার শ্রেণিভুক্ত। চিত্র ৪.১.ক৬-এ চার্টটি দেয়া হল ঃ



চিত্র ঃ ৪.১ক৬ প্লাস্টিসিটি চার্ট

তারল্য সূচক (Liquidity Index) ঃ তারল্য সূচক, $I_L = \frac{\omega - \omega_p}{I_p} \times 100$

এখানে প্রাকৃতিক অবস্থানে মৃত্তিকায় জলীয়াংশের মাত্রা ω। তারল্য মাত্রায় মৃত্তিকার তারল্য সূচক ১০০% এবং এ সময় এটি তরলের ন্যায় আচরণ করে। যখন মৃত্তিকা প্লাস্টিক লিমিটে থাকে তখন এটির $I_L = 0$। মৃত্তিকার প্লাস্টিক লিমিট অপেক্ষা কম মাত্রার পানি তারল্য সূচক ঋণাত্মক হয় অর্থাৎ মৃত্তিকা কঠিন অবস্থায় থাকে। তারল্য সূচককে পানি-নম্যতার অনুপাতও বলা হয়।

কনসিসটেন্সী ইনডেক্স (Consistency Index) ঃ

কনসিসটেন্সী ইনডেক্স I_c বা Cl কে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয় ঃ

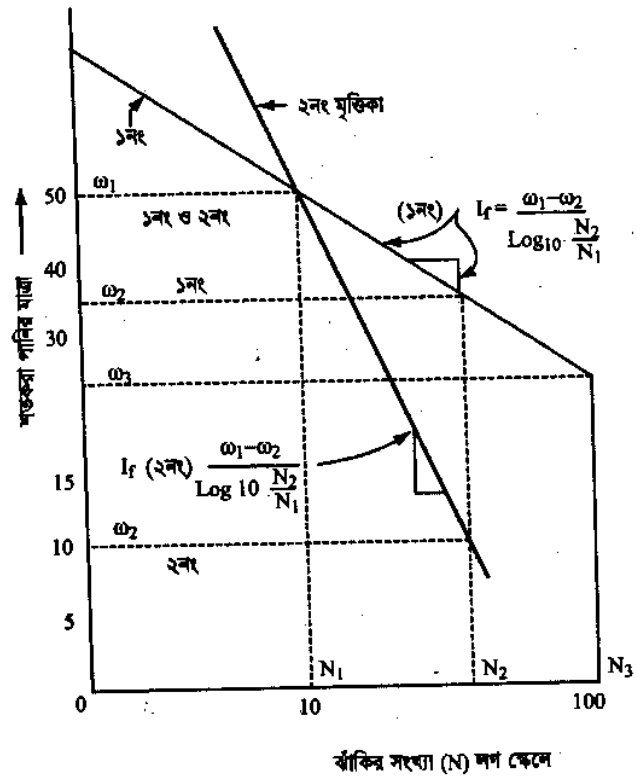
$$I_c = \frac{\omega_L - \omega}{I_p} \times 100$$

তারল্য সীমায় মৃত্তিকার I_c এর মান শূন্য হয়। এ সময় মৃত্তিকা খুবই নরম হয় এবং এটি নগণ্য মাত্রায় শিয়ার প্রতিরোধ করতে পারে। নম্যতা সীমায় মৃত্তিকার I_c = ১০০% হয় অর্থাৎ মৃত্তিকা তুলনামূলকভাবে দৃঢ় এবং I_c এর মান ১০০% এর অধিক হলে এটি আধা কঠিন অবস্থায় থাকে। I_c এর মান ঋণাত্মক হলে মৃত্তিকায় তারল্য সীমার অধিক পানি বিদ্যমান বুঝায়। সর্বদাই যে কোন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে $I_c + I_L$ = ১০০% হবে। কাজেই I_c বাড়লে I_L কমবে এবং I_L কমলে I_c বাড়বে।

ফ্লো ইনডেক্স (Flow Index) ঃ

ফ্লো ইনডেক্স (I_F) কে নিচের সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। এটির দ্বারা ফ্লো কার্ভের ঢালকে বুঝায়।

$$I_F = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\log_{10} N_2/N_1}$$



চিত্র ঃ ৪.১খ

এখানে, N_1= মৃত্তিকায় পানির মাত্রা ω_1 কালে ব্লো (Blow) এর সংখ্যা

N_2 = মৃত্তিকায় পানির মাত্রা ω_2 কালে ব্লো এর সংখ্যা (এখানে ব্লো এর সংখ্যা বলতে ক্যাসাগ্রান্ডির তারল্য সীমা পরীক্ষার ব্লো এর সংখ্যা বুঝান হয়েছে)।

(চিত্র ঃ ৪.১খ) ১নং মৃত্তিকার তুলনায় ২নং মৃত্তিকার I_F এর মান বেশি। তাই ২নং মৃত্তিকার শিয়ার স্ট্রেংথের পরিমাণ ১নং মৃত্তিকার তুলনায় কম। বিভিন্ন মৃত্তিকার মধ্যে যেটির কার্ভের ঢাল যত বেশি তার শিয়ার নেয়ার ক্ষমতা তত কম।

টাফনেস্ ইনডেক্স (Toughess Index) ঃ

কোন মৃত্তিকার প্লাস্টিসিটি ইনডেক্স (I_p) ও ফ্লো ইনডেক্সের (I_F) অনুপাতই টাফনেস্ ইনডেক্স। অর্থাৎ $I_t = \frac{I_p}{I_F}$

নম্যতা সীমার মৃত্তিকার শিয়ার স্ট্রেংথের পরিমাপই টাফনেস ইনডেক্স। অধিকাংশ মৃত্তিকা I_t এর মান ০ হতে ৩.০ মধ্যে হয়ে থাকে। যে মৃত্তিকার I_t এর মান ১ এর কম তা নম্যতা সীমায় সহজেই চূর্ণ করা যায়।

৪.২ কনসিসটেন্সীর পরিমাপ (Measurement of consistency) ঃ

সাধারণত কনসিসটেন্সিকে খুব কোমল (Very Soft), কোমল (Soft), মধ্যম (Medium), অনমনীয় (Stiff), খুব অনমনীয় (Very Stiff) ও কঠিন (Hard) এ ধরনের ভাষায় প্রকাশ করা হয়। এ ধরনের শব্দ আপেক্ষিক শব্দ এবং এগুলো প্রকৌশলীদেরকে বিভ্রান্তিতে ফেলতে পারে। তাই কনসিসটেন্সীর পরিমাপ ব্যবহার করাই উত্তম। যেহেতু মৃত্তিকায় বিকৃতি প্রতিরোধের মাত্রাই কনসিসটেন্সী, তাই এটি শিয়ার স্ট্রেংথ বা কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথের সাথে সম্পর্কিত। মৃত্তিকার আন-কনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ (qu) মৃত্তিকার সিলিন্ডার আকৃতির স্পেসিমেনের একক ক্ষেত্রের উপর পতিত ফেইলুর লোডের (Failure load) সমান। এটি আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং যন্ত্রের সাহায্যে পরিমাপ করা যায়। যেহেতু শিয়ার স্ট্রেংথের দ্বিগুণ আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ এর সমান। এর পরিমাপ ভেন (Vane) শিয়ার টেস্টের মাধ্যমেও করা যায়।

নিচে qu এর মানে কনসিসটেন্সির পরিমাণ দেয়া হল ঃ

মৃত্তিকা	qu (কেজি/সেমি.^{২})	শনাক্তকরণ বৈশিষ্ট্য
খুব নরম	< ০.২৫	- মৃত্তিকায় মুষ্টি প্রবেশ করান যাবে
নরম	০.২৫ - ০.৫০	- মৃত্তিকায় বৃদ্ধাঙ্গুলি প্রবেশ করান যাবে
মধ্যম	০.৫০ -১.০০	- মৃত্তিকায় চাপে বৃদ্ধাঙ্গুলি প্রবেশ করান যাবে
অনমনীয়	১.০০- ২.০০	- মৃত্তিকায় বৃদ্ধাঙ্গুলি কষ্টে প্রবেশ করান যাবে
খুব অনমনীয়	২.০০ - ৪.০০	- মৃত্তিকায় সহজে নখ দিয়ে আঁচড় কাটা যাবে
কঠিন	>৪.০০	- মৃত্তিকায় কষ্টে নখ দিয়ে আঁচড় কাটা যাবে

৪.৩ মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা ও থিক্সোট্রপি (Sensitivity & Thixotropy of soil) ঃ

স্পর্শকাতরতা (Sensitivity) ঃ প্রাকৃতিক অবস্থানে সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকার একটি নির্দিষ্ট কাঠামো থাকে। যখন এ মৃত্তিকাকে বিক্ষত (distrubed) করে, রিমৌল্ড (remould) করা হয়। তখন এটির কাঠামোগত পরিবর্তন ঘটে এবং উক্ত মৃত্তিকার প্রকৌশলগত ধর্মে পরিবর্তন সাধিত হয়। অক্ষত অবস্থায় (Undisturbed) মৃত্তিকার শক্তির পরিমাণের $(qu)_u$ সাথে সমপানি মাত্রায় রিমৌল্ড করার পর এতে প্রাপ্ত শক্তির পরিমাণের $(qu)_r$ অনুপাতকে মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা (S_t) বলা হয়। নিচের সমীকরণের সাহায্যে মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা প্রকাশ করা হয় ঃ

$$S_t = \frac{(qu)_u}{(qu)_r}$$

এখানে, $(qu)_u$ = আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ (অক্ষত কাদা মৃত্তিকার)

$(qu)_r$ = আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ (বিক্ষত (Remoulded) কাদা মৃত্তিকার)।

স্পর্শকাতরতার উপর ভিত্তি করে মৃত্তিকাকে ছয় ভাগে ভাগ করা যায়–

১। অস্পর্শকাতর $(S_t) < ১.০০$)

২। মৃদু স্পর্শকাতর (S_t = ১.০০ হতে ২০০)

৩। মধ্যম মানের স্পর্শকাতর (S_t = ২.০০ হতে ৪.০০)

৪। স্পর্শকাতর (S_t = ৪.০০ হতে ৮.০০)

৫। অতিরিক্ত স্পর্শকাতর (S_t = ৮.০০ হতে ১৬.০০)

৬। কুইক (Quick) (S_t > ১৬.০০)।

থিক্সোট্রপি (Thixotropy) ঃ মৃত্তিকায় স্পর্শজনিত কারণে যে কোন ধরনের পরিবর্তনকে থিক্সোট্রপি বলা হয়। মৃত্তিকাকে রিমৌল্ডিং (Remoulding) করলে এটির পানি শোষ্যাংশে পানির মৌলে পরিবর্তন এবং মৃত্তিকার কাঠামোগত পরিবর্তনের কারণে এটির শক্তি হ্রাস পায়। যদি সংসক্তি-প্রবণ মৃত্তিকাকে রিমৌল্ডিং করার পর পানির মাত্রা হ্রাস না পায় এবং এটিকে স্বাভাবিক অবস্থায় রেখে দেয়া হয়, তবে সময় অতিক্রান্তের সাথে এর হারান শক্তির কিছু অংশ পুনরায় লাভ করে। মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যায় রিমৌল্ডে (Remoulded) মৃত্তিকায় সময় অতিক্রান্তের সাথে এটির শক্তি অর্জনকে থিক্সোট্রপি বলা হয়। মৃত্তিকার পানি শোষ্যাংশে পানির অণুর পুনঃবিন্যাস এবং রাসায়নিক ভারসাম্যতার জন্য থিক্সোট্রপি ঘটে থাকে। মৃত্তিকার থিক্সোট্রপির জন্যই মৃত্তিকায় পাইল প্রবেশ করানের পর সাথে সাথে এটি যে পরিমাণ ভার নিতে পারে, পরবর্তীতে কিছু কাল অতিক্রান্ত হয়ার পর পূর্বের চেয়ে অধিক ভার নিতে পারে।

৪.৪ কনসিসটেন্সী লিমিটগুলোর ব্যবহার (Uses of consistancy limits) ঃ

মৃত্তিকার প্রাকৃতিক কাঠামোর উপর এটির প্রকৃত আচরণ নির্ভর করে। যেহেতু কনসিসটেন্সী লিমিটগুলো শুধুমাত্র রিমৌল্ডে (Remoulded) মৃত্তিকার মাধ্যমে করা হয়। তাই এগুলো মৃত্তিকা সংক্রান্ত সকল তথ্যাদি উপস্থাপন না করে শুধুমাত্র মৃত্তিকা সংক্রান্ত তথ্যাদির খসড়া প্রাক্কলন পেশ করে (শুধুমাত্র সংকোচন সীমা জানার জন্য অবিঘ্নিত মৃত্তিকা ব্যবহৃত হয়)। কনসিসটেন্সী লিমিট ও প্লাস্টিক বৈশিষ্ট্যাদি হতে মৃত্তিকার ধরন জানা যায় না; বরং এগুলো হতে সূক্ষ্মদানার সংসক্তি-প্রবণ মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলি জানা যায়। মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলি এটির প্রকৌশল ধর্মাবলির সাথে সম্পর্কিত। তাই এদের সূচক ধর্মাবলির ক্ষেত্রে কনসিসটেন্সী লিমিটগুলো ব্যবহার করে মৃত্তিকা সংক্রান্ত তথ্যাদি উপস্থাপন করা হয়। নিচে এগুলোর ব্যবহার সংক্রান্ত বিষয়ে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হল ঃ

১। মৃত্তিকার কণার আকার যত সূক্ষ্ম হয়, তারল্য সীমা ও নম্যতা সীমা উভয়ই তত বৃদ্ধি পায়। তবে তারল্য সীমা অধিক হারে এবং নম্যতা সীমা কম হারে বৃদ্ধি পায়। ফলত নম্যতা সূচকের মান দ্রুত বৃদ্ধি পায়। কাদা মৃত্তিকার সাথে পলির মাত্রা বৃদ্ধির ফলে তারল্য সীমা ও নম্যতা সীমা উভয়ই হ্রাস পায়। এতে তারল্য সীমার হ্রাসের মাত্রা অধিক হয়। ফলত নম্যতা সূচকের মান কমে যায়। কাজেই মৃত্তিকা কণার সূক্ষ্মতা (Fineness) জানার জন্য নম্যতা সূচক ব্যবহার করা যায়।

২। সংসক্তি-প্রবণ সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার তারল্য সীমা (L.L.) ও নম্যতা সীমা (P.L) মৃত্তিকার কাদার ধরন ও পরিমাণের উপর নির্ভর করে। যেহেতু নম্যতা সূচক মূলত মৃত্তিকার কাদার পরিমাণের উপর নির্ভর করে, তাই কোন মৃত্তিকায় কাদার পরিমাণ জানার জন্য নম্যতা সূচক ব্যবহার করা যায়।

৩। বেলে মৃত্তিকার পানির মাত্রা হ্রাসে তরল অবস্থা হতে আকস্মিকভাবে আধা কঠিন অবস্থায় আসে। এটির কোন নম্যতা সীমা থাকে না। এ ধরনের মৃত্তিকা নম্যতাহীন (N.P)। কাজেই নম্যতা সীমা সংক্রান্ত তথ্যাদি ব্যবহার করে বেলে মৃত্তিকা চেনা যায় (তারল্য সীমা ২০% এর কম হলে মৃত্তিকা সাধারণত বালি শ্রেণিভুক্ত)।

৪। মৃত্তিকায় কাদা কণার শতকরা হার সংকোচন সূচকের সাথে সরাসরি সামানুপতিক। কাজেই মৃত্তিকার কাদা কণার হার জানার জন্য সংকোচন সূচক ব্যবহার করা যায়।

৫। সমমানের নম্যতা সূচকসম্পন্ন মৃত্তিকার ধর্মাবলির মধ্যে তুলনা করলে দেখা যায় যে, তারল্য সীমা বৃদ্ধিতে শুষ্ক শক্তি (Dry Strength) ও টাফনেস (Toughness) হ্রাস পায়, কিন্তু চাপসহন ক্ষমতা (Compressibility) ও ভেদ্যতা (Permeability) বৃদ্ধি পায়।

৬। মৃত্তিকার টাফনেস ইনডেক্সের মান অধিক হলে মৃত্তিকার কলোয়ডাল কাদার (Colloidal Clay) পরিমাণ অধিক বুঝায়। কাজেই টাফনেস ইনডেক্স ব্যবহার করে মৃত্তিকায় কলোয়ডাল কাদার পরিমাণ সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়।

৭। মৃত্তিকার জৈব পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধিতে নম্যতা সীমা বৃদ্ধি পায় কিন্তু তারল্য সীমা উল্লেখযোগ্য মাত্রায় বৃদ্ধি পায় না। তাই অধিক জৈব পদার্থসম্পন্ন মৃত্তিকার নম্যতা সূচক কম হয়। তাই নম্যতা সূচক ব্যবহার করে মৃত্তিকায় জৈব পদার্থের উপস্থিতি উপলব্ধি করা যায়।

৮। নম্যতা সূচক ও তারল্য সীমার মান ব্যবহার করে প্লাস্টিসিটি চার্ট হতে মৃত্তিকার ধরন (সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা) জানা যায়।

৯। সমতারল্য সীমাসম্পন্ন মৃত্তিকার ধর্মাবলির মধ্যে তুলনা করলে দেখা যায় যে, নম্যতা সূচক বৃদ্ধি পেলে শুষ্কশক্তি ও টাফনেস বৃদ্ধি পায়, তবে ভেদ্যতা হ্রাস পায় এবং চাপ সহন ক্ষমতা পূর্বের মতোই থাকে।

১০। মৃত্তিকার চাপ সহন ক্ষমতা (Compressibility) তার তারল্য সীমার সাথে সম্পর্কিত। তাই তারল্য সীমা ব্যবহার করে মৃত্তিকার চাপ সহন ক্ষমতা সম্পর্কে জানা যায়।

অনুশীলনী-৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **মৃত্তিকার নম্যতার সংজ্ঞা লিখ।**

উত্তর নির্দিষ্ট জলীয় মাত্রায় চিড়ধরাহীন অক্ষত অবস্থায় মৃত্তিকার (বিশেষ করে কাদাজাতীয় মৃত্তিকার) বিকৃত হওয়ার সামর্থ্যকে মৃত্তিকার নম্যতা বলা হয়।

২। **'নন-পোলারাইজিং' তরলে মৃত্তিকা নম্যতাপ্রাপ্ত হয় না কেন?**

উত্তর 'নন-পোলারাইজিং' তরলে তড়িৎ চুম্বকীয় বৈশিষ্ট্যাদি না থাকায় এগুলোতে মৃত্তিকা নম্যতাপ্রাপ্ত হয় না।

৩। **মৃত্তিকার তারল্য সীমার সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০১, ২০০৪, ২০০৬, ২০১০, ২০১২]

উত্তর সর্বাধিক যে পরিমাণ পানি মাত্রায় কোন মৃত্তিকা প্লাস্টিক অবস্থা হতে তরল অবস্থায় যাওয়ার প্রবণতা দেখায়, ঐ পরিমাণ পানি মাত্রাকে ঐ মৃত্তিকার তারল্য সীমা বলা হয়।

৪। **বিভিন্ন মাত্রায় পানিতে মৃত্তিকার কী কী অবস্থা হয়ে থাকে?**

উত্তর মৃত্তিকায় পানির মাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে এর অবস্থা কঠিন হতে আধাকঠিন, নম্য ও তরল এরূপ হয়।

৫। **কাদা মৃত্তিকায় অবস্থার পরিবর্তনকে কী কী সীমায় প্রকাশ করা হয়?**

উত্তর কাদা মৃত্তিকায় অবস্থার পরিবর্তনকে (ক) তারল্য সীমা (খ) নম্যতা সীমা ও (গ) সংকোচন সীমায় প্রকাশ করা হয়।

৬। **নম্যতা সূচক কী?** [বাকাশিবো-২০১০, ২০১১, ২০১৪]

অথবা, প্লাস্টিসিটি ইনডেক্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর মৃত্তিকার তারল্য সীমা (L.L) ও নম্যতা সীমার (P.L) পার্থক্যকে নম্যতা সূচক (P.I) বলা হয়।
অর্থাৎ P.I = L.L–P.L.

৭। **তারল্য সূচক কী?**

উত্তর তারল্য সূচক, $I_L = \frac{\omega - \omega_p}{\omega_L - \omega_p}$। তারল্য সূচক ১০০% হলে মৃত্তিকা তরলের ন্যায় আচরণ করে এবং প্লাস্টিক সীমায় মৃত্তিকার তারল্য সূচক ০ হয়।

৮। **ফ্লো ইনডেক্স (প্রবাহ সূচক) কী?** [বাকাশিবো-২০০০, ৯৯]

উত্তর ফ্লো ইনডেক্স, $I_F = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\log_{10}\frac{N_2}{N_1}}$ এর দ্বারা ফ্লো কার্ভের ঢালকে বুঝায়।

৯। **টাফনেস ইনডেক্সের সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর কোন মৃত্তিকার প্লাস্টিসিটি ইনডেক্স (I_P) ও ফ্লো ইনডেক্সের (I_F) অনুপাতই ঐ মৃত্তিকার টাফনেস ইনডেক্স (I_t)।
অর্থাৎ $I_t = \frac{I_P}{I_F}$।

১০। **থিক্সোট্রপি কী?** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৬, ০৮, ০৯, ১০, ১৪]

অথবা, মাটির থিক্সোট্রপি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর স্পর্শজনিত কারণে মৃত্তিকায় যে কোন ধরনের পরিবর্তনকে মৃত্তিকার থিক্সোট্রপি বলা হয়। মাটিকে রিমৌল্ড করলে তার শক্তি কমে কিন্তু পানির মাত্রা হ্রাস না করে কিছু সময় স্থির অবস্থায় রেখে দিলে পুনরায় পূর্বের শক্তি প্রাপ্ত হয়। মাটির থিক্সোট্রপির দরুণই এটা ঘটে থাকে।

১১। **মৃত্তিকার থিক্সোট্রপির জন্য কী কী সুবিধা পাওয়া যায়?**

উত্তর মৃত্তিকায় থিক্সোট্রপির জন্য মৃত্তিকার পাইল প্রবেশ করানোর পর তাৎক্ষণিকভাবে এটি যে পরিমাণ ভারবহন করতে পারে, পরবর্তীতে কিছুকাল অতিক্রান্তের পর তার ভারবহন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

১২। মৃত্তিকায় শোষ্য পানি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর: কাদাজাতীয় মৃত্তিকা কণার পৃষ্ঠ কর্তৃক আকর্ষিত পানিই মৃত্তিকার শোষ্য পানি।

১৩। মৃত্তিকার কনসিসটেন্সির মাত্রা শিয়ার স্ট্রেংথ এর ভিত্তিতে প্রকাশ করা হয় কেন?

উত্তর: যেহেতু মৃত্তিকার বিকৃতি প্রতিরোধের ক্ষমতাই কনসিসটেন্সী, তাই কনসিসটেন্সীর মাত্রা শিয়ার স্ট্রেংথ এর ভিত্তিতে প্রকাশ করা হয়।

১৪। ফ্লো ইনডেক্স এর কার্ভের ঢালের সাথে শিয়ার স্ট্রেস এর সম্পর্ক কী?

উত্তর: যে মাটির ফ্লো ইনডেক্স কার্ভের ঢাল যত বেশি তার শিয়ার ট্রেস এর পরিমাণ তত কম।

১৫। কোন ধরনের মাটির টাফনেস ইনডেক্স একক এর চেয়ে কম?

উত্তর: যে মাটি নম্যতা সীমায় চূর্ণ হয়, ঐ মাটির টাফনেস ইনডেক্স এর মান একক এর চেয়ে কম।

১৬। কোন মাটির তারল্যসূচক ৫২% হলে এর কনসিসটেন্সী সূচক কত?

উত্তর: যেহেতু কোন মাটির তারল্য সূচক ও কনসিসটেন্সী ইনডেক্স এর সমষ্টি ১০০%; তাই যে মাটির তারল্য সূচক ৫২% তার কনসিসটেন্সী ইনডেক্স হবে ১০০% − ৫২% = ৪৮%।

১৭। সাধারণত মাটির টাফনেস ইনডেক্স কত হয়?

উত্তর: সাধারণত মাটির টাফনেস ইনডেক্স ০ হতে ৩ এর মধ্যে হয়ে থাকে।

১৮। সংকোচন সীমা কী?

উত্তর: সর্বোচ্চ যে পানি মাত্রায় মাটি হতে পানি কমলেও মাটির আয়তন কমে না, তাকে মাটির সংকোচন সীমা বলা হয়।

১৯। এটারবার্গ লিমিটগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর: এটারবার্গ লিমিটগুলো হল– (i) নম্যতা সীমা (ii) তারল্য সীমা ও (iii) সংকোচন সীমা।

২০। এটারবার্গ সীমা বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৬, ০৭, ০৮, ০৯, ১০, ১২]

অথবা, কনসিসটেন্সী সীমা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: কাদাজাতীয় মৃত্তিকা যে পরিমাণ পানি ধারণ সীমায় এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় পরিবর্তিত হয়, ঐ পানি ধারণ সীমাকে কনসিসটেন্সী সীমা বলা হয়। বিজ্ঞানী এ.এটারবার্গ প্রথম এ তথ্য অবহিত করেন বিধায় তাঁর নামানুসারে একে এটারবার্গ সীমা বলা হয়ে থাকে।

২১। মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর: প্রাকৃতিক অক্ষত কাদা মৃত্তিকার শক্তির সাথে সমপানি ধারণ রিমৌল্ড করা কাদা মৃত্তিকার শক্তির অনুপাতই মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা (sensitivity)।

অর্থাৎ স্পর্শকাতরতা, $S_t = \frac{(qu)_u}{(qu)_r} = \frac{\text{অক্ষত কাদা মৃত্তিকার অনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ}}{\text{বিক্ষত কাদা মৃত্তিকার আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ}}$

২২। ফ্লো কার্ভ কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর: মৃত্তিকার বিভিন্ন পরীক্ষায় নির্দিষ্ট কোন তথ্যের জন্য সরাসরি মান নির্ণয় করা সম্ভব হয় না (যেমন তারল্য সীমা নির্ধারণে 25 ঘা (blow) এর বিপরীতে পানি মাত্রা জানা।)। এরূপ ক্ষেত্রে তথ্য সংক্রান্ত পরীক্ষায় প্রাপ্ত মানগুলোর ভিত্তিতে যে কার্ভ আঁকা হয় এবং ঐ কার্ভ হতে সুনির্দিষ্ট মানটি গ্রহণ করা হয়। এ অঙ্কিত কার্ভটিকে ফ্লো কার্ভ বলা হয়।

২৩। **নম্যতা সীমা বা প্লাস্টিক লিমিট বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ০৯]

উত্তর ঃ যে পানি ধারণ মাত্রায় সংসক্তি-প্রবণ মাটির নম্যতা বৈশিষ্ট্য হারানোর প্রবণতা দেখা দেয়, তাকে মৃত্তিকার নম্যতা সীমা বলা হয়। সাধারণত কাদাজাতীয় মৃত্তিকা দিয়ে তিন মিলিমিটার ব্যাসের রশি তৈরি কালে যে সময় এতে ফাটল বা ভাঙনের প্রবণতা দেখা দেয়, মৃত্তিকার এ সময়ের পানি ধারণের পরিমাণ তার নম্যতা সীমা।

২৪। **প্লাস্টিক লিমিট (Plastic limit) বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, নম্যতা সীমা কী?

উত্তর ঃ সর্বনিম্ন যে পরিমাণ পানি মাত্রায় কোন মৃত্তিকা নম্য অবস্থা থেকে আধা কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়, সেই পরিমাণ পানির মাত্রাকে ঐ মৃত্তিকার প্লাস্টিক লিমিট বা নম্যতা সীমা বলে।

সংখ্যাত্মক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **এটারবার্গের নম্যতা সীমার সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০১, ০৪, ০৫, ০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **এটারবার্গ লিমিট বা কনসিসটেন্সী লিমিট সংক্ষেপে লিখ।** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ১০, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **স্পর্শকাতরতার উপর মাটির শ্রেণিবিন্যাস কর।** [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **ফ্লো কার্ভ (flow Curve) কী?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **এটারবার্গ লিমিট বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০০, ০১, ০২, ০৪, ০৭, ০৮]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **মৃত্তিকার সংকোচন সীমা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **নম্যতা সূচক ও কনসিসটেন্সী ইনডেক্সের মধ্যে সম্পর্ক কী?**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **স্পর্শকাতরতার মানের উপর ভিত্তি করে মাটির শ্রেণিবিন্যাস কর।** [বাকাশিবো-২০০২, ০৯, ১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **চিকসহ কাদা মৃত্তিকার নম্যতা সীমা ও তারল্য সীমা সম্পর্কে আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **কনসিসটেন্সী পরিমাপ প্রক্রিয়া আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **কনসিসটেন্সী লিমিটগুলোর ব্যবহার আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **কাদামাটির প্লাস্টিক লিমিট নির্ণয়ের পরীক্ষা বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০২, ১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৫

মৃত্তিকার উদক ধর্মাবলি
(Hydraulic Properties of Soil)

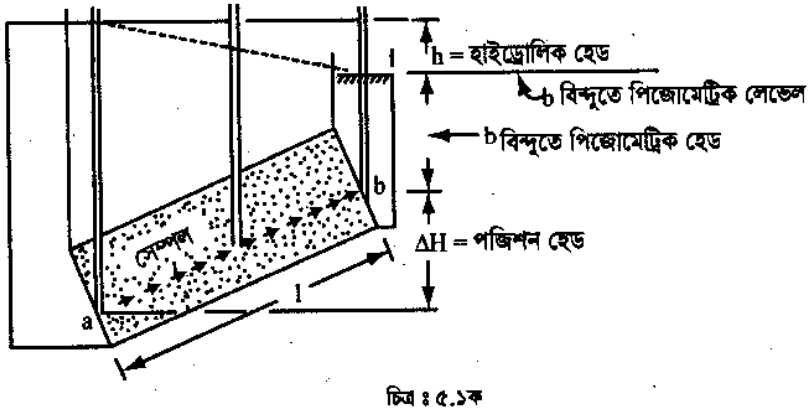
৫.১ কতিপয় সংজ্ঞা (Some definitions) ঃ

মৃত্তিকার ভেদ্যতা (Permeability of Soil) ঃ

মৃত্তিকার উদক ধর্মাবলির মধ্যে ভেদ্যতা (Permeability) একটি গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম। যদি মৃত্তিকার তৈরি কাঠামোতে, যেমন– বাঁধ ইত্যাদিতে পানি চুয়ায়, তবে কাঠামোটি ধ্বংসে পতিত হয়। তাই পুর প্রকৌশলীগণের জন্য মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণ সম্পর্কে জ্ঞান থাকা আবশ্যক। কোন বস্তুর ভেদ্যতার মাত্রা নির্ভর করে ঐ বস্তুর ধারাবাহিক ভয়েড (void) এর উপর। মৃত্তিকার ক্ষেত্রে মৃত্তিকার কণার আকার-আকৃতির উপর ভয়েডের মাত্রা অনেকাংশে নির্ভর করে, তাই বিভিন্ন মাটির ভেদ্যতা ভিন্ন ভিন্ন মাত্রায় হয়ে থাকে। মৃত্তিকার ধারাবাহিক ভয়েডের মাধ্যমে এটির ভিতর দিয়ে পানি বা অন্য কোন তরল পদার্থকে প্রবাহিত হতে দেয়ার গুণকে মৃত্তিকার ভেদ্যতা (Permeability of Soil) বলা হয়। সাধারণত গ্রেভেল জাতীয় মৃত্তিকা অধিক ভেদ্যতাগুণসম্পন্ন এবং আবদ্ধ কাদার ভেদ্যতা গুণ খুবই নগণ্য। সাধারণত প্রবাহীর (পানি বা অন্য কোন তরল) সান্দ্রতা, উদক ঢাল ও মৃত্তিকার একক ওজনের উপর ভেদ্যতার মাত্রা নির্ভর করে। মৃত্তিকা কণার আকার ও মৃত্তিকায় কনসলিডেশনের পরিমাণ মৃত্তিকার ভেদ্যতার উপর প্রভাব ফেলে থাকে। মৃত্তিকার ভেদ্যতা প্রবাহীর (পানি বা অন্য তরলের) সান্দ্রতার সাথে উল্টানুপাতিক এবং মৃত্তিকার একক ওজন ও উদক ঢালের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক।

হাইড্রোলিক হেড, পিজোমেট্রিক হেড ও পজিশন হেড (Hydraulic Head, Piezometric head & Position head) ঃ

মৃত্তিকায় ভেদ্যতা গুণের জন্য মৃত্তিকার ধারাবাহিক ভয়েডের ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহিত হয়। যে শক্তির প্রভাবে এ প্রবাহ সৃষ্টি হয় সে সম্পর্কে জানার জন্য হাইড্রোলিক্স-এর উপর নির্ভর করতে হয় (চিত্র ঃ ৫.১ক)। চিত্রে L দৈর্ঘ্যের একখণ্ড মৃত্তিকায় দু' প্রান্তে দু'টি বিন্দু a ও b, যাদের সংযোজিত পথে প্রবাহের অংশবিশেষ সংগঠিত হয়। a ও b বিন্দুতে পিজোমেট্রিক টিউব স্থাপন করে বিন্দুদ্বয়ে পানির উঠানামা পরিদর্শন করা যায়। b বিন্দুতে স্থাপিত টিউবের পানির পৃষ্ঠ তলকে b বিন্দুর পিজোমেট্রিক লেভেল বলা হয়। b বিন্দু হতে b বিন্দুর পিজোমেট্রিক লেভেল পর্যন্ত উচ্চতাকে b বিন্দুর পিজোমেট্রিক হেড (Piezometric head) বলা হয়। a ও b বিন্দুর মধ্যবর্তী উল্লম্ব দূরত্বকে (ΔH) a বিন্দুর আপেক্ষিকতায় b বিন্দুর পজিশন হেড (Position head) বলা হয়। যদি a ও b বিন্দুর পিজোমেট্রিক লেভেল সম উচ্চতায় থাকে তবে পজিশন হেড (ΔH) হওয়া সত্ত্বেও কোন প্রবাহ সৃষ্টি হবে না। শুধু a ও b বিন্দুর পিজোমেট্রিক লেভেলের পার্থক্য থাকলেই প্রবাহ সৃষ্টি করবে। a ও b বিন্দুর পিজোমেট্রিক লেভেলের পার্থক্যকে (h) হাইড্রোলিক হেড (Hydraulic head) বলা হয়। হাইড্রোলিক হেডের জন্যই হাইড্রোস্ট্যাটিক প্রেসার (Hydrastatic Pressure) সৃষ্টি হয়, যার প্রভাবে প্রবাহ সংঘটিত হয়।



চিত্র ঃ ৫.১ক

ডার্সির সূত্র (Darcy's law) ঃ

১৮৫৬ সালে এইচ ডার্সি পরীক্ষার মাধ্যমে মৃত্তিকায় পানি প্রবাহের উপর একটি সূত্র প্রদান করেন। তিনি পরীক্ষা করে সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, স্বাভাবিক প্রবাহকালে (Laminar flow) পরিপৃক্ত মৃত্তিকায় প্রবাহের হার বা একক সময়ে ক্ষরণের (discharge) পরিমাণ হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্টের সাথে সমানুপাতিক। অর্থাৎ $q = kiA$.

এখানে, q = একক সময়ে ক্ষরণ।

A = প্রবাহ দিকের আড়াআড়ি প্রস্থচ্ছেদের মোট ক্ষেত্রফল।

i = হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট ($\frac{h}{L}$ চিত্র ঃ ৫.১ক)

k = ডার্সির ভেদ্যতা গুণাঙ্ক।

উক্ত সূত্র হতে প্রবাহের বেগ V ও নির্ণয় করা যায়।

প্রবাহের বেগ, $V = \frac{q}{A} = ki$,

যদি উদক ঢাল (Hydraulic gradient) একক $\left(\frac{h}{L} = i = 1\right)$ হয়, তবে ভেদ্যতার সহগ বা গুণাঙ্ক প্রবাহের বেগের সমান ($V = k$) হবে। অর্থাৎ একক উদক ঢালে প্রবাহের বেগকেই ভেদ্যতার সহগ (Coefficient of permeability) বলা হয়। k-এর একক বেগের এককের অনুরূপ। সাধারণত k এর একক সেমি./সেকেন্ড বা মিটার/দিন এ প্রকাশ করা হয়।

এলেন হেজেনের সূত্র (Allen Hazen's formula) ঃ

বিশিষ্ট মৃত্তিকা বিজ্ঞানী এলেন হেজেন অনূর্ধ্ব ৫ সাম্যতা গুণাঙ্কের ০.১ মিমি. হতে ৩ মিমি. আকারের ছাঁকনি বালির উপর বহু সংখ্যক পরীক্ষা করে উক্ত ধরনের মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ নির্ণয়ের জন্য নিম্নের সূত্রটি প্রদান করেন।

$$k = CD_{১০}^{২} = CD_{১০}^{২}$$

এখানে, k = ভেদ্যতা সহগ (সেন্টিমিটার/সেকেন্ড)

C = ধ্রুব সংখ্যা (১০০ ধরা হয়)

$D_{১০}$ =শিথিল গোলাকৃতির মৃত্তিকা কণার কার্যকরী আকার (সেমি.)

৫.২ ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের জন্য কনস্ট্যান্ট হেড ও ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা (Constant head & Variable Head Permeability test for determination of Co-efficient of Permeability) ঃ

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক তিনটি পদ্ধতিতে নিরূপণ করা যায়। পদ্ধতি তিনটি নিম্নরূপ ঃ

(ক) ল্যাবরেটরি পদ্ধতি (Laboratory method)

১। কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা (Constant Head Permeability test)

২। ভেরিয়েবল হেড বা ফলিং হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা (Variable Head or Falling head Permeability Test)

(খ) ফিল্ড পদ্ধতি (Field method)

১। পাম্পিং আউট টেস্ট (Pumping out test)

২। পাম্পিং ইন টেস্ট (Pumping in test)

(গ) পরোক্ষ পদ্ধতি (Indirect test)

১। গ্রেইন সাইজ হিসেব করে (Computation from grain size)

২। হরিজন্টাল ক্যাপিলারিটি টেস্ট (Horizontal Capillarity test)

৩। কনসোলিডেশন টেস্ট ডাটা (Consolidation test data)।

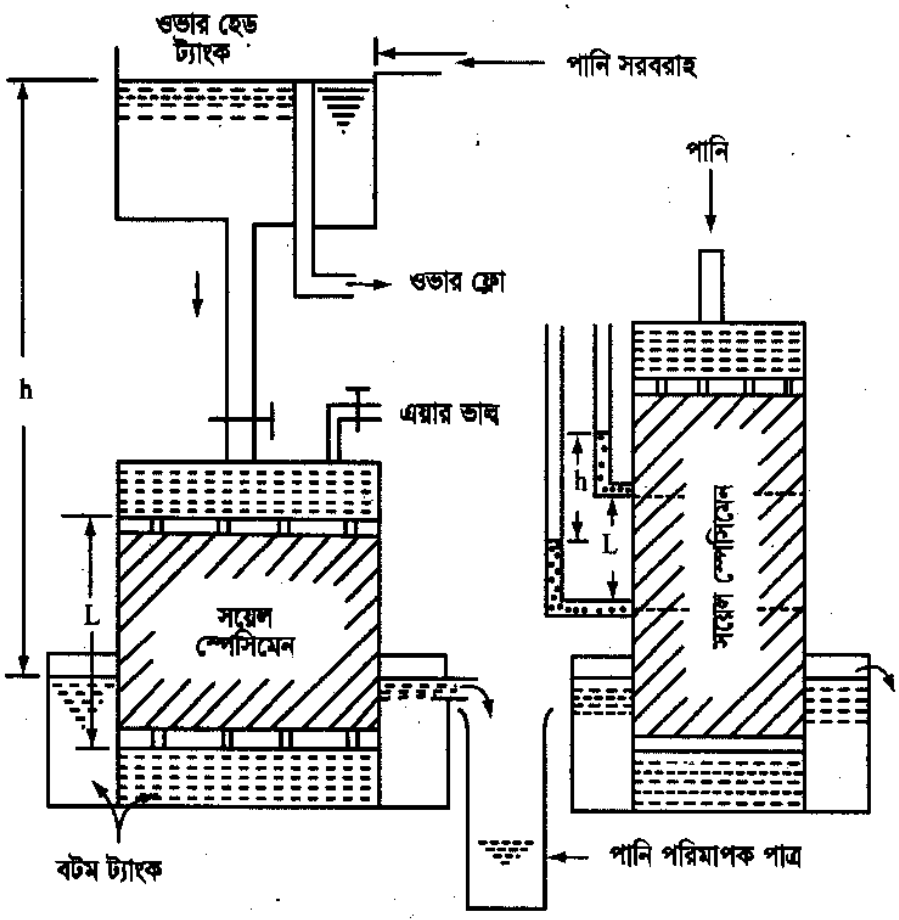
কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা ঃ এ পরীক্ষাটি পারমিয়্যামিটারের (Permeameter) সাহায্যে করা হয়। (চিত্র ঃ ৫.২ ক)-তে কনস্ট্যান্ট হেড টেস্টের চিত্র দেখানো হল। এটির ওভার হেড ট্যাংকে তিনটি নলের-ওভার ফ্লো (Over flow) নল, ইনলেট (Inlet) নল ও আউটলেট (Outlet) নল- সংযোগ দেয়া আছে। নিম্ন ট্যাংকের পানি তল হতে ওভার হেড ট্যাংকের পানি তলের উচ্চতা h এবং মৃত্তিকা নমুনার দৈর্ঘ্য L এবং এটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A । যদি পরিমাপ জারে t সময়ে Q পরিমাণ পানি প্রবাহিত হয়ে এসে জমা হয়, তবে একক সময়ে প্রবাহিত পানির পরিমাণ, $q = \frac{Q}{t}$ হবে।

অতএব, ডার্সির সূত্রানুসারে, $q = kiA$ [হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট, $i = \frac{h}{L}$]

$$\frac{Q}{t} = k.\frac{h}{L}.A$$

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{QL}{hAt}$

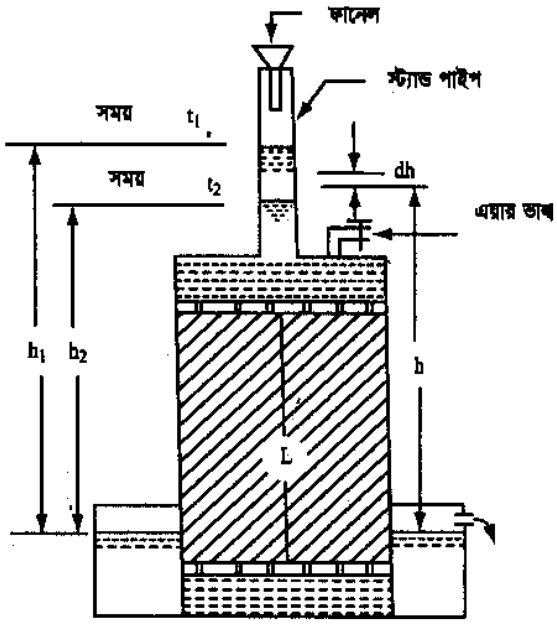
কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা মোটা দানার মৃত্তিকার ক্ষেত্রে করা হয়।



চিত্র ঃ ৫.২ ক

ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা ঃ

এ পরীক্ষাটি সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ক্ষেত্রে করা হয়। কেননা এটিতে ক্ষরণ কম হয়। চিত্র ঃ ৫.২ (খ) তে ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষার চিত্র প্রদর্শিত হল। এটিতে ব্যবহৃত স্ট্যান্ড পাইপটির (Stand pipe) প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 'a', যার পরিমাণ পূর্বেই জানা থাকে। উক্ত পারমিয়্যামিটারের স্ট্যান্ড পাইপের ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহিত হওয়া আরম্ভ হলে স্ট্যান্ড পাইপের পানির তল নিচের দিকে নামতে থাকে। যখন প্রবাহ স্থির অবস্থায় থাকে, তখন হতে অবজারভেশন আরম্ভ করতে হয়। ধরি, t_1 সময়ে হাইড্রোলিক হেড (নিম্ন ট্যাংক ও স্ট্যান্ড পাইপের পানি তলের উচ্চতার পার্থক্য) h_1 এবং t_2 সময়ে হাইড্রোলিক হেড h_2 (t_1 প্রথম পর্যবেক্ষণের সময়, t_2 পরবর্তী পর্যবেক্ষণের সময়, অতএব $t_2>t_1$)। ধরে নিই উক্ত পর্যবেক্ষণের dt সময়ে-dh পরিমাণ হেডের পরিবর্তন হল এবং এ সময় হাইড্রোলিক হেড ছিল h_1 (–dh হওয়ার কারণ সময় অতিক্রান্ত হতে থাকলে হাইড্রোলিক হেড হ্রাস পায়) নমুনা মৃত্তিকার দৈর্ঘ্য L ।



চিত্র ঃ ৫.২ খ

এখন ডার্সির সূত্র অনুসারে

$$q = \frac{-dh.a}{dt} = KiA.$$

$$k.\frac{h}{L}, A = -\frac{dh.a}{dt} \qquad [i = \frac{h}{L}]$$

$$\therefore \frac{Ak}{aL}\, dt = -\frac{dh}{h}$$

এখন দু' সময় সীমার মাঝে ইন্টিগ্রেশন করলে

$$\frac{Ak}{aL}\int_{t_1}^{t_2} dt = -\int_{h_1}^{h_2}\frac{dh}{h} = \int_{h_2}^{h_1}\frac{dh}{h}$$

বা, $$\frac{Ak}{aL}(t_2 - t_1) = \log_e \frac{h_1}{h_2}$$

দু' পর্যবেক্ষণের মধ্যবর্তী সময় $(t_2 - t_1) = t$

$$\therefore \quad \frac{Ak}{aL}.t = \log_e \frac{h_1}{h_2}$$

এখন $$k = \frac{aL}{At}\log_e \frac{h_1}{h_2} = 2.3\left(\frac{aL}{At}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}\right)$$

৫.৩ ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের জন্য পাম্পিং আউট পরীক্ষাসমূহ (Pumping out tests for determination of Co-efficient of Permeability) ঃ

পাম্পিং আউট পরীক্ষাগুলোর মধ্যে আমরা দু'টি পরীক্ষার বর্ণনা দেব।

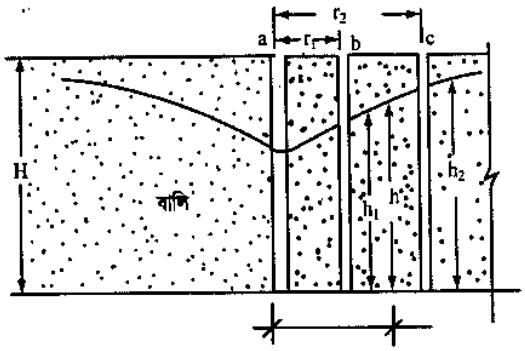
১। আনকনফাইন্ড অ্যাকুইফারের জন্য পাম্পিং আউট পরীক্ষা

২। কনফাইন্ড অ্যাকুইফারের জন্য পাম্পিং আউট পরীক্ষা ।

আনকনফাইন্ড অ্যাকুইফার (Unconfined aquifer) এর জন্যে পাম্পিং আউট পরীক্ষা ঃ

ভূনিম্নস্থ সর্ব উপরের প্রথম পানিধারক স্তর যার উপরে কোন পানি অভেদ্য স্তর অবস্থান করে না কিন্তু এর নিচে পানি অভেদ্যস্তর অবস্থান করে। তাকে আনকনফাইন্ড অ্যাকুইফার (Unconfined aquifer) বলে।

আনকনফাইন্ড অ্যাকুইফারে পাম্পিং আউট পরীক্ষাটির জন্য ৫.৩ক চিত্রটি দেয়া হল। এটিতে একটি নলকূপ (a) পানি অভেদ্য স্তর (Impervious stratum) পর্যন্ত বসানো হয়। টিউবওয়েলের পাইপগুলো ছিদ্রবিশিষ্ট থাকে যেন সহজেই পানি নলকূপে প্রবেশ করতে পারে এবং পাইপের বাইরের চারদিকে জালি দেয়া থাকে যেন এটার ভিতরে মৃত্তিকা কণা প্রবেশ করে ছিদ্র বন্ধ করে দিতে না পারে। নলকূপ হতে বিভিন্ন দূরত্বে একই সরল রেখায় কয়েকটি পর্যবেক্ষণ নলকূপ (b, c) বসানো হয় এবং এগুলোতেও ছিদ্রযুক্ত পাইপ এবং জালি ব্যবহৃত হয়। (a) নলকূপ হতে পানি তল স্থির অবস্থানে আসা পর্যন্ত পাম্পের সাহায্যে পানি উত্তোলন করা হয়। উত্তোলনের পূর্বে ভূগর্ভস্থ পানিতল অনুভূমিক ছিল। পানি উত্তোলনের পর উত্তোলন কূপের দিকে পানি তলের অবনতি ঘটবে এবং পর্যবেক্ষণ কূপগুলোতে পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে বিভিন্ন কূপের পানি তলের উচ্চতা জানা যাবে। পাম্পিং কূপের দিকে পানির ঢাল কোন (cone) আকার ধারণ করবে এবং হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্টের পরিমাণ খুবই কম হবে। কাজেই $i = \frac{dh}{dr}$ হবে। ধরে নেয়া যায় যে, উক্ত ক্ষেত্রে a কূপের কেন্দ্র হতে r ব্যাসার্ধীয় দূরত্বে সিলিন্ড্রিক্যাল পৃষ্ঠে h উচ্চতায় পানি মৃত্তিকার ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়।



চিত্র ঃ ৫.৩ক আনকনফাইন্ড অ্যাকুইফার

তাই এক্ষেত্রে ডার্সির সূত্রানুসারে-

$$q = kiA = k\left(\frac{dh}{dr}\right)(2\pi rh)$$

বা, $\frac{dr}{r} = \frac{2\pi kh\, dh}{q}$

$r_1 \rightarrow r_2$ এবং $h_1 \rightarrow h_2$ সীমায় ইন্টিগ্রেশন করলে

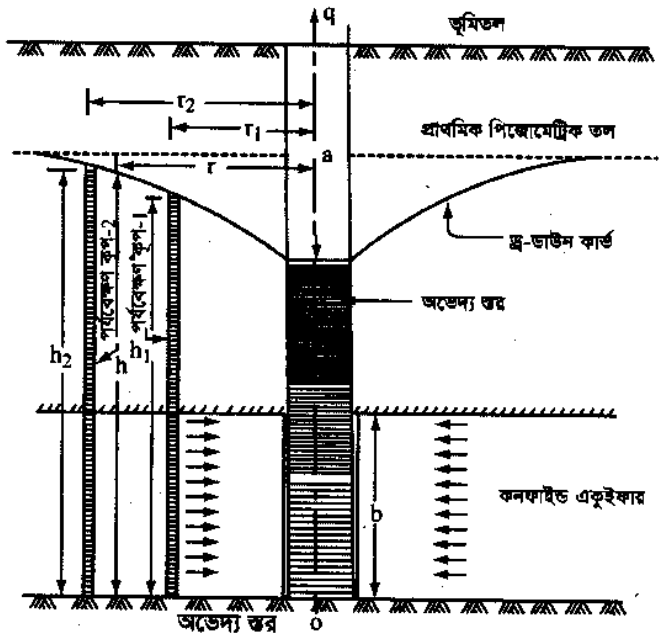
$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi k}{q}\int_{h_1}^{h_2} h\,dh$$

বা, $\log_e \frac{r_2}{r_1} = \frac{2\pi k}{q}\left(\frac{h_2^2 - h_1^2}{2}\right)$

বা, $k = \frac{q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \log_e \frac{r_2}{r_1}$

$\therefore k = \frac{2.3q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \log_{10} \frac{r_2}{r_1}$

কনফাইন্ড একুইফার (Confined aquifer) পাম্পিং আউট পরীক্ষা ঃ যে পানি ধারক স্তর দু'টি পানি অভেদ্য স্তরের মাঝে অর্থাৎ যার উপরে ও নিচে পানি অভেদ্য স্তর এবং এর উপরের অভেদ্য স্তরটি উঁচু এলিভেশনে পর্যাপ্ত এলাকাব্যাপী ভগ্ন, তাকে কনফাইন্ড একুইফার বলে। কনফাইন্ড একুইফারে পাম্পিং আউট পরীক্ষার জন্য চিত্র ঃ ৫.৩খ তে কনফাইন্ড একুইফারের পুরুত্ব b পানি সমতা একুইফারের উপরে অবস্থান করে। চিত্রে প্রদর্শিত (a) কূপটি পাম্পিং কূপ এবং (1) ও (2) কূপ পর্যবেক্ষণ কূপ।পাম্পিং কূপে পানি উত্তোলনের ফলে কোন অব ডিপ্রেশন (cone of depression) সৃষ্টি করে। এ সময় (1) নং কূপে পানির উচ্চতা h_1 এবং (2) নং কূপে পানির উচ্চতা h_2। কূপদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে গড়ে পানির উচ্চতা h, যার দূরত্ব উত্তোলন কূপের কেন্দ্র হতে ব্যাসার্ধীয়ভাবে r। কোন অব ডিপ্রেশন সৃষ্টি হওয়ার ফলে সৃষ্ট হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট, $i = \frac{dh}{dr}$। অতএব ডার্সির সূত্রানুসারে সিলিন্ড্রিক্যাল পৃষ্ঠের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত পানির পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।



চিত্র ঃ ৫.৩খ কনফাইন্ড একুইফার

$$q = ki\,A = k\left(\frac{dh}{dr}\right) 2\pi r.b$$

এখানে উল্লেখ্য যে শুধুমাত্র b পুরুত্বের কনফাইন্ড একুইফারেই পানি প্রবাহিত হবে।

এখন $q = \frac{kdh}{dr} \cdot 2\pi rb.$

বা, $\frac{dr}{r} = \frac{2\pi kb}{q} \cdot dh$

$r_1 \rightarrow r_2$ এবং $h_1 \rightarrow h_2$ সীমায় ইন্টিগ্রেশন করলে

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi kb}{q}\int_{h_1}^{h_2} dh$$

বা, $\log_e \frac{r_2}{r_1} = \frac{2\pi kb}{q}(h_2 - h_1)$

বা, $k = \frac{q\log_e \frac{r_2}{r_1}}{2\pi b(h_2 - h_1)}$

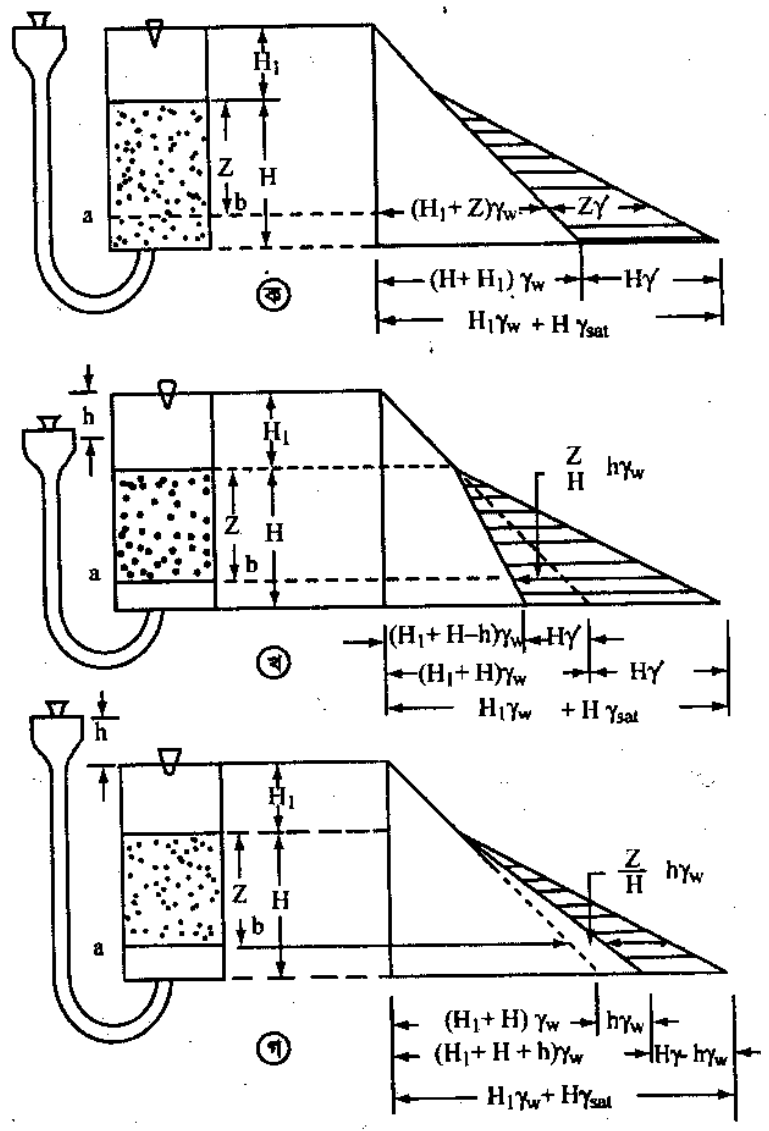
$\therefore$ $k = \frac{2.3q\,\log_{10} \frac{r_2}{r_1}}{2\pi b(h_2 - h_1)}$

৫.৪ কার্যকরী চাপ এবং ছিদ্রস্থিত পানির চাপ (Effective Pressure & pore water pressure) ঃ

ভূনিম্নস্থ কোন তলের উপর মৃত্তিকা ও পানির অবস্থানের কারণে যে চাপ পড়ে তাই মোট চাপ। মোট চাপ মূলত কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপের সমষ্টির সমান। ছিদ্রস্থিত পানির চাপ নমুনা মৃত্তিকার অভ্যন্তরস্থ পানি ও কঠিনাংশের উপর সমান তীব্রতায় সর্বদিকে কাজ করে। এ চাপকে U_w দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কার্যকরী চাপ মূলত একটি অতিরিক্ত চাপ। এটি শুধুমাত্র নমুনা মৃত্তিকার কণাগুলোর স্পর্শ বিন্দুগুলোতে (Points of Contact) কাজ করে। এ চাপকে $\bar{p}$ বা $\bar{\sigma}$ দ্বারা সূচিত করা হয়। কার্যকরী চাপ গবেষণাগারে সরাসরি মাপা যায় না। মোট চাপ (σ) ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ (U_w) হতে এর মান নির্ণয় করা যায়। তাই কার্যকরী চাপ ($\bar{p}$ বা $\bar{\sigma}$) একটি গাণিতিক ধারণা।

কাজেই মোট চাপ, $p = \bar{p} + U_w$ ... ... (৫.১)

এবং কার্যকরী চাপ, $\bar{p}$ বা $\bar{\sigma} = P - U_w$ ... . (৫.১ক)



চিত্র ঃ ৫.৪ (ক), (খ), (গ)

অভিজ্ঞতার ভিত্তিতে দেখা যায় যে, শুধুমাত্র কার্যকরী চাপই মৃত্তিকা নমুনার আয়তন পরিবর্তন করতে পারে। এটির ফলে মৃত্তিকায় ঘর্ষণ প্রতিরোধিতা সৃষ্টি হয়। অপরদিকে ছিদ্রস্থিত পানির চাপ মৃত্তিকা নমুনার আয়তনের পরিবর্তন বা ঘর্ষণ প্রতিরোধিতা সৃষ্টি করতে পারে না। আয়তনের পরিবর্তন করা ও ঘর্ষণ প্রতিরোধিতা সৃষ্টি করাই কার্যকরী চাপের মূলতত্ত্ব। চিত্র ঃ ৫.৪ এ একটি কন্টেইনারে কিছু পরিমাণ দানাদার মৃত্তিকা নিয়ে এটিকে পানিতে পূর্ণ করা হল এবং এটির তলায় একটি নমনীয় নল লাগিয়ে একটি পানি পাত্রের সাথে সংযোগ দেয়া হল। চিত্র ঃ ৫.৪ (ক)-তে পানি পাত্রের পানি সমতা ও কন্টেইনারের পানি সমতা একই তলে রাখা হল। তাই এক্ষেত্রে কোনরূপ প্রবাহ সৃষ্টি হবে না। কন্টেইনারের উপরিতল হতে ab তলের গভীরতা $(H_1 + Z)$।

অতএব, উল্লম্ব চাপের পরিমাণ, $P = H_1\gamma_w + Z.\gamma_{sat}$ ..... (৫.২)

এখানে, γ_w পানির একক ওজন এবং γ_{sat} সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় একক ওজন। যেহেতু উপরস্থ পানি ও মৃত্তিকার ওজনের উপর P এর মান নির্ভর করে, কাজেই উক্ত P-ই মোট চাপ। উক্ত মোট চাপ কার্যকরী চাপ ($\overline{p}$) ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপের (U_w) সমষ্টির সমান। ab তলের উপর Z উচ্চতায় মৃত্তিকার ধারাবাহিক ভয়েডের পানি ও এটির উপরের H_1 উচ্চতার পানি একই পানির স্তম্ভের ন্যায় অবস্থান করে। কাজেই হাইড্রোলিক্সের সূত্রানুসারে–

ab তলে ছিদ্রস্থিত পানির চাপ, $U_w = (H_1 + Z)\gamma_w$ ..... (৫.৩)

এখন কার্যকরী চাপ, $\overline{p} = P - U_w$

$$H_1\gamma_w + Z\gamma_{sat} - (H_1 + Z)\gamma_w$$

$$\therefore \overline{p} = Z(\gamma_{sat} - \gamma_w) \text{ ..... (৫.৪)}$$

$\gamma_{sat} - \gamma_w$ নিমজ্জিত একক ওজন γ' এর সমান

$$\therefore \overline{p} = Z\gamma' \text{ ..... (৫.৫)}$$

এতে বুঝা যায় যে, নিমজ্জিত মৃত্তিকার উপরের পানির গভীরতার (H_1) উপর কার্যকরী চাপের পরিমাণ নির্ভর করে না।

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, চিত্র ঃ ৫.৪ক এর চাপ চিত্রের 'আনসেইড' অংশে বিভিন্ন গভীরতায় ছিদ্রস্থিত পানির চাপের পরিমাণ এবং 'সেইড' অংশে বিভিন্ন গভীরতায় কার্যকরী চাপের পরিমাণ প্রদর্শিত হয়েছে। যদি পানি পাত্রের পানির তল কন্টেইনারের পানির তলের উপরে বা নিচে অবস্থান করে তবে প্রবাহের সৃষ্টি করবে এবং সমীকরণ ৫.৩ হতে ৫.৫ প্রযোজ্য হবে না।

যদি (চিত্র ঃ ৫.৪খ) পানি পাত্রের পানি তল কন্টেইনারের পানি তলের নিচে অবস্থান করে। তবে মৃত্তিকার ভিতর দিয়ে পানি নিচের দিকে প্রবাহিত হবে, ফলে ঘর্ষণ বলের প্রভাবে ab তলে কার্যকরী চাপ বৃদ্ধি পাবে এবং ছিদ্রস্থিত পানির চাপ সম পরিমাণে হ্রাস পাবে। এ ক্ষেত্রে ছিদ্রস্থিত পানির চাপ-

$$U_w = (H_1 + H - h)\gamma_w$$

$$= (H_1 + H)\gamma_w - h\gamma_w \text{ ..... (৫.৬)}$$

যা প্রবাহহীন অবস্থার (চিত্র ৫.৪ক) তুলনায় $h\gamma_w$ পরিমাণ কম। যেহেতু কন্টেইনারের তলায় মোট চাপ এটার উপরস্থ মৃত্তিকা ও পানির ওজনের ভিত্তিতে নির্ণীত, তাই কন্টেইনারের তলদেশের কার্যকরী চাপ $h\gamma_w$ এর পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে। মূলত এ বর্ধিত চাপই $(h\gamma_w)$ প্রবাহিত পানি দ্বারা প্রযুক্ত নিঃসরণ চাপ (Seepage pressure) এবং ab তলে গভীরতার অনুপাতে চাপ বৃদ্ধির পরিমাণ হবে $\frac{Z}{H}.h\gamma_w$। যেহেতু $\frac{h}{H} = i$ অর্থাৎ হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট।

অতএব, কার্যকরী চাপ, $\overline{p} = Z\gamma' + iZ\gamma_w$ ..... (৫.৭)

যখন পানির পাত্রের পানির তল কন্টেইনারের পানির তলের উপরে অবস্থান করে, তখন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়ে পানি উপরের দিকে প্রবাহিত হবে (চিত্র ঃ ৫.৪ গ)। এ ক্ষেত্রে কন্টেইনারের তলায় ছিদ্রস্থিত পানির চাপ (চিত্র ঃ ৫.৪ক এর তুলনায়) $h\gamma_w$ পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে এবং কার্যকরী চাপের পরিমাণ $h\gamma_w$ পরিমাণ কমে যাবে। এ অবস্থায় ab তলে কার্যকরী চাপের পরিমাণ হবে

$$\overline{p} = Z\gamma' - iZ\gamma_w \text{ ..... (৫.৮)}$$

যদি ঊর্ধ্বমুখী হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট (i) বাড়িয়ে নিঃসরণ চাপ (Seepage pressure) $Z\gamma'$ করা হয়, তবে কার্যকরী চাপের $\overline{p}$ মান 0 (শূন্য) হবে। এ অবস্থায়

$$Z\gamma' - iZ\gamma_w = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৫.৯)$$

$$\therefore i = \frac{\gamma'}{\gamma_w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৫.১০)$$

যে হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট এ কার্যকরী চাপের মাত্রা ০ (শূন্য) হয়। তাকে চরম ঔদক ঢাল বা ক্রিটিক্যাল হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট (Critical hydraulic gradient) বলে। এ অবস্থায় সংশক্তিহীন মৃত্তিকা তার পৃষ্ঠের কোন ওজনকেই বহন করতে সক্ষম হয় না, শিয়ার পীড়ন শূন্যতে পৌছায় এবং মাটির ভেদ্যতা বৃদ্ধি পায়। সংশক্তিহীন মৃত্তিকার (বালির) এ প্রপঞ্চ (Phenomenon)ই চোরাবালি (boiling or Quick sand)।

৫.৫ মৃত্তিকার ভেদ্যতায় প্রভাব বিস্তারকারী উৎপাদকগুলোর তালিকা (List of the factors affecting the Permeability of Soil) ঃ

পয়সুলি ও ডার্সির সূত্রের আলোকে মৃত্তিকার ভেদ্যতায় প্রভাব বিস্তারকারী উৎপাদকগুলোর তালিকা নিম্নে দেয়া হল ঃ

১। মৃত্তিকার দানার আকার-আকৃতি (Size & Shape of Soil Particles)

২। ছিদ্রস্থিত প্রবাহীর ধর্ম (Properties of Pore Fluid)

৩। মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও (Void Ratio of Soil)

৪। মৃত্তিকা কণার কাঠামোগত বিন্যাস (Structural Arrangement of the Soil Particles)

৫। অভ্যন্তরীণ বায়বীয় পদার্থ ও অপদ্রব্য (Entrapped Air & Foreign Matter)

৬। কর্দম মৃত্তিকা কর্তৃক শোষিত পানি (Absorbed Water in Clayed Soil)

[পয়সুলির সূত্রে $q = (C.\frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \frac{e^3}{1+e} \cdot D_8^2)iA$

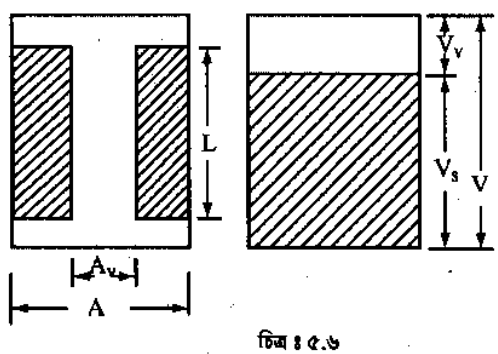
ডার্সির সূত্রে $q = kiA$

অতএব $k = D_8^2 \cdot \frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \frac{e^3}{1-e} \cdot C$]

৫.৬ নিঃসরণ চাপ, নিঃসরণ বেগ, ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন ও ফ্লো-নেট (Seepage Pressure, Seepage velocity, Equipotential line and flow net) ঃ

নিঃসরণ চাপ (Seepage Pressure) ঃ মাটির ভিতর দিয়ে যখন পানি প্রবাহিত হয়, তখন মাটিতে প্রবাহমুখী বল কাজ করে। এ বলই ড্রাগ ফোর্স (Drag force) বা নিঃসরণ বল (Seepage force)। এ বলের প্রভাবে মাটিতে যে চাপের প্রকোপ পড়ে, সে চাপই নিঃসরণ চাপ (Seepage Pressure)। (পাঠ্যাংশ ৫.৪ এ আলোচনা করা হয়েছে।

নিঃসরণ বেগ (Seepage Velocity) ঃ ক্ষরণ বেগ প্রকৃত বেগের সমান নয়। একক সময়ের ক্ষরণকে প্রস্থচ্ছেদের মোট ক্ষেত্রফল দিয়ে ভাগ করলে ক্ষরণ বেগ (discharge velocity) পাওয়া যায়। যেহেতু মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহকালে প্রবাহী শুধুমাত্র ভয়েডের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়, তাই ভয়েডের ভিতর দিয়ে প্রবাহীর প্রবাহকালে প্রকৃত বেগ ক্ষরণ বেগ অপেক্ষা অধিক হবে।



চিত্র ঃ ৫.৬

চিত্রে L দৈর্ঘ্যের এক খণ্ড নমুনা মৃত্তিকার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A এবং এটির প্রস্থচ্ছেদের ভয়েড অংশের ক্ষেত্রফল A_v (এখানে বর্ণনার সুবিধার্থে কঠিনাংশ পৃথক করে দেখানো হয়েছে।)

ক্ষরণ $q = v.\ A. = v_s A_v$ ... ... (a)

এখানে, v = ক্ষরণ বেগ

A = প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (নমুনা মৃত্তিকার)

v_s = নিঃসরণ বেগ

A_v = প্রস্থচ্ছেদের ভয়েড অংশের ক্ষেত্রফল

(a) সমীকরণ হতে

$$v_s = \frac{v.A.}{A_v}$$

$$= v.\frac{A.L}{A_v.L}$$ [হর ও লবকে দৈর্ঘ্য L দ্বারা গুণ করে]

$$= v.\frac{V}{V_v}$$ [এখানে, V মোট আয়তন এবং V_v ভয়েডের আয়তন]

$$= v.\frac{1}{n}$$ [$\frac{V_v}{V} = n$, পরোসিটি]

$$= \frac{v}{n}$$

উক্ত সমীকরণ হতে সহজেই বুঝা যায় যে, ক্ষরণ বেগকে পরোসিটি দিয়ে ভাগ করলে নিঃসরণ বেগ পাওয়া যাবে। মূলত ভয়েডের ভিতর দিয়ে যে বেগে পানি প্রবাহিত হয় তাই নিঃসরণ বেগ (Seepage Velocity) এবং এটির পরিমাণ ক্ষরণ বেগের (discharge Velocity) $\frac{1}{n}$ গুণের সমান। (n = পরোসিটি)

উপরোক্ত সমীকরণ $v_s = \frac{v}{n}$ এর n কে ভয়েড রেশিও এর ভিত্তিতে প্রকাশ করলে

$$v_s = \frac{v}{\frac{e}{1+e}}$$ অর্থাৎ $\frac{v(1+e)}{e}$ হয়।

আবার পরোসিটি, $n = \frac{v}{v_s}$ অর্থাৎ, $\frac{\text{ক্ষরণ বেগ}}{\text{নিঃসরণ বেগ}}$ = পরোসিটি

ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন (Equipotential line) ঃ মৃত্তিকার ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহকালে বিশেষ করে উচ্চতলের (উজানের) পানি অভেদ্য প্রতিবন্ধকে বাধাপ্রাপ্ত হলে প্রতিবন্ধকের ভিত্তি নিম্নস্থ প্রবেশ্য স্তরের ভিতর দিয়ে নিম্নতলের (ভাটির) দিকে অসংখ্য মসৃণ বক্রপথে (Smooth curved paths) প্রবাহিত হয়। এ পথকে প্রবাহ রেখা বা চুয়ান রেখা (Flow line or Seepage line) বলা হয়। বিভিন্ন প্রবাহ রেখার যে সকল বিন্দুতে সমান পিজোমেট্রিক লেভেল পাওয়া যায়, ঐ সকল বিন্দুর সংযোজিত রেখাকে সমবিভব রেখা বা ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন (Equipotential line) বলা হয়। চুয়ান রেখা উক্ত রেখাগুলোর সাথে সমকোণে থাকে। চিত্র ঃ ৫.৮-এ L M একটি ইকুয়িপটেনশিয়াল রেখা এবং AB একটি প্রবাহ রেখা (Flow line)।

ফ্লো-নেট (Flow net) ঃ মৃত্তিকার ভেদ্যতা যদি অপরিবর্তনীয় এবং সর্বদিকে একই থাকে, তবে তত্ত্বগত দিক হতে ইকুয়িপটেনশিয়াল রেখা প্রবাহ রেখার উপর লম্ব হবে। কাজেই উক্ত জ্যামিতিক শর্ত পূরণ করে রেখাদ্বয়ের অবস্থান চিহ্নিত করলে চিত্রটিকে একটি জালির মত মনে হয়। এ চিত্রকে ফ্লো-নেট (Flow net) বা প্রবাহ জালিকা বলা হয়। চিত্র ঃ ৫.৮ এ সীট পাইলের নিম্নস্থ পানি প্রবেশ্য স্তরের ফ্লো-নেট দেয়া আছে।

প্রবাহ জালিকার (Flow net) বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ

১। ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন ও ফ্লো-লাইন পরস্পরের সাথে সমকোণে মিলিত হবে।

২। ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন ও ফ্লো-লাইনগুলোর মধ্যবর্তী ক্ষেত্রগুলো প্রায় বর্গাকার হবে এবং প্রত্যেকটি ক্ষেত্রের বাহুগুলোই ক্ষেত্রে অংকিত অন্তঃবৃত্তের স্পর্শক হবে।

৩। প্রবাহ জালিকায় প্রবাহ ক্ষেত্র যত ছোট হবে হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট ও প্রবাহের বেগ তত অধিক হবে এবং প্রবাহ ক্ষেত্র যত বড় হবে হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট ও প্রবাহের বেগ তত কম হবে।

৫। সমসত্ত্ব মৃত্তিকার ক্ষেত্রে ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন ও ফ্লো-লাইনের স্পর্শক বিন্দুগুলোতে মসৃণ বাঁক সৃষ্টি করবে।

প্রবাহ জালিকার ব্যবহারক্ষেত্র ঃ

১। নিঃসরণ চাপ নির্ণয়করণে (Determination of seepage pressure)

২। নিঃসরণের পরিমাণ নির্ণয়করণে (Determination of seepage)

৩। হাইড্রোস্ট্যাটিক প্রেসার নির্ণয়করণে (Determination of hydrostatic ppressure)

৪। প্রবাহের ভাটির প্রান্তে উদক ঢাল নির্ণয়করণে (Determination of exit gradient)।

প্রবাহ জালিকা অংকনের পদ্ধতি ঃ

নিম্নের যে কোন একটি পদ্ধতিতে প্রবাহ জালিকা অংকন করা যায় ঃ

(ক) গ্রাফিক্যাল পদ্ধতি (Graphical method)

(খ) ইলেকট্রিক্যাল এনালজি পদ্ধতি (Electrical analogy method)

(গ) মৃত্তিকা মডেল (Soil models)

(ঘ) প্লাস্টিক মডেল (Plastic models)

(ঙ) ল্যাপলাস্ সমীকরণ সমাধান (Solution of Laplace's equation)।

● ফ্লো-নেট অঙ্কনের গ্রাফিক্যাল পদ্ধতি (Graphical Method of Flow Net Construction) ঃ

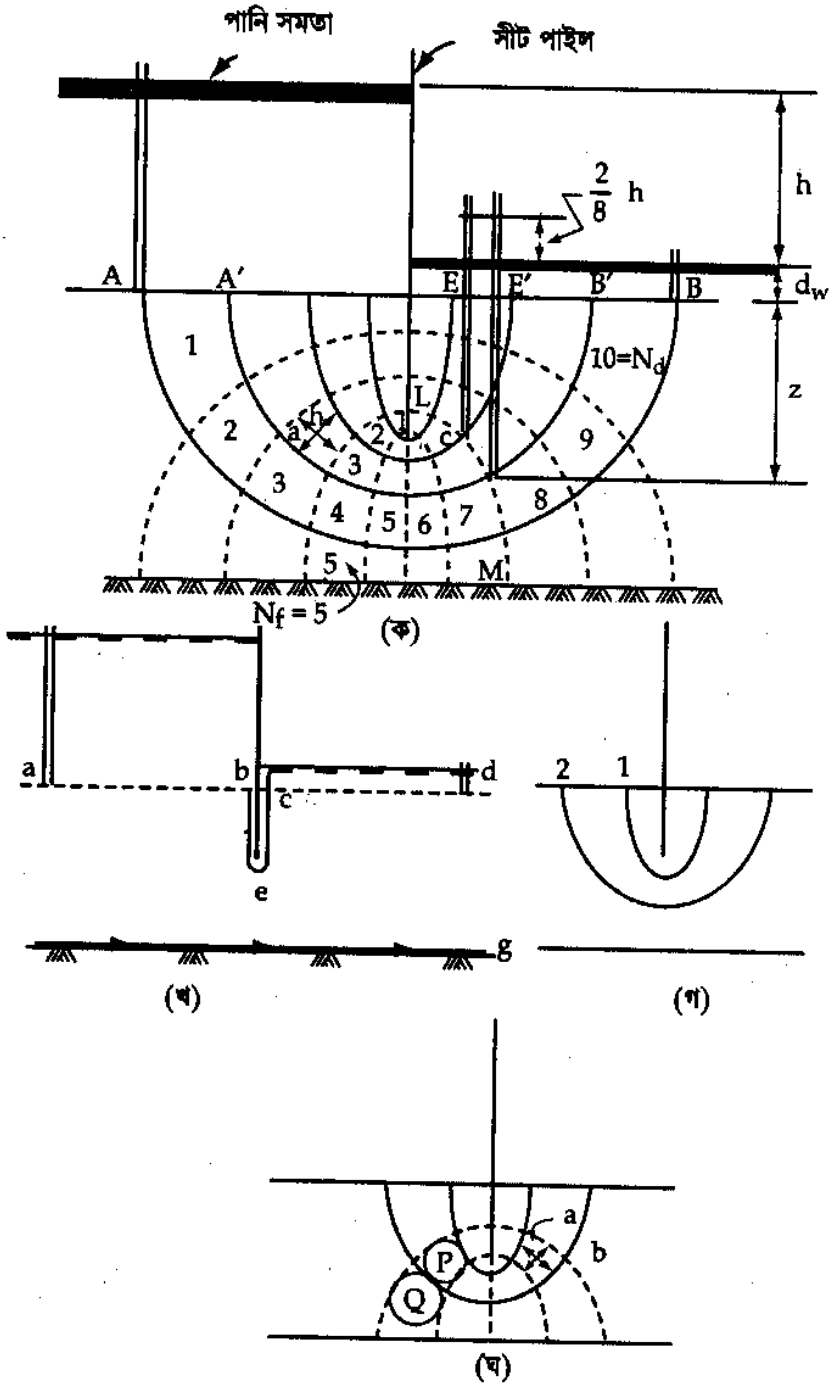
ফ্লো-নেট বা প্রবাহ জালিকা অঙ্কনের জন্য গ্রাফিক্যাল পদ্ধতিই সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়। এ পদ্ধতিতে ফ্লো-নেট অংকনের পূর্বে দেখে নিতে হবে যে, কোন ফ্লো-লাইন বা ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন পূর্বাহ্নেই জানা আছে কিনা। যেমন– চিত্র ঃ ৫.৮-এ সীট পাইল দেয়াল নিজেই একটি ফ্লো-লাইন তৈরি করে। যা পাইলের উজান দিকের পৃষ্ঠ বরাবর উল্লম্বভাবে নিচের দিকে গিয়ে নিম্ন প্রান্ত ঘুরে সরাসরি ভাটির দিকের পৃষ্ঠ বরাবর উপরের দিকে উঠে আসে (চিত্র ঃ ৫.৮ (খ)। চিত্রে b e c অপ্রবেশ্য স্তরের উপরের পৃষ্ঠও একটি ফ্লো-লাইন সৃষ্টি করে। এতে উজানের দিকের বহুদূর হতে পানি প্রবেশ্য স্তরের ভিতর দিয়ে চুইয়ে অপ্রবেশ্য স্তরের উপরের পৃষ্ঠ দিয়ে ভাটি দিকের দূরবর্তী কোন বিন্দু হতে ধীরে ধীরে উর্ধ্বমুখী হয়ে উপরে উঠে আসে (চিত্র ঃ fg)। এ দু' ফ্লো-লাইনকেই ফ্লো-নেটের সীমান্ত হিসাবে ধরা যায়। অন্যান্য সকল ফ্লো-লাইন উক্ত রেখাদ্বয়ের মধ্যে অবস্থান করবে। আরো দেখা যায় যে উজান দিকের ভূমিতল ও ভাটির দিকের ভূমিতল দু'টি ইকুয়িপটেনশিয়াল রেখা তৈরি করবে। কেননা উক্ত তলদ্বয়ের প্রত্যেকটির জন্য একটি করে পিজোমেট্রিক লেভেল পাওয়া যাবে এবং অন্য সকল ইকুয়িপটেনশিয়াল রেখা উক্ত রেখাদ্বয়ের মাঝে অবস্থান করবে। চিত্রে ab ও cd সীমান্ত ইকুয়িপটেনশিয়াল রেখা। প্রাথমিক পর্যায়ের অংকনকারীর জন্য কম সংখ্যক (ধরি দু'টি চিত্র গ) ফ্লো-লাইন আঁকাই উত্তম। প্রত্যেকটি ফ্লো-লাইনই ab তে আরম্ভ হবে এবং cd তে শেষ হবে। যেহেতু ab ও cd ইকুয়িপটেনশিয়াল রেখা তাই ফ্লো-রেখাগুলো উক্ত রেখাদ্বয়কে সমকোণে ছেদ করবে। ফ্লো-লাইনগুলো মসৃণ বক্রতায় সীমান্ত ফ্লো-লাইনদ্বয়ের সাথে সামঞ্জস্যতা বজায় রেখে আঁকতে হবে। প্রথম ট্রায়ালের অবস্থা চিত্র ঃ ৫.৮ গ-এর মত হবে।

পরের ধাপে প্রয়োজন অনুযায়ী ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইনগুলো আঁকতে হবে। এগুলোও মসৃণ বক্রতায় আঁকতে হবে এবং এগুলোও ফ্লো-লাইনকে সমকোণে ছেদ করবে। ফ্লো-নেটকে সহজবোধ্য করার জন্য ধারাবাহিক দু'টি ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইনের পিজোমেট্রিক লেভেলের পার্থক্যের সমান দূরত্বে ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন অংকন করা হয়। অনুরূপভাবে ফ্লো-লাইন আঁকার সময়ও এদের দূরত্ব এমন হওয়া উচিত যেন ধারাবাহিক দু'টি ফ্লো-লাইনের মধ্যবর্তী স্থানের চুয়ানের মাত্রা সমান হয়। উপরোক্ত শর্তদ্বয় পূরণের জন্য (চিত্র ঃ ৫.৮ ঘ) দূরত্ব a ও b সমান হওয়া আবশ্যক। সন্তোষজনক অবস্থার জন্য ঘ চিত্রের p -এর মত বৃত্ত এঁকে নেয়া যেতে পারে বা (Q-এর মত নয়) প্রথম ট্রায়ালে ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইনগুলো আঁকার সময় যতদূর সম্ভব ফ্লো-লাইনকে সমকোণে ছেদ করানের ক্ষেত্রে সচেষ্ট থাকতে হবে এবং সৃষ্ট ছোট ছোট ক্ষেত্রগুলোর পরস্পরের ক্ষেত্রফলের মধ্যে যদিও পার্থক্য থাকে কিন্তু প্রত্যেকটি ক্ষেত্র বর্গাকার সাদৃশ্য হতে হবে।

প্রথম ট্রায়ালে সন্তোষজনক ফ্লো-নেট তৈরি করা সম্ভব হবে না। এজন্য ধৈর্য সহকারে বারবার চেষ্টা করতে হবে এবং উত্তম মানের ফ্লো-নেট গভীর মনোযোগ সহকারে দেখতে হবে।

● **সীট পাইল দেয়ালের নিচের প্রবেশ্যস্তরে পানি প্রবাহের ফ্লো-নেট (Flow net representing flow of water beneath impervious Sheet pile wall) ঃ**

ফ্লো-নেটটির অংকন প্রক্রিয়া পূর্বের পাঠ্যাংশে আলোচনা করা হয়েছে। নিচে ফ্লো-নেটটির অংকিত ছবি দেয়া হল ঃ



চিত্র ঃ ৫.৮

সমাধানসহ সমস্যাবলি ঃ

আলোচিত পাঠ্যাংশ গুলোর আলোকে নমুনা হিসাবে কয়েকটি সমস্যার সমাধান নিচে দেয়া হল ঃ

উদাহরণ-১। কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় নিম্নের তথ্যাদি পাওয়া গেল।

নমুনা মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

তথ্যাদি ঃ নমুনা মৃত্তিকার দৈর্ঘ্য ও ব্যাস যথাক্রমে ১০ সেমি. ও ৬ সেমি., ৫০ সেমি. হেডের বিপরীতে ৪৫ সেকেন্ডে প্রাপ্ত ডিসচার্জ ১৫০ সেমি.^{৩}

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{QL}{hAt}$

$= \frac{১৫০ \times ১০}{৫০ \times ২৮.২৯ \times ৪৫}$

= ০.০২৪ সেমি./সেকেন্ড

উত্তর ঃ ০.০২৪ সেমি/সেকেন্ড

দেয়া আছে,

L = ১০ সেমি.

D = ৬ = সেমি.

$\therefore A = \frac{\pi D^2}{৪} = \frac{৩.১৪১৬(৬)^২}{৪}$

= ২৮.২৯ সেমি.^{২}

h = ৫০ সেমি.

Q = ১৫০ সেমি.^{৩}

t = ৪৫ সেকেন্ড

উদাহরণ-২। গবেষণাগারে ০.২৫ মিটার দৈর্ঘ্যের ৪০০০ বর্গ মিলিমিটার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট নমুনা মৃত্তিকায় কনস্টেন্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় ০.৫ মিটার হেডের বিপরীতে ২ মিনিটে ৩৬০ মিলিলিটার পানি প্রবাহিত করানো হল। উক্ত নমুনা মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{QL}{hAt} = \frac{৩৬০ \times ২৫}{৫০ \times ৪০ \times ১২০}$

= ০.০৩৭৫ সেমি./সেকেন্ড

উত্তর ঃ ০.০৩৭৫ সেমি./সেঃ

দেয়া আছে,

L = ০.২৫ মিটার = ২৫ সেমি.

A = ৪০০০ বর্গ মিমি. = ৪০ বর্গ সেমি.

t = ২ মিনিট = ১২০ সেকেন্ড

Q = ৩৬০ মি.লি. = ৩৬০ ঘন সেমি.

h = ০.৫ মিটার = ৫০ সেমি.

উদাহরণ-৩। গবেষণাগারে কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় ৫০ বর্গ সেমি. প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট ৬ সেমি. দৈর্ঘ্যের নমুনা মৃত্তিকায় ৪০ সেমি. স্থির হেডের বিপরীতে ১০ মিনিটে ৪৩০ ঘন সেমি. পানি প্রবাহিত করানো হল। যদি উক্ত নমুনার শুষ্ক ওজন ৪৯৮ গ্রাম এবং উক্ত নমুনার মৃত্তিকা কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৫ হয়। তবে এটির ভেদ্যতা গুণাঙ্ক ও এতে নিঃসরণ বেগ নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{QL}{hAt}$

$= \frac{৪৩০ \times ৬}{৪০ \times ৫০ \times ৬০০}$

$= ২.১৫ \times ১০^{-৩}$ সেমি./সেকেন্ড

দেয়া আছে,

L = ৬ সেমি.

A = ৫০ সেমি.^{২}

Q = ৪৩০ সেমি.^{৩}

t = ১০ × ৬০ = ৬০০ সেকেন্ড

W_d = ৪৯৮ গ্রাম

G = ২.৬৫

h = ৪০ সেমি.

আমরা জানি,

$$v = \frac{q}{A}$$

$$= \frac{Q}{t} \cdot \frac{I}{A}$$

$$= \frac{৪৩০}{৬০০} \cdot \frac{১}{৫০}$$

$$= ১.৪৩৩ \times ১০^{-২} \text{ সেমি./সেকেন্ড}$$

এখন $\gamma_d = \frac{W_d}{V} = \frac{৪৯৮}{৫০ \times ৬}$

$$= ১.৬৬ \text{ গ্রাম/সেমি.}^{৩}$$

$$e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} - ১ = \frac{২.৬৫ \times ১}{১.৬৬} - ১$$

$$= ০.৫৯৬৪$$

$$\therefore n = \frac{e}{1+e} = \frac{০.৫৯৬৪}{১.৫৯৬৪} = ০.৩৭৩$$

নিঃসরণ বেগ, $v_s = \frac{v}{n}$

$$= \frac{১.৪৩৩ \times ১০^{২}}{০.৩৭৩}$$

$$= ৩.৮৪ \times ১০^{-২} \text{ সেমি./ সেকেন্ড}$$

উত্তর ঃ ভেদ্যতা গুণাঙ্ক = ২.১৫×১০^{-৩} সেমি/সেকেন্ড

নিঃসরণ বেগ = ৩.৮৪×১০^{-২} সেমি/সেকেন্ড

উদাহরণ-৪। একটি কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় ১০ সেমি. দৈর্ঘ্য, ২ সেমি. ব্যাসের বেলে মৃত্তিকায় ২০ সেমি. স্থির হেডের বিপরীতে ৩ মিনিটে ৩০০ সেমি.^{৩} পানি প্রবাহিত হয়। ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{QL}{hAt}$

$$= \frac{৩০০ \times ১০}{২০ \times ৩.১৪ \times ১৮০}$$

$$= ০.২৭ \text{ সেমি./সেকেন্ড}$$

দেয়া আছে,

L = ১০ সেমি.

D = ২ সেমি.

$\therefore A = \frac{\pi(২)^{২}}{৪} = ৩.১৪$ সেমি.^{২}

Q = ৩০০ সেমি.^{৩}

h = ২০ সেমি.

t = ৩ × ৬০ = ১৮০ সেকেন্ড

উত্তর ঃ ভেদ্যতা গুণাঙ্ক = ০.২৭ সেমি/সেকেন্ড

উদাহরণ-৫। ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় ব্যবহৃত পারমিয়্যামিটারের অন্তঃব্যাস ৫সেমি. এবং খাড়া পাইপের অন্তঃব্যাস ০.২ সেমি.। নমুনা মৃত্তিকার দৈর্ঘ্য ৮ সেমি.। এতে ৬ মিনিটে হেড ১০০ সেমি. হতে ৫০ সেমি. নেমে আসে। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক,

$$k = ২.৩\frac{aL}{At}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}$$

$$= ২.৩\frac{\frac{\pi}{৪}(০.২)^২ \times ৮}{\frac{\pi}{৪}(৫)^২ \times ৩৬০}\log_{10}\frac{১০০}{৫০}$$

$$= ২.৪৬\times১০^{-৫}$$ সেমি./সেকেন্ড

উত্তর ঃ ভেদ্যতা গুণাঙ্ক $= ২.৪৬ \times ১০^{-৫}$ সেমি/সেকেন্ড

দেয়া আছে,
$d = ০.২$ সেমি.
$\therefore a = \frac{\pi}{৪}(০.২)^২$
$D = ৫$ সেমি.
$\therefore A = \frac{\pi(৫)^২}{৪}$
$L = ৮$ সেমি.
$t = ৬ \times ৬০ = ৩৬০$ সেকেন্ড
$h_1 = ১০০$ সেমি.
$h_2 = ৫০$ সেমি.

উদাহরণ-৬। একটি ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় দেখা যায় যে, প্রারম্ভিক সময়ের হেড ৪০ সেমি. এবং প্রতি ১০ মিনিটে ৫ সেমি. হেডের অবনতি ঘটে। যদি উক্ত পরীক্ষায় ব্যবহৃত নমুনা মৃত্তিকার দৈর্ঘ্য ৬ সেমি. এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ৫০ সেমি.^{২} হয় এবং খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ০.৫ সেমি.^{২} হয়, তবে কত সময় পরে হেড ২০ সেমি. এ পৌঁছবে। উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক মিটার/ঘন্টা ও মিটার/দিন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০]

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \left(\frac{aL}{At}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}\right) ২.৩$

$$= \left(\frac{০.৫ \times ৬}{৫০\times১০\times৬০}\log_{10}\frac{৪০}{৩৫}\right) ২.৩$$

$$= ১.৩৩৩৮\times১০^{-৫}$$ সেমি./সেকেন্ড

হেড ২০ সেমি. পৌঁছার জন্য সময় t_1 হলে

$$K = \frac{২.৩aL}{At_1}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}$$

$$\therefore t_1 = ২.৩\frac{aL}{Ak}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}$$

$$= ২.৩\frac{০.৫ \times ৬}{৫০\times১.৩৩৩৮\times১০^{-৫}}\log_{10}\frac{৪০}{২০}$$

$= ৩১১৪.৫৭$ সেকেন্ড

$= ৫১.৯১$ মিনিট

দেয়া আছে,
$a = ০.৫$ সেমি.^{২}
$A = ৫০$ সেমি.^{২}
$h_1 = ৪০$ সেমি.
$t = ১০ \times ৬০$ সেকেন্ড
$h_2 = ৪০ - ৫ = ৩৫$ সেমি.
$L = ৬$ সেমি.

যখন $h_2 = ২০$ সেমি.

তখন $t_1 = ?$

$k = ১.৩৩৩৮ \times ১০^{-৫}$ সেমি./সেকেন্ড

$= ১.৩৩৩৪ \times ১০^{-৫} \times ৬০$ সেমি./মিনিট

$= ১.৩৩৩৮ \times ১০^{-৫} \times ৬০ \times ৬০$ সেমি./ঘন্টা

$$= \frac{১.৩৩৩৮ \times ১০^{-৫} \times ৬০ \times ৬০}{১০০}$$ মিটার/ঘন্টা

$= ৪.৮ \times ১০^{-৪}$ মিটার/ঘন্টা

$$= ১.৩৩৩৮ \times ১০^{-৫} \times \frac{৬০ \times ৬০ \times ২৪}{১০০}$$

$= ০.০১১৫$ মিটার/দিন

উত্তর ঃ $k = ১.৩৩৩৮ \times ১০^{-৫}$ সেমি/সেকেন্ড, $t_1 = ৫১.৯১$ মিনিট, $k = 0.0115$ মিটার/দিন

উদাহরণ-৭। পানি অপ্রবেশ্য স্তরের উপর ১০ মিটার পুরু একটি বালির স্তরে ভূনিম্নস্থ পানি সমতা ভূপৃষ্ঠ হতে ১.৫ মিটার নিচে অবস্থান করে। এ স্তরের একটি কূপ হতে পাম্পের সাহায্যে প্রতি সেকেন্ডে ১০০ লিটার পানি উত্তোলন করলে উক্ত কূপ হতে ৩ মিটার ও ২৫ মিটার দূরের দু'টি পর্যবেক্ষণ কূপের পানির তল পানি সমতা হতে যথাক্রমে ৩.০০ ও ০.৫ মিটার নিচে নেমে যায়। উক্ত বালিস্তরের ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{২.৩q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \log_{10}\frac{r_2}{r_1}$

$= \frac{২.৩ \times ০.১}{\pi[(৮)^২ - (৫.৫)^২]} \log_{10}\frac{২৫}{৩}$

$= ১.৯৯৭ \times ১০^{-৩}$ মিটার/সেকেন্ড

$= ১.৯৯৭$ মিমি./সেকেন্ড

উত্তর : $k = ১.৯৯৭$ মিমি/সেকেন্ড

দেয়া আছে,

$r_1 = ৩$ মিটার

$r_2 = ২৫$ মিটার

$h_2 = ১০ - ১.৫ - ০.৫$

$= ৮$ মিটার

$h_1 = ১০ - ১.৫ - ৩$

$= ৫.৫$ মিটার

$q = \frac{১০০}{১০০০}$

$= ০.১$ মিটার^৩/সেকেন্ড

উদাহরণ-৮। একটি পাথুরে স্তরের উপর ১৬ মিটার পুরু বেলে কর্দম স্তরে পানি সমতা ভূতলে অবস্থান করে। এ স্তরে পাম্পিং কূপ হতে ৩ মিটার ও ৮ মিটার দূরে দু'টি পর্যবেক্ষণ কূপ আছে। পাম্পিং কূপ হতে প্রতি মিনিটে ১২০০০ লিটার পানি উত্তোলন করায় পর্যবেক্ষণ কূপদ্বয়ের পানি তল ২ মিটার ও ০.৫ মিটার নিচে নেমে যায়। উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-০৪]

সমাধান : আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{২.৩q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \log_{10}\frac{r_2}{r_1}$

$= \frac{২.৩ \times ০.২}{\pi\,[(১৫.৫)^২ - (১৪)^৩]} \log_{10}\frac{৮}{৩}$

$= ১.৪১ \times ১০^{৩}$ মিটার/সেকেন্ড

$= ১.৪১$ মিমি./সেকেন্ড

উত্তর : $k = ১.৪১$ মিমি./সেকেন্ড

দেয়া আছে,

$r_1 = ৩$ মিটার

$r_2 = ৮$ মিটার

$h_1 = ১৬ - ২ = ১৪$ মিটার

$h_2 = ১৬ - ০.৫ = ১৫.৫$ মিটার

$q = \frac{১২০০০}{৬০ \times ১০০০}$

$= ০.২$ মিটার^৩/সেকেন্ড

উদাহরণ-৯। একটি ৫ মিটার পুরু কনফাইন্ড একুইফারে ০.৬ মিটার ব্যাসের কূপ হতে প্রতি সেকেন্ডে ২০ লিটার পানি স্বাভাবিকভাবে উত্তোলন করলে কূপের নিচ হতে ১০ মিটার উপরের পানি তল ৮ মিটারে নেমে আসে। যদি রেডিয়াস অফ ইনফ্লুয়েন্স ৩০০ মিটার হয়, তবে উক্ত মৃত্তিকা স্তরের ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $k = \frac{২.৩q}{2\pi b(h_2 - h_1)} \log_{10}\frac{r_2}{r_1}$

$= \frac{২.৩ \times ০.০২}{২\pi \times ৫(১০-৮)} \log_{10}\frac{৩০০}{০.৩}$

$= ২.১৯৬ \times ১০^{-৩}$ মিটার/সেকেন্ড

$= ২.১৯৬$ মিমি. / সেকেন্ড

দেয়া আছে,

$r_1 = ০.৩$ মিটার

$r_2 = ৩০০$ মিটার

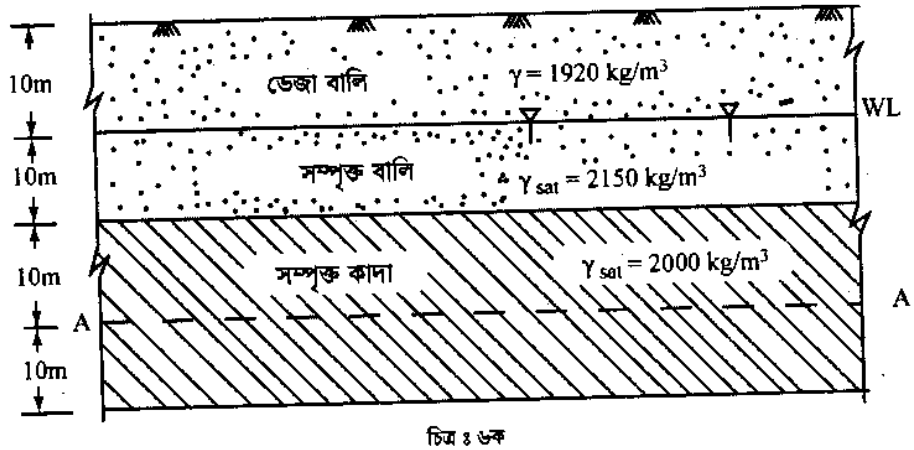
$h_1 = ৮$ মিটার

$h_2 = ১০$ মিটার

$q = \frac{২০}{১০০০} = ০.০২$ মিটার^৩/সেকেন্ড

উত্তর : $k = ২.১৯৬$ মিমি/সেকেন্ড

উদাহরণ-১০। নিচের চিত্র ও তথ্যাদির ভিত্তিতে AA তলে কার্যকরী উল্লম্ব চাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। (চিত্র ঃ ৬ক)



চিত্র ঃ ৬ক

সমাধান ঃ আমরা জানি, মোট চাপ, $p = \overline{p} + U_w$

অতএব কার্যকরী উল্লম্ব চাপ, $\overline{p} = p - U_w$

$= ১০ \times ১৯২০ + ১০ \times ২১৫০ + ১০ \times ২০০০ - ২০ \times ১০০০$

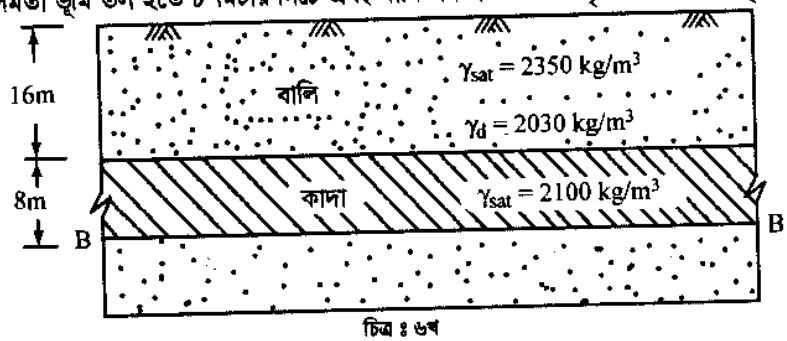
$= ৪০৭০০$ কেজি/মিটার^২

উত্তর ঃ ৪০৭০০ কেজি/মিটার^২

উদাহরণ-১১। নিচের মৃত্তিকার লগ হতে নিচের শর্ত সাপেক্ষে মৃত্তিকার ২৪ মিটার গভীরে BB তলে কার্যকরী উল্লম্ব চাপে পরিমাণ নির্ণয় কর।

(ক) যখন পানি সমতা ভূমি তলে

(খ) যখন পানি সমতা ভূমি তল হতে ৮ মিটার নিচে এবং পানি সমতার উপরের মৃত্তিকা ২০% সম্পৃক্ত (চিত্র ঃ ৬খ)



চিত্র ঃ ৬খ

সমাধান ঃ

(ক) পানি সমতা যখন ভূমি তলে, তখন BB তলে কার্যকরী উল্লম্ব চাপ,

$\overline{p} = ২৩৫০ \times ১৬ + ২১০০ \times ৮ - ১০০০ \times ২৪ = ৩০৪০০$ কেজি/মিটার^২

(খ) পানি সমতা যখন ভূমি তলের ৮ মিটার নিচে

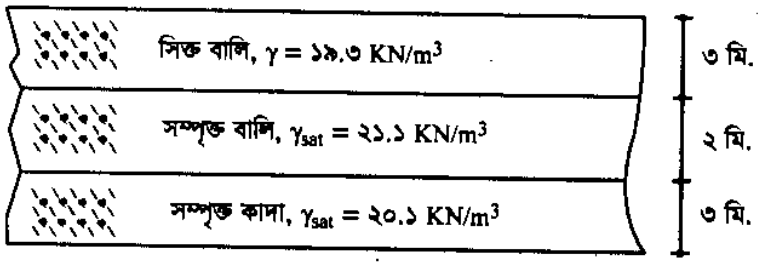
তখন উপরের ৮ মিটারের জন্য বালির আর্দ্র ওজন = ২০৩০ +০.২ (২৩৫০ − ২০৩০) = ২১২৬ কেজি/মিটার^৩

এ ক্ষেত্রে কার্যকরী উল্লম্ব চাপ, $\overline{p} = ৮ \times ২১২৬ + ৮ \times ২৩৫০ + ৮ \times ২১০০ - ১৬ \times ১০০০$

$= ৩৬৬০৮$ কেজি/মিটার^২

উত্তর ঃ (ক) ৩০৪০০ কেজি/মিটার^২ (খ) ৩৬৬০৮ কেজি/মিটার^২।

উদাহরণ-১২। নিচের চিত্র অনুযায়ী কাদামাটির স্তরের নিচের তলে কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯]



চিত্র ঃ ৬গ

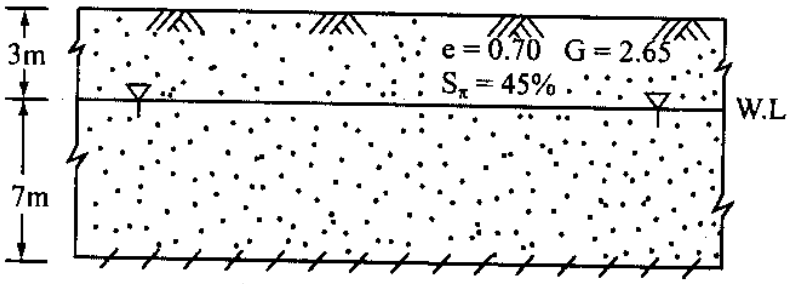
সমাধান ঃ আমরা জানি, কার্যকরী চাপ = $\overline{p}$ $= P - U_w$

$= ৩ \times ১৯.৩ + ২ \times ২১.১ + ৩ \times ২০.১ - ৫ \times ১০$

$= ১১০.৭$ KN/m^2

উত্তর ঃ ১০০.৭ KN/m^2

উদাহরণ-১৩। নিচের মৃত্তিকার লগের চিত্র ও তথ্যাদি হতে অভেদ্য স্তরের উপরে পতিত উল্লম্ব কার্যকরী চাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। (চিত্র ঃ ৬ঘ)



চিত্র ঃ ৬ঘ

সমাধান ঃ ভেজা একক ওজন, $\gamma = \left(\frac{G + S_r.e}{1 + e}\right) \gamma_w$

$= \left(\frac{২.৬৫ + ০.৪৫ \times ০.৭}{১ + ০.৭}\right) ১০০০$

$= ১৭৪৪.১২$ কেজি/মিটার^৩

সম্পৃক্ত একক ওজন, $\gamma_{sat} = \left(\frac{২.৬৫ + ১ \times ০.৭}{১ + ০.৭}\right) ১০০০$

$= ১৯৭০.৫৯$ কেজি/মিটার^৩

অভেদ্য স্তরের উপর কার্যকরী উল্লম্ব চাপ, $\overline{p} = ১৭৪৪.১২ \times ৩ + ১৯৭০.৫৯ \times ৭ - ১০০০ \times ৭$

$= ১২০২৬.৪৮$ কেজি/মিটার^২

উত্তর ঃ ১২০২৬.৪৮ কেজি/মিটার^২

উদাহরণ-১৪। ৯ মিটার পুরু নিমজ্জিত বালির স্তরের নিচে ৪ মিটার পুরু কাদার স্তর অবস্থান করে। বালির স্তরের উপরের তলের উপরে ৩ মিটার গভীরতায় পানি থাকলে কাদার স্তরের মধ্য উচ্চতায় মোট উল্লম্ব চাপ, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী উল্লম্ব চাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। তথ্যাদি সম্পৃক্ত বালির একক ওজন γ_{sat} = ২১৩০ কেজি/মিটার^৩ সম্পৃক্ত কাদার একক ওজন γ_{sat} = ১৯৯০ কেজি/মিটার^৩

সমাধান ঃ প্রশ্নের আলোকে–

আমরা জানি,

মোট উল্লম্ব চাপ, $P = H_1\gamma_w + Z\gamma_{sat}$

$= ৩ \times ১০০০ + (৯ \times ২১৩০ + ২ \times ১৯৯০)$

$=$ ২৬১৫০ কেজি/মিটার^২

ছিদ্রস্থিত পানির চাপ, $U_w = (H_1 + Z)\gamma_w$

$= [৩ + (৯ + ২)]\ ১০০০$

$=$ ১৪০০০ কেজি/মিটার^২

অতএব কার্যকরী উল্লম্ব চাপ, $\overline{P} = P - U_w =$ ২৬১৫০ − ১৪০০০

$=$ ১২১৫০ কেজি/মিটার^২

উত্তর ঃ মোট উল্লম্ব চাপ = ২৬১৫০ কেজি/মিটার^২, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ = ১৪০০০ কেজি/মিটার^২

কার্যকরী উল্লম্ব চাপ= ১২১৫০ কেজি/মিটার^২।

উদাহরণ-১৫। কোন নমুনা মৃত্তিকার শিথিল ও গোলাকার মৃত্তিকা কণার কার্যকরী আকার ০.২৫ মিমি হলে উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

সমাধান ঃ এলেন হেজেনের সূত্রানুযায়ী

$$k = CD_{১০}^{২} = ১০০\left(\frac{০.২৫}{১০}\right)^{২}$$

$=$ ০.০৬২৫ সেন্টিমিটার/সেকেন্ড

উত্তর ঃ K = ০.০৬২৫ সেমি/সেকেন্ড

উদাহরণ-১৬। একটি কাদামাটির স্তরের উপর 5.5 m পুরুত্বের বালি মাটির স্তর আছে। বালি মাটির উপরিতল হতে 2.5m নিচে পানি তল আছে। e = 0.52, S_r = 37%, w = 42% এবং G = 2.65 হলে ভূমি তল হতে 9.6 m গভীরতায় মোট চাপ, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১৩]

সমাধান ঃ

আয়তনিক একক ওজন, $\gamma = \dfrac{(G + S_r.e)\,\gamma_w}{1 + e}$

$= \dfrac{(2.65 + 0.37 \times 0.52) \times 1000}{1 + 0.52}$

$= 1870\ kg/m^3$

সম্পৃক্ত অবস্থায় (পানি তলের নিচে S_r = 100%)

$\gamma = \dfrac{(G + S_r.e)\gamma_w}{1 + e}$

$\gamma = \dfrac{(2.65 + 1 \times 0.52)\ 1000}{1 + 0.52}$

$= 2085.53\ kg/m^3$

যখন পানি তল ভূমিতল হতে 2.5m নিচে তখন 9.6 m গভীরতায়–

মোট চাপ, $= 1870 \times 2.5 + 2085.53\ (9.6 - 2.5)$

$= 19482.26\ kg/m^2$

ছিদ্রস্থিত পানির চাপ, $U = (9.6 - 2.5)\ 1000$

$= 7100\ kg/m^2$

কার্যকরী চাপ, $\bar{\sigma} = 19482.26 - 7100$

$= 12382.26\ kg/m^2$

উত্তর ঃ মোট চাপ = $19482.26\ kg/m^2$, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ = $7100\ kg/m^2$, কার্যকরী চাপ = $12382.26\ kg/m^2$

উদাহরণ-১৭। পরীক্ষাগারে ভেদ্যতা পরীক্ষণ কালে 10 mm একটি খাড়া পাইপের পানির উচ্চতা 40 cm হতে কমে 25 cm হল। যদি নমুনার উচ্চতা 10 cm, ব্যাস 5 cm এবং খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল 0.5 cm^2 হয়, তবে ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০০২, ০৯, ১০]

সমাধান ঃ

আমরা জানি, ভেদ্যতা সহগ, $k = \frac{2.3\ aL}{At} \log_{10}\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$

$= \frac{2.3 \times 0.5}{19.635 \times 600} \times \log_{10}\left(\frac{40}{25}\right)$

$= 1.99 \times 10^{-5}$ cm/s sec

উত্তর ঃ 1.99×10^{-5} cm/s sec

দেয়া আছে,

$h_1 = 40$ cm
$h_2 = 25$ cm
$L = 10$ cm
$t = 10 \times 60$
$= 600$ sec.
$A = 0.7854 \times 5^2$
$= 19.635\ cm^2$
$a = 0.5\ cm^2$

উদাহরণ-১৮। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট কোন শিথিল বালির নমুনার কণার কার্যকরী আকার D_{10} = 0.28 mm. ভেদ্যতার সহগ k এর মান কত?

[বাকাশিবো-২০০২, ১৩]

সমাধান ঃ

এলেন হেজেন এর সূত্রানুযায়ী

ভেদ্যতার সহগ, $k = CD_{10}^2$

$= 100 \times (0.028)^2$

$= 0.0784$ cm/sec

উত্তর ঃ $k = 0.0784$ cm/sec.

দেয়া আছে,

$D_{10} = 0.28$ mm
$= 0.028$ cm
$k = ?$
$C = 100$

উদাহরণ-১৯। একটি ফলিং হেড পারমিয়েবিলিটি পরীক্ষায় 21 cm দীর্ঘ এবং 12 cm ব্যাসবিশিষ্ট কোন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহিত করে 190 সেকেন্ডে 60 cm উচ্চতা থেকে 40 cm উচ্চতায় নেমে আসল। যদি খাড়া পাইপের ব্যাস 1.88 cm হয় তাহলে উক্ত মাটির ভেদ্যতার সহগ কত?

[বাকাশিবো-২০০২]

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতার সহগ, $k = 2.3 \frac{aL}{At} \log_{10}\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$

$\therefore k = 2.3 \times \frac{0.7854 \times (1.88)^2}{0.7854 \times (12)^2 \times 190} \times \log_{10}\left(\frac{60}{40}\right)$

$= 5.23 \times 10^{-5}$ cm/sec.

উত্তর ঃ $k = 5.23 \times 10^{-5}$ cm/sec.

দেয়া আছে,

$t = 190$ sec
$h_1 = 60$ cm
$h_2 = 40$ cm
$L = 21$ cm
$A = 0.7854 \times (12)^2$
$a = 0.7854 \times (1.88)^2$
$k = ?$

উদাহরণ-২০। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট কোন বালি নমুনার কার্যকরী আকার 0.35 mm হলে 0 এর মান নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ১৪]

সমাধান ঃ

এলেন হেজেন এর সূত্র, $k = CD_{10}^2$ অনুযায়ী

ভেদ্যতার সহগ, $k = 100 \times (0.035)^2$

$= 0.1225$ cm/sec.

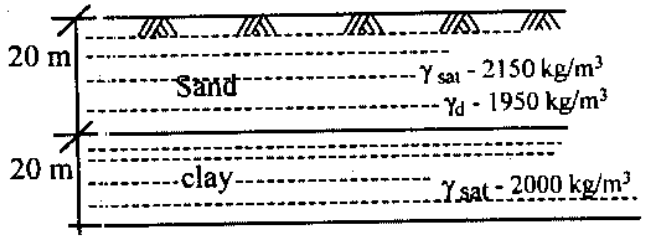
উত্তর ঃ $k = 0.1225$ cm/sec.

দেয়া আছে,
$C = 100$
$D_{10} = 0.35$ mm
$= 0.035$ cm
$K = ?$

উদাহরণ-২১। মৃত্তিকা লগের চিত্র হতে 30 মিটার গভীরে কার্যকরী চাপের মান বের কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১২]

(ক) যখন পানিতল ভূমি সমতলে থাকে।

(খ) নিষ্কাশনের সাহায্যে পানির তল যখন 10 মিটার নিচে নামানো হয় এবং সম্পৃক্ততার মাত্রা 30%.



সমাধান ঃ

(ক) যখন পানিতল ভূমি সমতলে তখন ২০ মিটার গভীরে–

কার্যকরী চাপ, $\bar{P} = 20 \times 2150 + 10 \times 2000 - 30 \times 1000$

$= 33000$ kg/m^2

(খ) পানির তল যখন ভূমি তলের 10 m নিচে

এ অবস্থায় উপরের 10 m এর জন্য বালির আর্দ্র ওজন $= 1950 + 0.3\,(2150 - 1950) = 2010$ kg/m^3

এক্ষেত্রে, কার্যকরী চাপ, $\bar{P} = 10 \times 2010 + 10 \times 2150 + 10 \times 2000 - 20 \times 1000$

$= 41{,}600$ kg/m^2

উত্তর ঃ ক) 33000 kg/m^2 খ) 41600 kg/m^2

উদাহরণ-২২। একটি ফিলিং হেড পারমিয়্যামিটার পরীক্ষায় 20 cm দীর্ঘ এবং 12 cm বিশিষ্ট কোন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়া পানি প্রবাহিত করে। 190 সেকেন্ডে 45 cm উচ্চতা হতে 32 cm উচ্চতা পাওয়া গেল। যদি পাইপের ব্যাস 1.8 cm হয় তাহলে মাটির ভেদ্যতার সহগ কত হবে? [বাকাশিবো-২০০৫, ১২]

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

ভেদ্যতার সহগ, $k = 2.3\,\frac{aL}{At}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}$

$= 2.3 \times \frac{0.785 \times 1.8^2 \times 20}{0.785 \times 12^2 \times 190} \times \log_{10}\frac{45}{32}$

$= 8.06 \times 10^{-4}$ cm/sec

উত্তর ঃ ভেদ্যতার সহগ, $k = 8.06 \times 10^{-4}$

দেয়া আছে,
$L = 20$ cm
$A = 0.785 \times 12^2$
$a = 0.785 \times 1.8^2$
$t = 190$ s
$h_1 = 45$ cm
$h_2 = 32$ cm
$k = ?$

উদাহরণ-২৩। একটি শিথিল ও গোলাকৃতি নমুনার কার্যকরী আকার 0.06 mm হলে এলেন হেজেনের ভেদ্যতা সহগের মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ১০]

সমাধান ঃ

এলেন হেজেন এর সূত্র, $k = CD_{10}^2$ অনুযায়ি

$k = 100 \times (0.006)^2$

$= 3.6 \times 10^{-3}$ cm/sec

উত্তর ঃ $k = 3.6 \times 10^{-3}$ cm/sec.

দেয়া আছে,

$D_{10} = 0.06$ mm

$= 0.006$ cm

$C = 100$

$k = ?$

উদাহরণ-২৪। একটি কাদামাটির স্তরের উপর 6m পুরুত্বের বালির স্তর আছে। বালির উপরিতল হতে 2m নিচে পানি তল আছে $e = 0.50$, $S_r = 35\%$, $w_c = 41\%$ এবং $G = 2.65$ হলে ভূমিতল হতে 9 m গভীরতায় মোট চাপ, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

সমাধান ঃ

ভেজা একক ওজন বা আয়তনিক একক ওজন, $\gamma = \frac{(G + S_r e)\gamma_w}{1 + e}$

$= \frac{(2.65 + 0.35 \times 0.5)}{1 + 0.5} \times 1000$

$= 1883.34$ kg/m^3

দেয়া আছে,

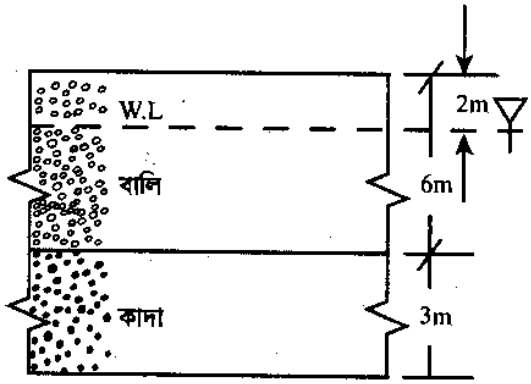
$G = 2.65$

$S_r = 35\%$

$e = 0.50$

$w_c = 41\% = 0.41$

$\gamma_w = 1000$ kg/m^3



পানি তলের নিচে মৃত্তিকাসম্পূর্ণ পরিপৃক্ত অর্থাৎ $S_r = 1$

এখন বালির পরিপৃক্ত একক ওজন,

$\gamma_{sat} = \frac{(G + S_r e)\gamma_w}{1 + e}$

$= \frac{(2.65 + 1 \times 0.50)1000}{1 + 0.50}$

$= 2100$ kg/m^3

কাদার পানি ধারণ মাত্রা, $w_c = 41\% = 0.41$

$G = 2.65$, $S_r = 1$

$\because e = \frac{WG}{S_r} = \frac{0.41 \times 2.65}{1} = 1.0865$

কাদার সম্পৃক্ত একক ওজন,

$$\gamma_{sat} = \frac{(G + S_r e)\,\gamma_w}{1 + e}$$

$$= \frac{2.65 + 1 \times 1.0865}{1 + 1.0865}$$

$$= 1790.80 \text{ kg/m}^3$$

যখন পানি তল ভূমিতল হতে 2 m নিচে,

মোট চাপ $= 1883.34 \times 2 + 2100\,(6 - 2) + 1790.80 \times 3 = 17539.08 \text{ kg/m}^3$

Pore water pressure (ছিদ্রস্থিত পানির চাপ) $= 7 \times 1000 = 7000 \text{ kg/m}^3$

কার্যকরী চাপ (effective pressure), $\bar{P} = 17539.08 - 7000 = 10539.08 \text{ kg/m}^3$

উত্তর ঃ মোট চাপ $= 17539.08 \text{kg/m}^3$, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ $= 7000 \text{ kg/m}^3$ এবং কার্যকরী চাপ $= 10539.08 \text{ kg/m}^3$.

উদাহরণ-২৫। একটি ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় পারমিয়্যামিটারে 6 cm² প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট নমুনা মৃত্তিকায় 40 মিনিটে হেড 30 cm হতে 10 cm এ নেমে আসে। যদি নমুনা মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ 1×10^{-4} cm/sec. হয়, তবে খাড়া পাইপের ব্যাস কত? [বাকাশিবো-২০১৩]

সমাধান ঃ

দেয়া আছে—

$A = 6 \text{ cm}^2$

$t = 40 \times 60$

$= 2400$ sec.

$h_1 = 30$ cm

$h_2 = 10$ cm

$k = 1 \times 10^{-4}$ cm/sec.

ধরে নিই

$L = 20$ cm

Unit weight

$$k = 2.3\,\frac{aL}{At}\log_{10}\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

$$\because a = \frac{kAt}{2.3\,L\log_{10}\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}$$

$$= \frac{10^{-4} \times 6 \times 2400}{2.3 \times 20 \times \log_{10}\left(\frac{30}{10}\right)}$$

$$= 0.065$$

খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 'a'

$$\because a = \frac{\pi}{4}(d)^2$$

$$0.065 = 0.7854\,(d)^2$$

$$\because d = \sqrt{\frac{0.065}{0.7854}} = 0.288 \text{ cm} = 2.88 \text{ mm}$$

উত্তর ঃ 2.88 mm.

অনুশীলনী-৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **মৃত্তিকার ভেদ্যতা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৯, ১২]

অথবা, Permeability of soil বলতে কী বুঝায়?

উত্তর মৃত্তিকার ধারাবাহিক ভয়েডের মাধ্যমে এর ভিতর দিয়ে পানি বা অন্য কোন তরল পদার্থকে প্রবাহিত হতে দেয়ার গুণকে মৃত্তিকার ভেদ্যতা বলা হয়।

২। **'হাইড্রোলিক হেড' কী?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর প্রবাহীর দু' বিন্দুর পিজোমেট্রিক লেভেলের পার্থক্যই হাইড্রোলিক হেড।

৩। **পিজোমেট্রিক হেডের সংজ্ঞা লিখ।**

উত্তর প্রবাহীর কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে পিজোমেট্রিক টিউব স্থাপন করলে প্রবাহী (তরল পদার্থ) ঐ টিউবে যে তল পর্যন্ত উঠে। নির্দিষ্ট বিন্দু হতে ঐ তল পর্যন্ত উল্লম্ব দূরত্বকে পিজোমেট্রিক হেড বলা হয়।

৪। **পজিশন হেড কী?**

উত্তর প্রবাহীর দু' বিন্দুর উল্লম্ব দূরত্বের পার্থক্যকে পজিশন হেড বলা হয়।

৫। **ডার্সির সূত্রটি বুঝিয়ে লিখ।**

উত্তর বিজ্ঞানী এইচ ডার্সি পরীক্ষার মাধ্যমে এ সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, স্বাভাবিক প্রবাহকালে সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় প্রবাহের হার বা একক সময়ে ক্ষরণের পরিমাণ হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্টের সাথে সমানুপাতিক অর্থাৎ $q = kiA$।

৬। **ভূনিম্নস্থ কোন তলে মোট চাপের পরিমাণ কত?**

উত্তর ভূনিম্নস্থ কোন তলের উপর মৃত্তিকা ও পানির অবস্থানের কারণে যে মোট চাপ পড়ে তা মূলত কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপের সমষ্টির সমান।

৭। **ক্ষরণ বেগ কী?**

উত্তর ক্ষরণ বেগ প্রকৃত বেগের সমান হয় না। একক সময়ের ক্ষরণকে প্রস্থচ্ছেদের মোট ক্ষেত্রফল দিয়ে ভাগ করলে ক্ষরণ বেগ পাওয়া যায়।

৮। **নিঃসরণ বেগের সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৯]

উত্তর মৃত্তিকার ভয়েডের ভিতর দিয়ে যে বেগে পানি (তরল) প্রবাহিত হয়, তাই নিঃসরণ বেগ।

৯। **ক্ষরণ বেগ ও নিঃসরণ বেগের মধ্যে সম্পর্ক কী?**

উত্তর নিঃসরণ বেগ ক্ষরণ বেগের $\frac{1}{n}$ গুণের সমান। (n = পরোসিটি)

১০। **প্রবাহ রেখা বা চুয়ানো রেখা কী?** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০৯]

উত্তর উচ্চতলের (উজানের) পানি (ভাটির) নিম্নতলের দিকে প্রবাহকালে বাধাপ্রাপ্ত হলে তা ভূনিম্নস্থ প্রবেশ্য স্তরের ভিতর দিয়ে নিম্নতলের দিকে অসংখ্য মসৃণ বক্রপথে ধাবিত হয়। এ পথগুলোকে চুয়ানো রেখা বলা হয়।

১১। **সমবিভব রেখা বা ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইনের সংজ্ঞা লেখ।** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৮, ০৯, ১২, ১৩]

উত্তর বিভিন্ন চুয়ানো রেখার যে সকল বিন্দুতে সমান প্রিজমেট্রিক লেভেল পাওয়া যায়। ঐ সকল বিন্দুর সংযোজিত রেখাকে সমবিভব রেখা বা ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইন বলা হয়।

১২। **ফ্লো-নেট কী?** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০০, ০৬, ০৯, ১০, ১৩]

অথবা, প্রবাহ জালিকা কী?

উত্তর ইকুয়িপটেনশিয়াল রেখা ও প্রবাহ রেখা চিহ্নিত করলে চিত্রটিকে একটি জালির মত দেখায়। এ জালির ন্যায় চিত্রটিকে ফ্লো-নেট বলা হয়।

১৩। **ভেদ্যতা সহগ কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০০২, ১০, ১১]

উত্তর একক উদক ঢালে প্রবাহের বেগকে ভেদ্যতার সহগ বলা হয়। একে k দ্বারা সূচিত করা হয়।

১৪। **চোরাবালি বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ১৩]

অথবা, Quick condition of sand বলতে কী বুঝায়?

উত্তর যে অবস্থায় সংশক্তিহীন মৃত্তিকা (বালি) তার পৃষ্ঠের কোন ওজনকে বহন করতে পারে না। অর্থাৎ হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট চরম অবস্থানে থাকে অর্থাৎ কার্যকরী চাপের পরিমাণ ০ (শূন্য) হয়। এ অবস্থায় সংশক্তিহীন মৃত্তিকা (বালি)-কে চোরাবালি বলে।

১৫। **নিঃসরণ চাপ ও চরম ঔদক ঢালুতা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০৬, ১১, ১২]

উত্তর **নিঃসরণ চাপ ঃ** মাটির ভিতর দিয়ে যখন পানি প্রবাহিত হয়, তখন মাটিতে প্রবাহমুখী যে বল কাজ করে, এ বলের প্রভাবে মাটি সৃষ্ঠ চাপই নিঃসরণ চাপ।

চরম ঔদক ঢালুতা ঃ যে হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্টে নিঃসরণ চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানি চাপ পরস্পর সমান হয় অর্থাৎ কার্যকরী চাপ শূন্য (০) হয়। ঐ হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্টকে চরম ঔদক ঢালুতা বলা হয়।

১৬। **দু'বিন্দুর মাঝে কখন তরল প্রবাহিত হয়?**

উত্তর দু' বিন্দুর মাঝে যখন পিজোমেট্রিক হেড এর পার্থক্য হয় তখন এদের মাঝে তরল প্রবাহিত হয়।

১৭। **আনকনফাইন্ড একুইফার কী?**

উত্তর ভূনিম্নস্থ সর্ব উপরের প্রথম পানিধারক স্তর যার উপরে কোন পানি অভেদ্য স্তর অবস্থান করে না কিন্তু এর নিচে পানি অভেদ্য স্তর অবস্থান করে, তাকে আনকনফাইন্ড একুইফার বলে।

১৮। **কনফাইন্ড একুইফার বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর যে পানি ধারক স্তর দু'টি পানি অভেদ্য স্তরের মাঝে অর্থাৎ যার উপরে ও নিচে পানি অভেদ্য স্তর এবং এর উপরের অভেদ্য স্তরটি উচু এলিভেশনে পর্যাপ্ত এলাকাব্যাপী ভগ্ন, তাকে কনফাইন্ড একুইফার বলে।

১৯। **'কুইক কন্ডিশন' কী?**

উত্তর যে অবস্থায় মৃত্তিকার কার্যকরী চাপ শূন্যতে পৌছায় শিয়ার নেয়ার শক্তিও হারায়, ভার বহন ক্ষমতা শূন্য হয়। মৃত্তিকার সে অবস্থাকে কুইক কন্ডিশন বলা হয়। সাধারণত সংশক্তিহীন মৃত্তিকায় (বালি) এরূপ অবস্থা ঘটে।

২০। **মোটাদানা ও সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার ভেদ্যতা পরীক্ষার পদ্ধতিগুলো কী?**

উত্তর সচরাচর মোটাদানার মৃত্তিকার ভেদ্যতা পরীক্ষায় কনসটেন্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষা পদ্ধতি এবং সূক্ষ্মদানার ভেদ্যতা পরীক্ষায় ভেরিয়েবল ভেদ্যতা পরীক্ষা পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

২১। **মাটির ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর মাটির ভেদ্যতা সাধারণত নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে–

(i) মৃত্তিকার দানার আকার-আকৃতি
(ii) ছিদ্রস্থিত প্রবাহিত ধর্ম
(iii) মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও
(iv) মৃত্তিকা কণার বিন্যাস
(v) অভ্যন্তরীণ বায়বীয় পদার্থ ও অপদ্রব্য
(vi) কাদা মাটির ক্ষেত্রে শোষ্য পানির পরিমাণ।

২২। **ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৯, ১০, ১৩]

উত্তর মাটির নিচের কোন তলের উপর মাটি ও পানির অবস্থানের কারণে যে চাপ পড়ে, তাকে মোট চাপ বলা হয়।

মোট চাপ = কার্যকরী চাপ + ছিদ্রস্থিত পানির চাপ।

মাটির ভয়েডের ভিতরে থাকা পানি কর্তৃক যে চাপ মাটির ভয়েডের অভ্যন্তরে মাটির কণার উপর সকল দিকে সমানভাবে ক্রিয়া করে এবং এ চাপের পরিবর্তনে মাটির যান্ত্রিক ধর্মে কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। এ চাপকে ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বলা হয়, একে নিরক্ষেপ চাপও বলা হয়।

যে চাপ মাটির দানাগুলোর স্পর্শ বিন্দুতে কাজ করে যা ছিদ্রস্থিত পানির চাপের অতিরিক্ত চাপ এবং এর প্রভাবে মাটির যান্ত্রিক ধর্মের পরিবর্তন হয়, তাকে কার্যকরী চাপ বলা হয়। পানি উর্ধ্বমুখী প্রবাহে এর মান কমে এবং নিম্নমুখী প্রবাহে এর মান কমে। এর প্রভাবে মৃত্তিকার আয়তনে পরিবর্তন হতে পারে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলিঃ

১। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকার ভেদ্যতায় প্রভাব বিস্তারকারী উৎপাদকগুলোর তালিকা তৈরি কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৪, ০৫, ০৯, ১২, ১৩]
বা, কোন কোন বিষয়ের উপর মাটির ভেদ্যতা নির্ভর করে?

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। প্রমাণ কর যে, ক্ষরণ বেগ নিঃসরণ বেগের n (পরোসিটি) গুণের সমান।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। প্রবাহ জালির পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫। কুইক কন্ডিশনের ক্ষেত্রে দেখাও যে, চরম উদক চালুতা, $i_C = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$. [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নিঃসরণ বেগ ও পরোসিটির মধ্যে সম্পর্ক দেখাও। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিঃসরণ চাপ সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১১, ১২]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। প্রবাহ জালিকা এর বৈশিষ্টগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১১]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। দেখাও যে, নিমজ্জিত মৃত্তিকার উপরের পানির গভীরতার উপর কার্যকরী চাপ নির্ভর করে না। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৪ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষাটি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের ক্ষেত্রে ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষার মাধ্যমে দেখাও যে, $k = \frac{2.3aL}{At} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০০০, ০৪, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মাটির ভেদ্যতা নির্ণয়ের পরীক্ষাগুলো কী কী? অপরিবর্তনীয় হেড পারমিয়্যামিটারের সাহায্যে ভেদ্যতা নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০০]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের পাম্পিং আউট ভেদ্যতা পরীক্ষাটি (কনফাইন্ড একুইফারের জন্য) আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের ক্ষেত্রে আনকনফাইন্ড একুইফারের জন্য পাম্পিং আউট পরীক্ষার মাধ্যমে দেখাও যে, $k = \frac{2.3q}{p(h_2^2 - h_1^2)} \log_{10} \frac{r_2}{r_1}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ নিরূপণের প্রক্রিয়া আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৬, ০৭, ০৯, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **ফ্লো-নেট অংকনের গ্রাফিক্যাল প্রক্রিয়া আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.● নং দ্রষ্টব্য।

৮। **অপ্রবেশ্য সীট-পাইলের নিচের ভেদ্যস্তরে পানি প্রবাহের ফ্লো-নেট অংকন কর।** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৫.● নং দ্রষ্টব্য।

গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

১। **নিচের তথ্যাদির ভিত্তিতে (কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় প্রাপ্ত) নমুনা মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক ও নিঃসরণ বেগ নির্ণয় কর।**
তথ্যাদি ঃ L = ৮ সেমি. A = ৬০ সেমি.^{2}, Q = ৬০০ মিলি., t = ১২ মিনিট, h = ৫০ সেমি., G_s = ২.৭০ ও W_d = ৭৫০ গ্রাম। (উত্তর ঃ ২.২ X ১০$^{-৩}$ সেমি./সেকেণ্ড, ০.০৩৩ সেমি./সেকেণ্ড)

২। **৮.২৫ সেমি. ব্যাসবিশিষ্ট পারমিয়্যামিটারে ৪৬ সেমি. দৈর্ঘ্যের নমুনা মৃত্তিকার একটি স্থির হেডের বিপরীতে প্রতি মিনিটে ১৯১ মিলি. পানি প্রবাহিত হওয়ায় এটির ভেদ্যতা গুণাঙ্ক ৩.৯২ x ১০$^{-১}$ মিমি./সেকেন্ড পাওয়া গেল। কার্যরত কালে পারমিয়্যামিটারটি কত স্থির হেডে ছিল?** (উত্তর ঃ ৬৯.৮৮ সেমি.)

৩। **(ক) ২০ সেমি.^{2} প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট ৩০ সেমি. লম্বা একটি বেলে মৃত্তিকার নমুনায় স্থির হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় ৬০ সেমি. হেডের বিপরীতে ২ মিনিটে ২৫০ মিলি. পানি প্রবাহিত হল। উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর।**
(উত্তর ঃ ০.০৫২ সেমি./ সেকেন্ড)

(খ) যদি উক্ত নমুনা মৃত্তিকা কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৫ এবং শুষ্ক ওজন ১১০০ গ্রাম হয়, তবে উক্ত নমুনার শুষ্ক একক ওজন, ভয়েড রেশিও, পরোসিটি ও নিঃসরণ বেগ নির্ণয় কর।
(উত্তর ঃ ১.৮৩৩ গ্রাম/সেমি.^{3}, ০.৪৪৬, ০.৩০৮, ০.৩৩৮ সেমি./সেকেন্ড)

৪। **সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা নমুনার ৪ সেমি. ব্যাসবিশিষ্ট ২০ সেমি. লম্বা নমুনায় ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় দেখা গেল যে, প্রারম্ভিক ১ মিনিটে হেড ১০০ সেমি. হতে ৫০ সেমি. নেমে আসে। যদি খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ১.৫০ সেমি.^{2} হয় তবে উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক কত হবে?** (উত্তর ঃ ২.৭৫ X ১০$^{-২}$ সেমি./সেকেন্ড)

৫। **২০ মিটার উচ্চতার পার্থক্যবিশিষ্ট দু'টি জলাশয়ের মাঝে একটি ২০০ সেমি.^{2} প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট পাইপের সাহায্যে সংযোগ দেয়া হল। কোন কারণে পাইপটি বালিতে পূর্ণ হয়ে যাওয়ায় এর ক্ষরণের পরিমাণ ০.১৫ মিটার^3/দিন হল। যদি বালির ভেদ্যতা গুণাঙ্ক ১০ মিটার/দিন হয়, তবে সংযোগ পাইপটির দৈর্ঘ্য কত ছিল?** (উত্তর ঃ ২৬.৬৭ মিটার)

৬। **একটি ভেরিয়েবল হেড পারমিয়্যামিটারে ৬ সেমি. লম্বা, ৫০ সেমি.^{2} প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট নমুনা মৃত্তিকায় ৪০ মিনিটে হেড ৩০ সে.মি. হতে ১০ সেমি. নেমে আসে। যদি উক্ত নমুনা মৃত্তিকার K = ১ x ১০$^{-৪}$ সেমি./সেকেন্ড হয়, তবে খাড়া পাইপের ব্যাস কত?** (উত্তর ঃ ১.৫৩ সেমি.)

৭। **পাম্পিং টেস্টকালে পানি অভেদ্য স্তরের উপর ১০ মিটার পুরু বালিস্তরের পাম্পিং কূপ হতে ১৫ মিটার ও ৭.৫ মিটার দূরে দু'টি পর্যবেক্ষণ কূপ খনন করা হল। প্রাথমিক অবস্থায় পানি সমতা ভূমিতলে ছিল এবং স্থির ক্ষরণে পৌঁছার পর প্রতি সেকেন্ডে ৫ লিটার হারে পানি উত্তোলন করায় পর্যবেক্ষণ কূপদ্বয়ের পানি তল ২.০০ ও ০.৫ মিটার নিচে নেমে গেল। উক্ত বেলে মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর।** (উত্তর ঃ ৪.১৯৭ মিটার/সেকেন্ড)

৮। **একটি ১০ মিটার পুরু কনফাইন্ড একুইফারে ০.৮ মিটার ব্যাসের কূপ হতে প্রতি মিনিটে ১২০০ লিটার পানি উত্তোলন করলে কূপের নিচ হতে ২৫ মিটার উপরের পানি তল ২২ মিটার নেমে আসে। যদি প্রভাব বৃত্তের ব্যাস ৪০০ মিটার হয়। তবে উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর।** (উত্তর ঃ ৭.৩২ X ১০$^{-৪}$ মিটার/সেকেন্ড)

অধ্যায়-৬ মৃত্তিকার কনসলিডেশন বৈশিষ্ট্যাদি (Consolidation Characteristics of soil)

৬.১ সংজ্ঞা-কনসলিডেশন, প্রারম্ভিক, প্রাথমিক ও মাধ্যমিক কনসলিডেশন (Definition of Consolidation, Initial, Primary & Secondary Consolidation) ঃ

কনসলিডেশন (Consolidation) ঃ মৃত্তিকায় চাপ প্রয়োগ করলে এর আয়তন হ্রাস পায়। যে ধর্মের জন্য চাপা বলের প্রভাবে মৃত্তিকার আয়তন হ্রাস পায়, তাকে মৃত্তিকার কম্প্রিসিবিলিটি (Compresibility of soil) বলা হয়। নিচের তিনটি কারণের এক বা একাধিক কারণে মৃত্তিকা সংনমিত (Compression of soil) হয়, যথা ঃ

(ক) ভয়েডের (void) মৃত্তিকা কণা ও পানির সংনমনের ফলে

(খ) ভয়েডের বাতাসের সংনমন ও পানি নির্গত হওয়ার ফলে

(গ) ভয়েড হতে পানির নিঃসরণ হওয়ার ফলে।

প্রথমোক্তটির জন্য সংনমনের মাত্রা একেবারেই নগণ্য বিধায় মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যায় এর ভূমিকা নেই বললেই চলে। আর শুধুমাত্র আংশিক সম্পৃক্ত মৃত্তিকার ক্ষেত্রেই দ্বিতীয় কারণটি পরিলক্ষিত হয়। বাতাসের সংনমন মাত্রা খুবই বেশি এবং চাপ প্রয়োগের সাথে সাথে এটি ঘটে থাকে। ফলত সম্পৃক্ত মৃত্তিকার ক্ষেত্রে দ্বিতীয় কারণটি ঘটার কোন সম্ভাবনাই নেই। যখন মৃত্তিকা সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত তখনই শুধুমাত্র তৃতীয় কারণটি ঘটতে পারে।

সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় স্থির নিশ্চল চাপাবলের ফলে মৃত্তিকার সংনমনকেই কনসলিডেশন (Consolidation) বলা হয়। ভয়েড হতে পানি নিঃসরণের মাধ্যমেই এটি ঘটে থাকে। এটা অনেকটা সম্পৃক্ত স্পঞ্জ হতে চাপ প্রয়োগে পানি নিঃসরণ করার মতো। স্বনামধন্য মৃত্তিকা বিজ্ঞানী টারজাগির মতে, সম্পৃক্ত মৃত্তিকার পানির মাত্রা হ্রাস করে কিন্তু হ্রাসকৃত আয়তন বায়ু দখল করে নেয় না, এরূপ সকল ক্রিয়াই কনসলিডেশন প্রক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত। এ প্রক্রিয়ার বিপরীত প্রক্রিয়াই সোয়েলিং (Swelling), যাতে ভয়েডের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে পুরো ভয়েড পানিতে পূর্ণ হয়।

কনসলিডেশনের ফলে মৃত্তিকার কণাগুলো গড়িয়ে বা স্থানচ্যুত হয়ে পরস্পরের গভীর সান্নিধ্যে আসে। ফলে পানির নিঃসরণ ঘটে এবং আয়তনে হ্রাস পায়। কোন নির্মাণ কাঠামোর ভিত্তিতলের মৃত্তিকার আয়তন হ্রাস পেলে অর্থাৎ নির্মাণ কাঠামোর ভিত্তিতলের মৃত্তিকার সংনমন ঘটলে নির্মাণ কাঠামো দেবে যায়। তাই নির্মাণ কাঠামো দেবে যাওয়ার পূর্বাভাস দেয়া ও নির্মাণপূর্ব সতর্কতার জন্য মৃত্তিকার কনসলিডেশনের জ্ঞান থাকা অপরিহার্য।

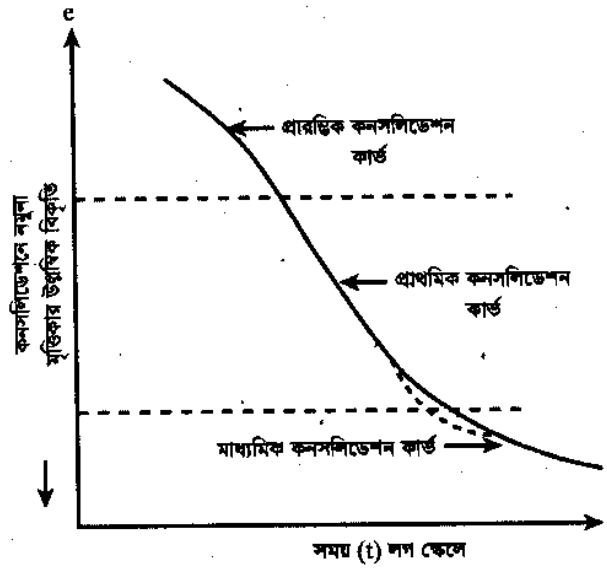
প্রসঙ্গত উল্লেখ যে, রোলিং বা দুরমুশ করার ন্যায় অস্থির সচল চাপা বলের প্রয়োগের ফলে মৃত্তিকার ভয়েডের বায়ুর নির্গমন ঘটে, আয়তন হ্রাস পায় বা মৃত্তিকা দৃঢ়াবদ্ধ হয়। এটাকে সয়েল কম্প্যাকশন (Soil Compaction) বলা হয়।

কনসলিডেশন তিন ধাপে সম্পন্ন হয়।

(ক) প্রারম্ভিক কনসলিডেশন (Initial Consolidation) ঃ আংশিক সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় স্থির নিশ্চল চাপা বল প্রয়োগ করলে তাৎক্ষণিকভাবে ভয়েডের বাতাসের সংকোচন ও নির্গমন ঘটে এবং মৃত্তিকা কণায়ও সংনমন দেখা দেয়। ফলে আয়তনে হ্রাস পায়। মৃত্তিকায় এ তাৎক্ষণিক সংনমনকে প্রারম্ভিক কনসলিডেশন (Initial Consolidation) বলা হয়। সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় ক্ষেত্রে মৃত্তিকা কণার সংনমনেই প্রারম্ভিক কনসলিডেশন ঘটে থাকে।

ভূপৃষ্ঠ হতে গভীরে মৃত্তিকার স্বাভাবিক অবস্থায় মৃত্তিকা নির্দিষ্ট পরিমাণ চাপে থাকে। একে প্রি-কনসলিডেশন (Pre-Consolidotion) চাপ বলা হয়। এ চাপের দরুন মৃত্তিকা যে পরিমাণ কনসলিডেশনে থাকে, তাকে প্রি-কনসলিডেশন (Pre-consolidation) বলা হয়। গবেষণাগারে পরীক্ষার জন্য কোন গভীর অবস্থান হতে নমুনা মৃত্তিকা উঠিয়ে আনলে প্রি-কনসলিডেশন চাপের অবমুক্তির কারণে স্বাভাবিক অবস্থানের আয়তনের তুলনায় কিছুটা আয়তন বৃদ্ধি পায়। গবেষণাগারে এ নমুনা মৃত্তিকার কনসলিডেশন পরীক্ষাকালে প্রি-কনসলিডেশন চাপের সমপরিমাণ চাপ প্রয়োগ করলে বর্ধিত হওয়া উল্লম্বিক আয়তনটুকুর সংনমন ঘটে। মূলত এ সংনমনটুকুই প্রারম্ভিক কনসলিডেশন। এ কনসলিডেশন সংঘটিত হওয়ার কালে সময়ের সাথে আয়তনিক সংনমনের কোন সরল সম্পর্ক বিরাজ করে না এবং উক্ত মৃত্তিকায় কনসলিডেশন কার্ভের প্রাথমিক এ অংশটুকু সহজেই ধরা পড়ে। কার্ভের এ অংশটুকু নিচের দিকে বৃত্তাকার অবতলীয় রেখা সৃষ্টি করে। (চিত্র ঃ ৬.১)

(খ) প্রাথমিক কনসলিডেশন (Primary Consolidation) ঃ প্রারম্ভিক কনসলিডেশনে পানি নিঃসরণের ফলে মৃত্তিকার আয়তন হ্রাস পায়। সম্পৃক্ত মৃত্তিকা প্রারম্ভে প্রয়োগকৃত নিশ্চল স্থির চাপা বল ছিদ্রস্থিত পানির চাপের (Pore water Pressure) দ্বারা প্রতিহত করে। কেননা পানি মৃত্তিকাদানার তুলনায় অধিক অসংনমিত পদার্থ। এটি সময় বৃদ্ধির সাথে উদক ঢালুতা (Hydraulic gradient) সৃষ্টি করে এবং পানি নিঃসরণ আরম্ভ করে। পানি নিঃসরণের মাত্রার উপর আয়তন হ্রাসের মাত্রা নির্ভর করে। এ আয়তনের হ্রাসকে প্রাথমিক কনসলিডেশন (Primary Consolidation) বলা হয়। অবশ্য পানি নিঃসরণের মাত্রা মৃত্তিকার ভেদ্যতার (Permeability) মাত্রার উপর অনেকাংশে নির্ভর করে। তাই সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার দীর্ঘ সময় পরে ধীরে ধীরে প্রাথমিক কনসলিডেশন আরম্ভ হয় এবং স্থূলদানার মৃত্তিকার স্বল্প সময়ের মধ্যে দ্রুত এ কনসলিডেশন আরম্ভ হয়। পানি নিঃসরণের পরিমাণ বাড়লে সংনমিত বল মৃত্তিকা কণার উপর চলে আসে। ফলে কার্যকরী পীড়নের মাত্রা বাড়তে থাকে।



চিত্র ঃ ৬.১

গবেষণাগারে কনসলিডেশন পরীক্ষা কালে যে সময় প্রদত্ত চাপের পরিমাণ প্রি-কনসলিডেশন চাপের চেয়ে অধিক হয়, তখন ধীরে ধীরে ভয়েডের ভিতরের পানি নিঃসরণ হতে থাকে এবং নমুনার উল্লম্বিক সংনমন ঘটতে থাকে। মূলত এ কনসলিডেশনই প্রাথমিক কনসলিডেশন। কনসলিডেশন কার্ভের এ সময়কার অংশটুকুতে চাপ ও সময়ের মধ্যে একটা স্বাভাবিক সম্পর্ক দেখা যায় এবং কার্ভের এ অংশটুকু ডানদিকে নিম্নমুখী ঢালের সরল রেখার মতো হয়। [চিত্রঃ ৬.১]

(গ) মাধ্যমিক কনসলিডেশন (Secondary Consolidation) ঃ প্রাথমিক কনসালিডেশনের সমাপ্তির পরও মৃত্তিকার আয়তন ধীরে ধীরে কমতে থাকে। এমনকি প্রযুক্ত সংনমিত বলের প্রভাবে সৃষ্ট হাইড্রোস্ট্যাটিক বলের সম্পূর্ণ অবমুক্তির পরও কিঞ্চিৎ পরিমাণ কনসলিডেশন হয়। শেষের দিকে আয়তনের হ্রাসের এ পরিমাণকে মাধ্যমিক কনসলিডেশন (Secondary Consolidation) বলা হয়। যদিও এর কারণ অদ্যাবধি সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয়নি, তবে ধরা হয় যে, মৃত্তিকা কণার পুনঃবিন্যস্ত হওয়া ও নব পীড়ন প্রক্রিয়ার জন্য এটি ঘটে থাকে।

গবেষণাগারে কনসলিডেশন পরীক্ষায় চাপ প্রয়োগের চূড়ান্ত মাত্রায় যখন মৃত্তিকার উদক চাপ শূন্যতে পৌঁছায় তখনও খুবই ধীরে ধীরে উল্লম্বিক সংনমন ঘটতে থাকে। মূলত এটাই মাধ্যমিক কনসলিডেশন। এ অবস্থায় মৃত্তিকাদানার গায়ে লেগে থাকা ঝিল্লির মতো পানিটুকুও বের হতে থাকে। এ সময় কনসলিডেশন কার্ভের ঢাল কমে যায় এবং কার্ভের এ অংশটি ডানদিকে নিম্নগামী মোটামুটি সরল রেখা সৃষ্টি করে। (চিত্রঃ ৬.১)

৬.২ চাপে সম্পৃক্ত মৃত্তিকার আচরণ (Behaviour of Saturated Soil under Pressure) ঃ

সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় চাপ (ρ_1) প্রয়োগ করলে তাৎক্ষণিকভাবে পুরো প্রয়োগকৃত চাপ মৃত্তিকাস্থ পানির উপর পতিত হয় এবং এ সময় মৃত্তিকার ছিদ্রস্থিত পানির চাপই (Pore water pressure) এ চাপ প্রতিহত করে। চাপ প্রয়োগ করা মাত্র মৃত্তিকা কণায় কোন চাপই পড়ে না। ফলত চাপ প্রয়োগের প্রারম্ভিক মুহূর্তে মৃত্তিকা কণায় পতিত চাপের পরিমাণ (ρ_s) শূন্য হয়।

অর্থাৎ $\rho_1 = \rho_s + \bar{u} = 0 + \bar{u}$

কিন্তু মৃত্তিকায় চাপ প্রয়োগের মুহূর্ত হতে কিছু সময় অতিক্রান্ত হওয়ার পর সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় সৃষ্ট অতিরিক্ত হাইড্রোস্ট্যাটিক প্রেসারের দরুন উদক ঢাল (hydraulic gradient) দেখা দেয়। ফলে সম্পৃক্ত মৃত্তিকা ভয়েড (Void) হতে পানি নিঃসরিত হওয়া আরম্ভ করে এবং মৃত্তিকার আয়তন হ্রাস পেতে থাকে। এ অবস্থায় সময় অতিক্রান্তের সাথে সাথে ধীরে ধীরে চূড়ান্ত অবস্থায় উক্ত প্রয়োগকৃত চাপের পুরো অংশই মৃত্তিকা কণার উপর পতিত হয় এবং পানির উপর কোন চাপই থাকে না ($\bar{u} = 0$)।

অর্থাৎ $\rho_1 = \rho_s + \bar{u} = \rho_s + 0$

এ অবস্থায় যদি আরো কিছু অতিরিক্ত চাপ $\Delta\rho$ প্রয়োগ করা হয়। তবে এ অতিরিক্ত চাপ প্রয়োগ করার মুহূর্তে মৃত্তিকা কণার উপর পতিত চাপের পরিমাণ হবে $\rho_s = \rho_1$ এবং পানির উপর পতিত চাপের পরিমাণ $\bar{u} = \Delta\rho$।

অর্থাৎ $P_2 = P_1 + \Delta P = P_s + (\bar{u} = \Delta\rho)$

সময় অতিক্রান্তের সাথে সাথে পানি নিঃসরণ হতে থাকে এবং অতিরিক্ত প্রয়োগকৃত চাপ ($\Delta\rho$) হতে ধীরে ধীরে যে পরিমাণ চাপ ($\Delta\rho_1$) মৃত্তিকা কণার উপর পতিত হতে থাকে, ঠিক সে পরিমাণ চাপ ($\Delta\rho_1$) পানির উপর হতে হ্রাস পেতে থাকে।

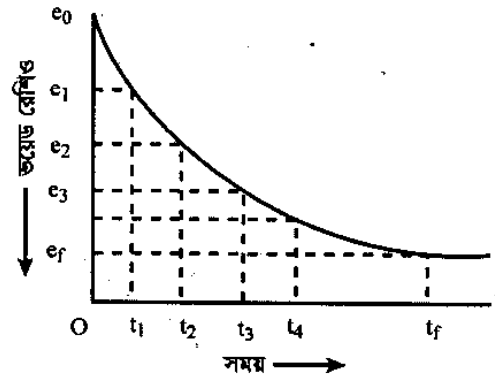
অর্থাৎ $\rho_2 = \rho_1 + \Delta\rho = (\rho_s + \Delta\rho_1) + (\Delta\rho - \Delta\rho_1)$

এ অবস্থায় চূড়ান্ত পর্যায়ে অতিরিক্ত প্রয়োগকৃত পুরো চাপই মৃত্তিকা কণার উপর পতিত হয়।

অর্থাৎ $\rho_2 = \rho_1 + \Delta\rho = (\rho_s + \Delta\rho) + (\Delta\rho - \Delta\rho)$

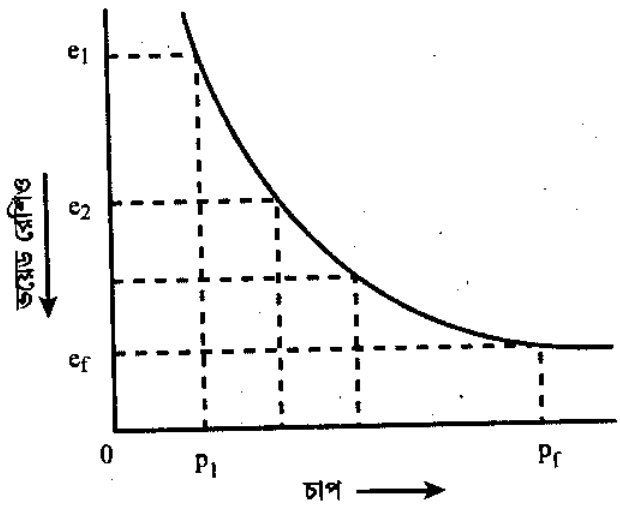
উপরোক্ত আলোচনা হতে এটি স্পষ্ট যে, সম্পৃক্ত মৃত্তিকার চাপ প্রয়োগ করা মাত্র তাৎক্ষণিকভাবে মৃত্তিকাস্থ পানির উপর প্রয়োগকৃত চাপ পতিত হয় এবং সময় অতিক্রান্তের সাথে সাথে মৃত্তিকা হতে পানি নিঃসরিত হওয়ার দরুণ মৃত্তিকায় আয়তন হ্রাস পায়। ফলত প্রয়োগকৃত পুরো চাপই ধীরে ধীরে চূড়ান্ত অবস্থায় মৃত্তিকা কণার উপর পতিত হয় এবং প্রয়োগকৃত পুরো চাপই মৃত্তিকা কণা বহন করে। এ ছাড়াও প্রাথমিক ও চূড়ান্ত সময়ের মাঝে মৃত্তিকা কণা ও পানির উপর পতিত মোট চাপের সমষ্টি প্রয়োগকৃত চাপের সমান হবে।

যেহেতু, চাপ প্রয়োগের ফলে সময়ের সাথে ধীরে ধীরে মৃত্তিকার পানির নিঃসরণ ঘটে এবং আয়তনও হ্রাস পায়। আয়তনের হ্রাস সাধারণত ভয়েড রেশিও এর পরিবর্তনের ভিত্তিতে প্রকাশ করা হয়। তাই এখানে সময়ের সাথে ভয়েড রেশিও এর তারতম্য দেখান হল (চিত্র ঃ ৬.২ক)। চিত্রে প্রারম্ভে সময় $t = 0$ ও ভয়েড রেশিও e_o এবং চূড়ান্ত সময় t_f ও ভয়েড রেশিও e_f।



চিত্র ঃ ৬.২ (ক) সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় সময়ের সাথে ভয়েড রেশিও এর পরিবর্তন

সেহেতু সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় চাপ প্রয়োগের সাথে আয়তনের পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ ভয়েড রেশিও পরিবর্তন ঘটে। চাপ প্রয়োগের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও হ্রাস পায়। ধরা যাক, ρ_1 চাপে ভয়েড রেশিও e_1 এবং প্রতিমাত্রা অতিরিক্ত চাপ বৃদ্ধির ($\rho_2=\rho_1 + \Delta\rho$, $\rho_3 = \rho_2 + \Delta\rho$.... ইত্যাদি) সাথে ভয়েড রেশিও e_2, e_3-- e_f ইত্যাদি হয়। এখানে চাপের সাথে ভয়েড রেশিও এর পরিবর্তন দেখান হল (চিত্র ঃ ৬.২ খ)। প্রসঙ্গত উল্লেখ্য, ρ কে লগ স্কেলে প্লট করে এ চিত্র অংকন করা হলে। এটাকে e Log P কার্ভ বলা হয়।



চিত্র ঃ ৬.২ (খ) চাপ ও ভয়েড রেশি ও এর পরিবর্তন

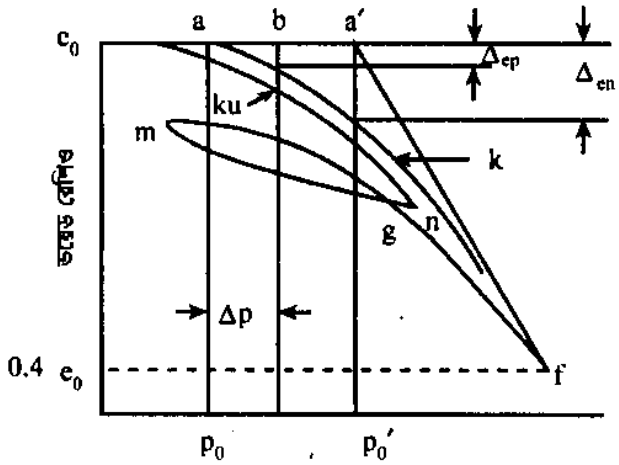
৬.৩ পূর্বে চাপ খাওয়া মৃত্তিকার কনসলিডেশন বৈশিষ্ট্য (Consolidation Characteristics of Preloaded deposits) ঃ

এখানে পূর্বে চাপ খাওয়া কাদা মৃত্তিকার ফিল্ড e logP কার্ভের নমুনা এঁকে দেখান হল। (চিত্র ঃ ৬.৩ক) নমুনা কাদা মৃত্তিকা সংগ্রহের পূর্ব মুহূর্তে প্রাকৃতিক অবস্থানে উক্ত মৃত্তিকা যে পরিমাণ চাপে ও ভয়েড রেশিওতে ছিল তা চিত্রে a বিন্দুতে চিহ্নিত করা হল। এ অবস্থান হতে সংগৃহীত অবিঘ্নিত নমুনায় গবেষণাগারে কনসলিডেশন পরীক্ষা করে e log P কার্ভ আঁকলে তা a বিন্দু দিয়ে অতিক্রম করার কথা। কিন্তু গবেষণাগারে উক্ত নমুনা মৃত্তিকা পানির উপস্থিতিতে কনসলিডেশন পরীক্ষা যন্ত্রে রেখে নিম্নমাত্রায় চাপ প্রয়োগ করলে এটি স্ফীত (Swell) হতে চায়। তাই এ পরিস্থিতি হতে নিস্কৃতি লাভের জন্য পরীক্ষাকালে প্রচলিত প্রথায় অধিক মাত্রায় দ্রুত চাপ প্রয়োগ করতে হয় এবং এক্ষেত্রে e log P কার্ভের ঢালও হ্রাস পায়। ফলত কার্ভটি a বিন্দুর সামান্য নিচ দিয়ে অতিক্রম করে।

ধরা যাক, উক্ত মৃত্তিকায় উপর কোন এক সময় সর্বাধিক p_0' চাপ পড়ে ছিল এবং ঐ সময় এটির ভয়েড রেশিও e ছিল। (যদিও এ ভয়েড রেশিও এর মান e_o হতে খানিকটা কম হবে তবুও বিশিষ্ট মৃত্তিকা বিজ্ঞানী টারজাগির মতে এটি বিবেচনা না করলেও ফলাফলে উল্লেখযোগ্য কোন পার্থক্য ঘটে না।) চিত্রে এ অবস্থাকে á দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে। যদি এ অবস্থায় মৃত্তিকাকে গবেষণাগারে পরীক্ষা করা যেতো তবে নিশ্চয়ই এটির e log P কার্ভ á বিন্দুর খুবই নিকট দিয়ে অতিক্রম করত। কিন্তু এ অবস্থা আমাদের অজ্ঞাত।

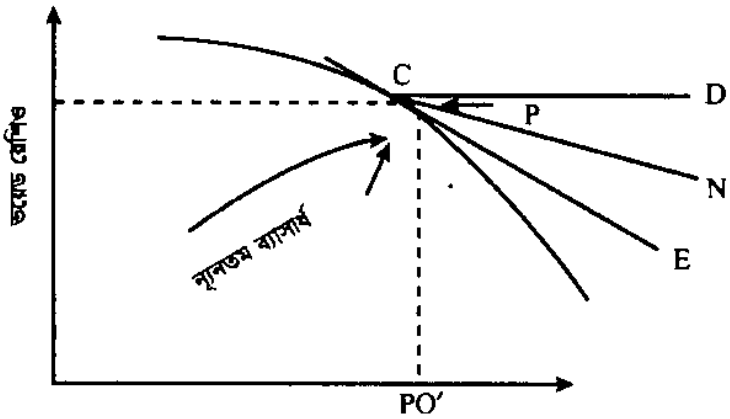
কনসলিডেশন পরীক্ষাকালে জানা ওভার বার্ডেন চাপ p_0 এবং এটির বিপরীতে গবেষণাগারে অঙ্কিত e logP কার্ভ (ku) a বিন্দুর সামান্য নিচ দিয়ে f বিন্দুর দিকে গমন করে।

এ কার্ভ (ku) হতে পূর্বে চাপ খাওয়া মৃত্তিকার e log P কার্ভ অংকনের জন্য ku কার্ভের সাথে রিবাউন্ড ও রিলোডিং কার্ভ আঁকতে হবে। এর পর p_0 চাপ অপেক্ষা Δp পরিমাণ (Δp এর পরিমাণ p_0 ও p_0' এর পার্থক্যের অর্ধেকের কাছাকাছি হবে) অধিক চাপের একটি উল্লম্ব রেখা অংকন করতে হবে। এবার a বিন্দু দিয়ে রিলোডিং কার্ভের (mg) সমান্তরাল কার্ভ উক্ত উল্লম্ব (Δp তে অঙ্কিত) রেখা পর্যন্ত টেনে f অভিমুখে বাকি অংশটুকু ku কার্ভের সমান্তরালে টানলে পূর্বে চাপ খাওয়া উক্ত মৃত্তিকার ফিল্ড e log P কার্ভ (k) পাওয়া যাবে।



চিত্র ঃ ৬.৩ (ক)

পূর্বে চাপ খাওয়া কাদা মৃত্তিকার প্রি-কনসলিডেশন প্রেসার জানার জন্য অধিষ্ঠিত মৃত্তিকার গবেষণাগারে প্রেসার ও ভয়েড রেশিও এর সম্পর্ক কার্ভ লগ স্কেলে আঁকতে হবে (চিত্র ঃ ৬.৩ খ)। সাধারণত এ কার্ভের প্রাথমিক অংশের ঢালের মাত্রা কম হয় এবং নিচের অংশ সরল রেখা হয়ে থাকে। এ. ক্যাসাগ্রান্ডির (A. Casagrande – 1936) মতে, নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে প্রি-কনসলিডেশন প্রেসারের মোটামুটি পরিমাণ জানা যায়। এ পদ্ধতিতে অঙ্কিত কার্ভটির সর্বোচ্চ বক্রতা বিন্দু (ন্যূনতম ব্যাসার্ধ) C নির্বাচন করে এ বিন্দু হতে অনুভূমিক রেখা (CD) এবং কার্ভটির উপর স্পর্শক (CE) টেনে অনুভূমিক রেখা ও স্পর্শকের মধ্যবর্তী কোণকে ($\angle DCE$) সমদ্বিখণ্ডক (CN) টেনে সমদ্বিখণ্ডিত করা হয়।

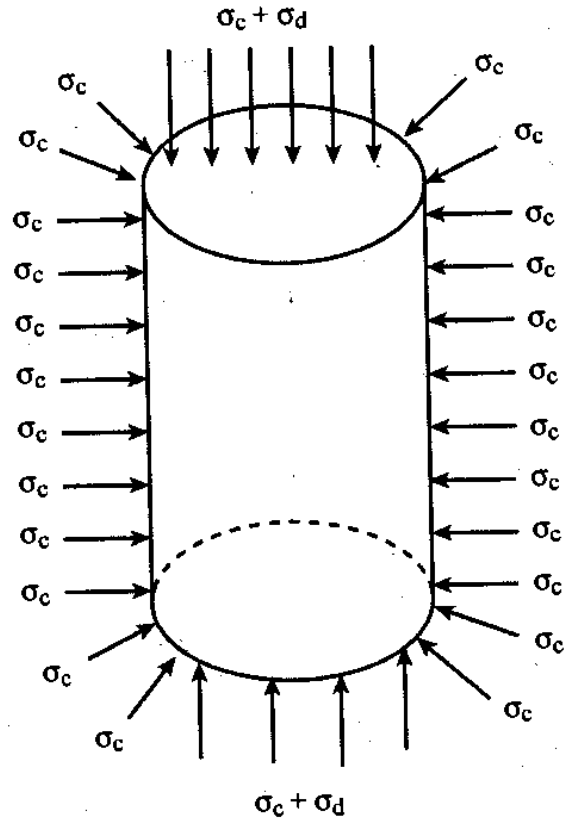


চিত্র ঃ ৬.৩ (খ)

এর পর কার্ভের নিচের দিকের সোজা অংশকে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে এটি দ্বিখণ্ডকের যে বিন্দুতে (P) মিলিত হয়, ঐ বিন্দু (P) হতে পতিত উল্লম্ব রেখা ভূমিতে চাপ অক্ষকে যে বিন্দুতে ছেদ করে, ঐ বিন্দুর চাপের মানই (PO′) উক্ত মৃত্তিকার প্রি-কনসলিডেশন প্রেসার।

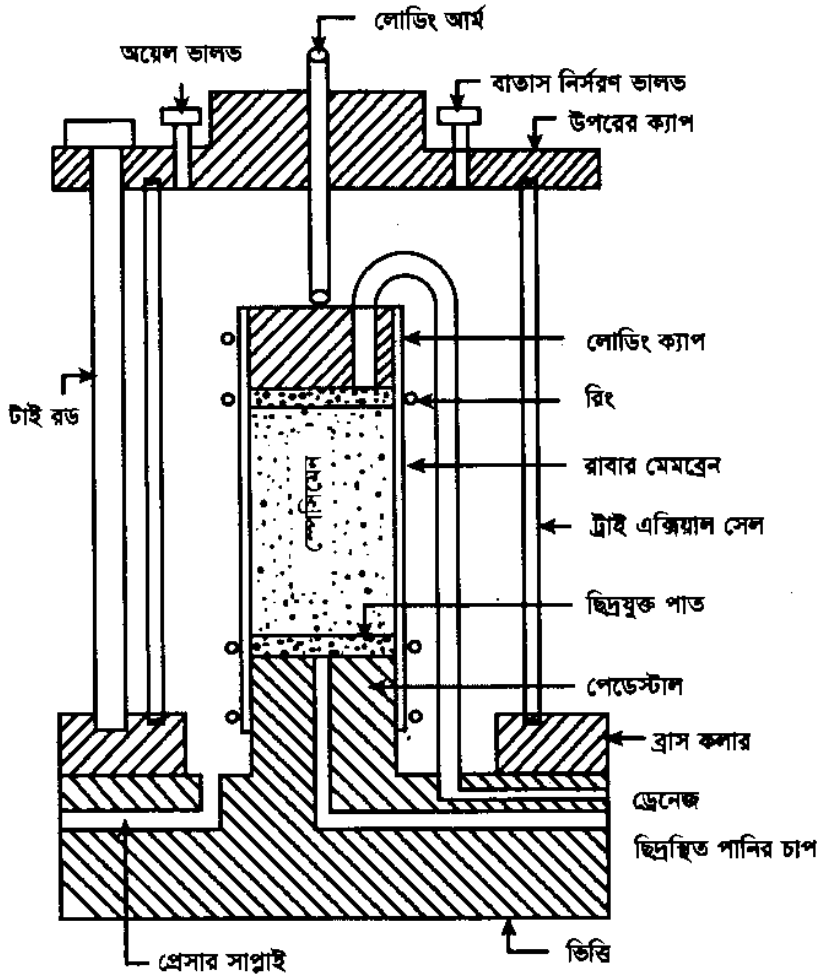
৬.৪ ট্রাই-এক্সিয়াল কম্প্রেশন টেস্ট অ্যাপারেটাস (Tri-axial Compression test Apparatus) ঃ

ট্রাই-এক্সিয়াল কম্প্রেশন টেস্টকে ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টও বলা হয়। সকল ধরনের মৃত্তিকার শিয়ার বৈশিষ্ট্য নিরূপণের জন্য এ পরীক্ষা করা হয়। এ পরীক্ষায় সিলিন্ডার আকৃতির নমুনা মৃত্তিকায় আক্ষিক প্রতিসাম্য অবস্থায় সকল দিক হতে সমমাত্রার কনফাইনিং প্রেসার σ_c (Confining Pressure) প্রয়োগ করা হয়। (চিত্রঃ৬.৪) এ অবস্থাকে কনসলিডেশন পর্যায় (Consolidation Stage) বলা হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে উপর হতে র‍্যামের (Ram) মাধ্যমে অতিরিক্ত আক্ষিক পীড়ন (Additional axial Stress) প্রয়োগ করা হয়। এ পীড়নকে ডেভিয়েটর স্ট্রেস σ_d (Deviator Stress) এবং এ পর্যায়কে শিয়ার পর্যায় (Shear Stage) বলা হয়। শিয়ারিং এর ফলে অক্ষ বরাবর মোট পীড়নের পরিমাণ $(\sigma_c + \sigma_d)$। আক্ষিক পীড়ন বৃদ্ধি পেলে উপর হতে প্রদত্ত সংনমিত পীড়নের প্রভাবে ঢালু তলে (inclind plane) শিয়ার স্ট্রেসের উদ্ভব হয়। যেহেতু, নমুনার উল্লম্ব পার্শ্বে কোন শিয়ার পীড়ন কাজ করে না, তাই এটি প্রিন্সিপাল প্লেন (Principal plane)। কনফাইনিং প্রেসার σc(confining pressure), মাইনর প্রিন্সিপাল স্ট্রেস σc (Minor principal stress) এর সমান।



চিত্র ঃ ৬.৪

উপরের ও নিচের তল মেজর প্রিন্সিপাল প্লেন (Major Principal plane)। কনফাইনিং প্রেসার ও ডেভিয়েটর স্ট্রেসের সমষ্টি মোট আক্ষিক পীড়ন মেজর প্রিন্সিপাল স্ট্রেস σ_1 এর সমান। আক্ষিক প্রতিসাম্যতার কারণে কনফাইনিং প্রেসার σ_c, ইন্টারমিডিয়েট প্রিন্সিপাল স্ট্রেস σ_2 এর সমান। উপরোক্ত ব্যাখ্যাগুলো ইলাস্টিসিটি তত্ত্বানুসারে পুরোপুরি সঠিক নয়, যেহেতু উক্ত টেস্টে সিলিন্ডার আকৃতির স্পেসিমেন ব্যবহৃত হয়। তাই এতে এক্সিয়াল (axial), রেডিয়াল (Radial), সারকামফারেন্স (Circumfarance) ও প্রিন্সিপাল (Principal) স্ট্রেস কাজ করে।ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে রেডিয়াল ও সারকামফারেন্স স্ট্রেসদ্বয়কে সমান ধরা হয়, অর্থাৎ $\sigma_2 = \sigma_3$।



চিত্র ঃ ৬.৪ (ক).ট্রাই এক্সিয়াল টেস্ট অ্যাপারেটাস্

ট্রাই এক্সিয়াল টেস্ট অ্যাপারেটাসের প্রধান প্রধান অংশগুলো চিত্রে (চিত্র ঃ ৬.৪ক) দেখান হল। এতে একটি স্বচ্ছ পদার্থের তৈরি উচ্চ চাপ ধারণে সক্ষম সিলিন্ড্রিক্যাল সেল বেইসে সংযুক্ত পেডাস্টাল ও উপরের ক্যাপের মধ্যবর্তী স্থানে স্থায়ীভাবে সংস্থাপিত থাকে।

বেইস (Base) এর ভিতর দিয়ে ৩টি নির্গমন পাইপ-সেল ফ্লুইড ইনলেট, পোর ওয়াটার আউটলেট (স্পেসিমেনের নিম্নপ্রান্ত হতে) এবং ড্রেইনেজ আউটলেট (স্পেসিমেনের উপরের প্রান্ত হতে) গমন করে। সেলে (cell) ফ্লুইড প্রেসার দেয়ার জন্য পৃথক কম্প্রেসার ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষা চলাকালে স্পেসিমেনে উদ্ভূত পোর প্রেসার (Pore Pressure) পরিমাপের জন্য আলাদা একটি পোর প্রেসার পরিমাপক যন্ত্র (বিসপস্ অ্যাপারেটাস) ব্যবহৃত হয়।

সিলিন্ড্রিক্যাল স্পেসিমেন রাবার মেমব্রেনে আবৃত থাকে। যন্ত্রটির উপরের অংশ তিনটি টাই রডের উপর স্থাপিত। উপরের ক্যাপের ভিতর দিয়ে স্টেইনলেস ইস্পাতের একটি র‍্যাম মোটামুটি বিনা ঘর্ষণে ও বিনা লিকেইজে উঠানামা করতে পারে। এটির দ্বারা পরীক্ষাকালীন সময়ে স্পেসিমেনের উপর উল্লম্বভাবে সংনমিত বল প্রয়োগ করা যায়। উপরের ক্যাপে একটি বায়ু নির্গমন ভালভ ও থাকে, যা কনফাইনিং প্রেসার প্রয়োগের জন্য যন্ত্রে পানি পূর্ণ করা কালে খোলা রাখা হয়। এ ছাড়াও দীর্ঘ সময়ব্যাপী পরীক্ষার ক্ষেত্রে পানি লিকেইজ হ্রাস করণের নির্মিত্তে মেশিন অয়েল দেয়ার জন্য উপরের ক্যাপে একটি অয়েল ভালভ থাকে। স্পেসিমেনে ডেভিয়েটর স্ট্রেস প্রয়োগের জন্য স্ট্রেইন কন্ট্রোল লোডিং মেশিন ব্যবহৃত হয়। গিয়ার বক্স ও ইলেকট্রিক মটরসহ স্ক্রু জ্যাক যা পাম্প চালিত হাইড্রোলিক র‍্যামের সমন্বয়ে এটির লোডিং সিস্টেম কাজ করে।ট্রাই এক্সিয়াল টেস্ট অ্যাপারেটাস এর সাথে নিম্নের সিস্টেমগুলো সংযুক্ত থাকে।

মারকারী কন্ট্রোল সিস্টেম (Mercury Control System) ঃ

সেল প্রেসার স্থির (Constant) রাখার জন্য মারকারী কন্ট্রোল সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। এটি ওয়াটার মারকারী ম্যানোমিটারের দু বাহুর সমন্বয়ে তৈরি। (চিত্রঃ ৬.৪ খ) এটিতে দু'টি মারকারী পাত্রের তলের উচ্চতার পার্থক্যের ফলে ট্রাই-এক্সিয়াল সেলের পানিতে চাপের উদ্ভব ঘটায়। ম্যানোমিটার সমীকরণের সাহায্যে এ চাপের পরিমাণ (σ_c) নির্ণয় করা যায়। যেহেতু উপরের পাত্রের মারকারী তল (Mercury Level) খোলা অবস্থায় থাকে, তাই এটিতে চাপের পরিমাণ শূন্য। ম্যানোমিটার সমীকরণটি এ ক্ষেত্রে নিম্নরূপ হয়।

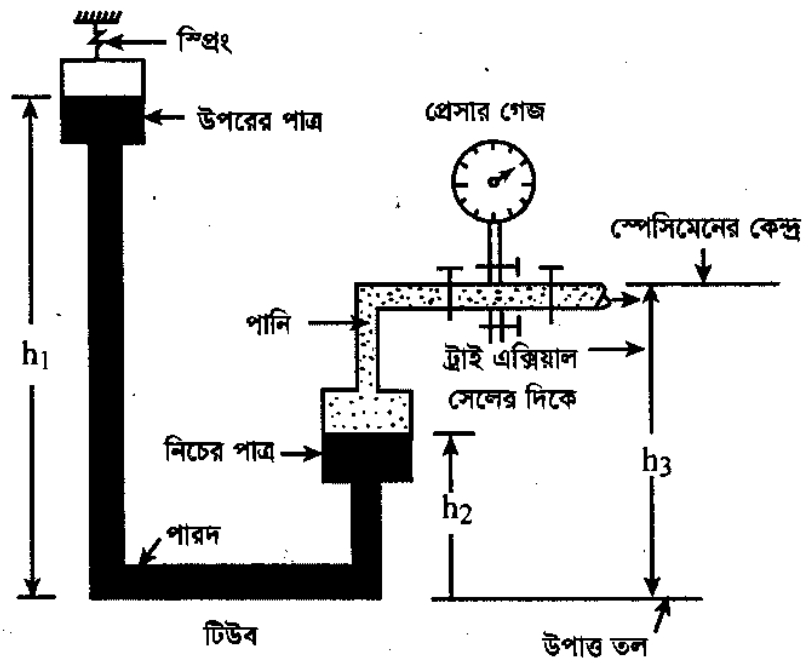
$\delta_c = \gamma_m(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3)\gamma_w$

এখানে, δ_c= স্পেসিমেনের কেন্দ্র বরাবর সেল প্রেসার

γ_m= মারকারীর একক ওজন

γ_w = পানির একক ওজন

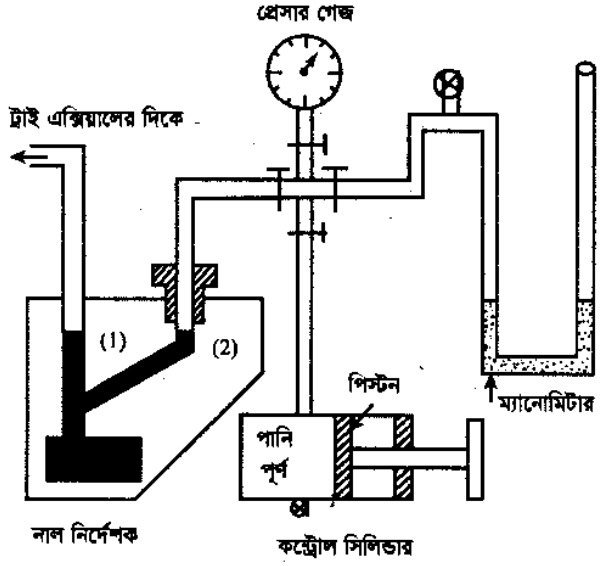
h_1, h_2 ও h_3 চিত্রে প্রদর্শিত।



চিত্র ঃ ৬.৪ (খ) মারকারী কন্ট্রোল সিস্টেম

পোর ওয়াটার প্রেসার মেজারমেন্ট ডিভাইস্ ঃ যেহেতু স্পেসিমেন হতে পানি প্রবাহিত হলে গেজে (gauge) পোর ওয়াটার প্রেসারকে (Pore water Pressure) প্রভাবিত করে, কাজেই সূক্ষ্ম পরিমাপের জন্য এটি প্রবাহহীন অবস্থায় (No-flow Condition) থাকা বাঞ্ছনীয়। তাই পোর ওয়াটার প্রেসার মেজারমেন্ট ডিভাইসে নাল ইন্ডিকেটর (Null indicator) থাকে। তদুপরি আঠালো মৃত্তিকায় (Cohesive soil) ভেদ্যতার মাত্রা কম হওয়ায় (Low Permeability) স্থির অবস্থায় আসতে অধিক সময়েরও দরকার হয়। তাই পানিতে প্রবাহ না থাকাই উচিত।

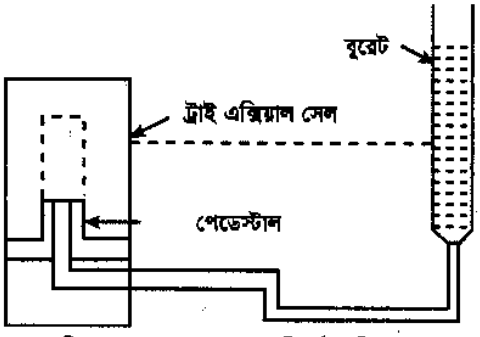
নাল ইন্ডিকেটর (Null indicator) একটি U আকৃতির টিউব বিশেষ, যার কিয়দাংশ পারদে পূর্ণ থাকে। এটির এক প্রান্ত ট্রাই-এক্সিয়াল সেলের স্পেসিমেনের সাথে এবং অপর প্রান্ত প্রেসার গেজের (Pressure Gauge) সাথে সংযুক্ত থাকে। এটির সাথে পানি ভর্তি নিয়ন্ত্রণ সিলিন্ডার সংযুক্ত থাকে। (চিত্র ৬.৪গ) উক্ত সিলিন্ডারের পানি পিস্টনের সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করা যায়। স্পেসিমেন ও নাল ইন্ডিকেটরের সংযোগকারী টিউবটিতে চাপ সৃষ্টি হওয়ার ফলে আয়তনে বৃদ্ধি পায় না এবং এটিতে কোনরূপ লিকেজ (Leakage)-ও থাকে না (পুরো প্রক্রিয়ায় ডিস্টিল ওয়াটার ব্যবহার করতে হয়)। স্পেসিমেনের পোর ওয়াটার প্রেসারের যে কোন পরিবর্তনের জন্য নাল ইন্ডিকেটরে পারদ তলে পরিবর্তন সাধিত হবে। এ ক্ষেত্রে প্রবাহহীন অবস্থা বিদ্যমান রাখার জন্য নিয়ন্ত্রিত সিলিন্ডারের পানির সাহায্যে পারদকে নাল ইন্ডিকেটরের পূর্বতলে রাখা যাবে এবং প্রেসার গেজ হতে পানির চাপের পরিমাণ লিপিবদ্ধ করে রাখতে হবে।



চিত্র ঃ ৬.৪ (গ)

আংশিক সম্পৃক্ত নমুনা মৃত্তিকার ক্ষেত্রে টাই-এক্সিয়াল সেলে স্পেসিমেনের নিচে সিরামিকের তৈরি সূক্ষ্ম ছিদ্রবিশিষ্ট ডাইস (dise) ব্যবহার করতে হয়। এ ক্ষেত্রে স্মরণ রাখতে হবে যে ডাইসের এয়ার এন্ট্রি ভ্যালু (Air entry value) অনুযায়ী উপযোগী ডাইস্ নির্ধারণ করতে হবে।

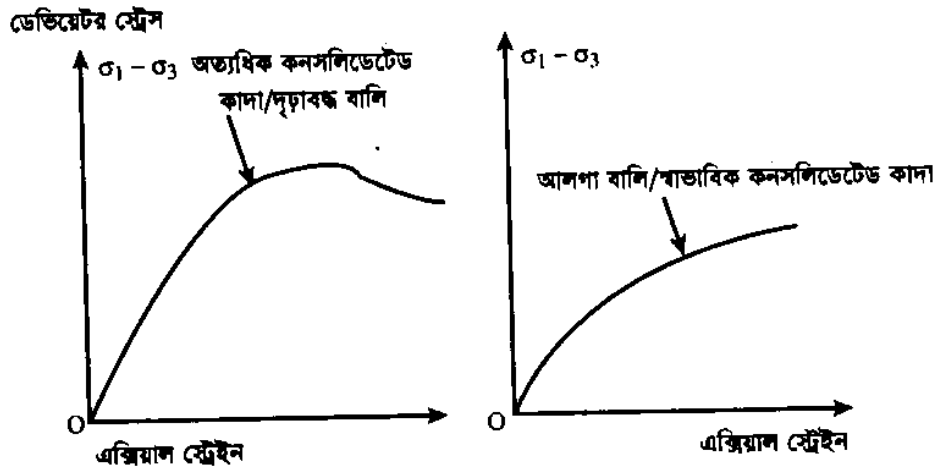
আয়তনের হ্রাসবৃদ্ধি পরিমাপ (Volume Changes Measurement) ঃ ট্রাই-এক্সিয়াল সেলের স্পেসিমেনের সাথে বুরেট (Burette) সংযোগের মাধ্যমে ড্রেইনড টেস্ট (drained test) এবং কনসলিডেশন পর্যায়ের আনড্রেইনড টেস্টের (Undrained test) স্পেসিমেনের আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি পরিমাপ করা হয়। নিখুঁত ফলাফলের জন্য বুরেটের পানির উচ্চতা স্পেসিমেনের কেন্দ্র পর্যন্ত রাখা হয়। (চিত্রঃ ৬.৪ ঘ) কনসলিডেশন পর্যায়ে স্পেসিমেনের আয়তন হ্রাস পায় এবং বুরেটে পানির উচ্চতা বৃদ্ধি পায়। এ ক্ষেত্রে স্পেসিমেনের আয়তনের হ্রাস বুরেটে পানির আয়তন বৃদ্ধির সমান। বালির শিয়ারিং স্পেসিমেনের ক্ষেত্রে বুরেট হতে পানি প্রবাহিত হয়ে স্পেসিমেনে আসে। ফলে বুরেট পানির উচ্চতা হ্রাস পায়। বুরেটে হ্রাসকৃত পানির আয়তনের সমান আয়তনে স্পেসিমেনের আয়তন বৃদ্ধি পায়।



চিত্র ঃ ৬.৪ (ঘ) আয়তনের পরিবর্তন পরিমাপক

৬.৫ ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টের ফলাফল (Result of triaxial test) ঃ

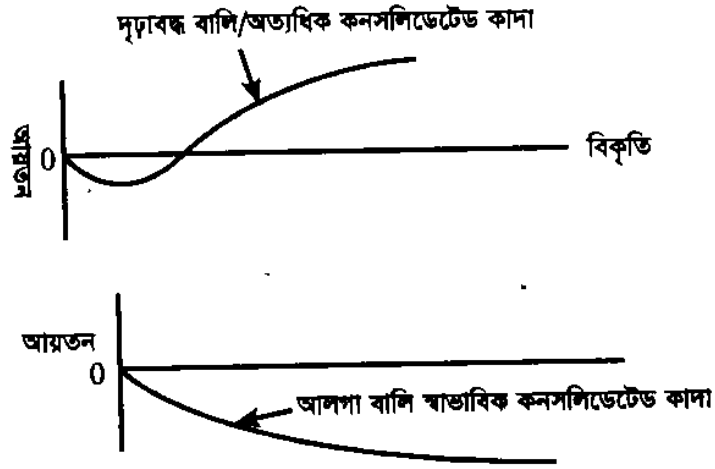
ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টের ফলাফল নিম্নের কয়েকটি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে উপস্থাপন করা যায় ঃ



চিত্র ঃ ৬.৫ (ক)

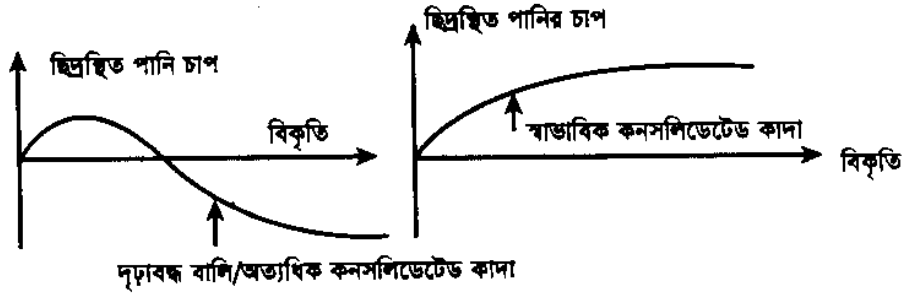
(ক) পীড়ন-বিকৃতি কার্ভ (Stress- Strain Curve) ঃ (চিত্র ঃ ৬.৫ ক)-তে একটি ড্রেইনড টেস্টের পীড়ন-বিকৃতি কার্ভ দেখান হল। Y অক্ষে ডেভিয়েটর স্ট্রেস (σ_1–σ_3) এবং x অক্ষে এক্সিয়াল (axial) স্ট্রেইন দেখান হয়েছে।

দৃঢ়াবদ্ধ বালি (dense sand) বা অত্যধিক কনসলিডেটেড কাদার ক্ষেত্রে ডেভিয়েটর স্ট্রেস চূড়ান্ত মাত্রায় পৌছার পর এর মান হ্রাস পায় এবং সর্বশেষে একটি স্থায়ী অবস্থানে আসে, যার মান সর্বাধিক বিকৃতিতে সর্বোচ্চ পীড়নের (Ultimate Stress) সমান। আলগা বালি বা স্বাভাবিক দৃঢ়াবদ্ধ কাদার ক্ষেত্রে ডেভিয়েটর স্ট্রেসের মাত্রা ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেয়ে সর্বোচ্চ পীড়নে পৌছা পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়। দৃঢ়াবদ্ধ বালি বা অত্যধিক কনসলিডেটেড কাদার ক্ষেত্রে নিম্ন বিকৃতিতে আয়তন হ্রাস পায়, কিন্তু বৃহৎ বিকৃতিতে আয়তন বৃদ্ধি পায়। আলগা বালি (Loose sand) বা স্বাভাবিক কনসলিডেটেড কাদার ক্ষেত্রে যে কোন পরিমাণ বিকৃতিতেই আয়তন হ্রাস পায়। তবে আলগা বালির ক্ষেত্রে বৃহৎ বিকৃতিতে আয়তন বৃদ্ধির প্রবণতা দেখা দেয়। (চিত্র ঃ ৬.৫ খ)



চিত্র ঃ ৬.৫ (খ) আয়তনের আকৃতি

কনসলিডেটেড আনড্রেইনড টেস্টের পীড়ন বিকৃতি চিত্র ও চিত্র ঃ ৬.৫ (ক)-এর মত। কনসলিডেটেড আনড্রেইনড টেস্টে আলগা বালি বা স্বাভাবিক কনসলিডেটেড কাদার ছিদ্রস্থিত পানির চাপ (Pore water pressure) চিত্রঃ ৬.৫(গ) তে দেখান হল। এক্ষেত্রে দৃঢ়াবদ্ধ বালি ও অত্যধিক কনসলিডেটেড কাদার ছিদ্রস্থিত পানির চাপ কম বিকৃতিতে বৃদ্ধি পায়, কিন্তু অধিক বিকৃতিতে ঋণাত্মক হয় অর্থাৎ বায়ু মণ্ডলের চাপ অপেক্ষা কম হয়।



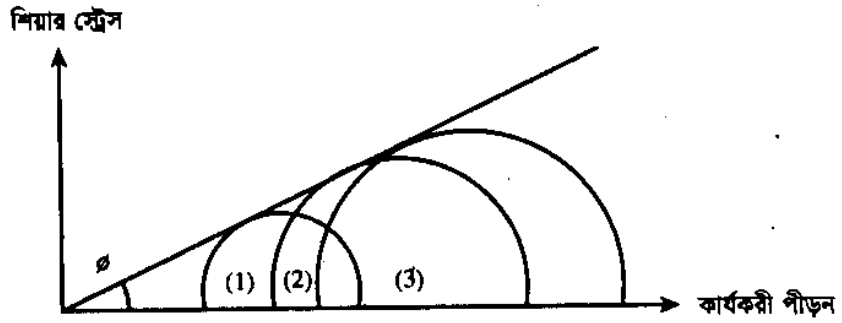
চিত্র ঃ ৬.৫ (গ)

(খ) মোহর এনভেলোপ (Mohr Envelope) ঃ এ ক্ষেত্রে কম পক্ষে তিনটি স্পেসিমেন ভিন্ন ভিন্ন সেল চাপে পরীক্ষা করার প্রয়োজন হয়। দৃঢ়াবদ্ধ বালি বা অত্যধিক কনসলিডেটেড কাদার ক্ষেত্রে ফেইলুর এনভেলোপ (failure envelop) আঁকার জন্য চূড়ান্ত পীড়ন বা সর্বোচ্চ পীড়ন (Ultimate Stress) ব্যবহার করা হয়। আলগা বালি (Loose sand) বা স্বাভাবিক কনসলিডেটেড কাদার ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ পীড়নের জন্য উক্ত এনভেলোপ আঁকা হয়, যাতে সচরাচর ২০% বিকৃতি নেয়া হয়। উক্ত এনভেলোপ ১। কার্যকরী পীড়ন বা ২। মোট পীড়নের ভিত্তিতেও আঁকা যায়, এতে ফলাফলে ভিন্নতা দেখা দিতে পারে।

মোহর এনভেলোপের মাধ্যমে ফলাফল উপস্থাপনে (অ) গ্রাফিক্যাল পদ্ধতি [১. কার্যকরী পীড়নের ভিত্তিতে ও ২. মোট পীড়নের ভিত্তিতে] (আ) অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।

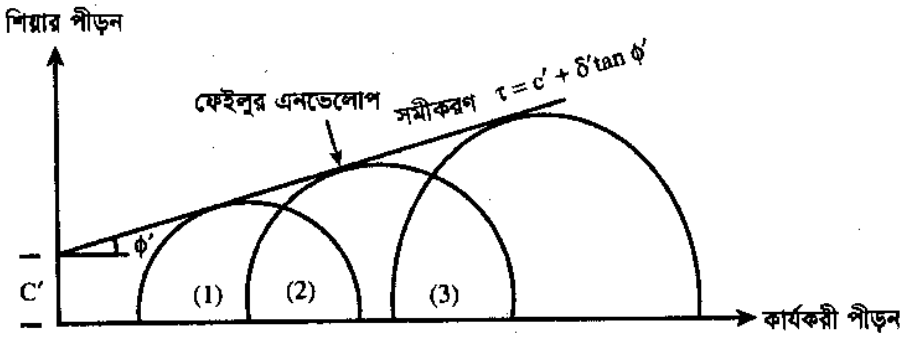
(অ) গ্রাফিক্যাল পদ্ধতি ঃ

১। কার্যকরী পীড়নের ভিত্তিতে (By Effective stress) ঃ চিত্রঃ ৬.৫(ঘ) তে কনসলেটেড ড্রেইনড টেস্টে প্রাপ্ত কার্যকরী পীড়নের ভিত্তিতে স্বাভাবিক কনসলিডেটেড কাদার ফেইলুর এনভেলোপ দেখান হল। উক্ত এনভেলোপের শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণের পরিমাণ ϕ এবং এটি উৎস (Origin) গামী। এতে প্রথমে ৩টি টেস্টের কার্যকরী পীড়নের ভিত্তিতে তিনটি মোহর (Mohr) বৃত্ত আঁকা হয়েছে। তারপর এদের সর্বোত্তম সাধারণ স্পর্শক টানা হয়েছে।



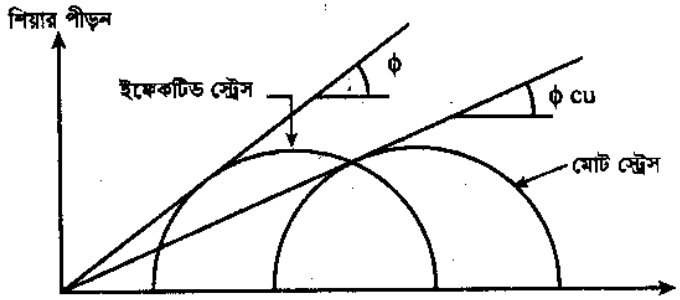
চিত্র ঃ ৬.৫ (ঘ) স্বাভাবিক কনসলিডেটেড কাদার জন্য ফেইলুর এনভেলোপ

এ সাধারণ স্পর্শকই ফেইলুর এনভেলোপ (Failure envelop) বা কুলম্ব লাইন (Coulomb Line) যেহেতু প্রত্যেকটি বৃত্তই একটি ফেইলুর (failure) এর প্রতিনিধিত্ব করে। কাজেই প্রত্যেকটি বৃত্ততেই কম পক্ষে একটি বিন্দু আছে যে বিন্দুতে ফেইলুর (failure) ঘটবে। তাই সাধারণ স্পর্শকের বিন্দুত্রয়ই বৃত্তত্রয়ের ফেইলুর বিন্দু। চিত্র ঃ ৬.৫(ঙ) তে অত্যধিক কনসলিডেটেড কাদায় কার্যকরী পীড়নের ভিত্তিতে ফেইলুর এনভেলোপ (failure envelope) দেখান হল। এটিতে ফেইলুর এনভেলোপ শিয়ার পীড়ন অক্ষকে c' বিন্দুতে ছেদ করে এবং শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স এর কোণ ϕ (c' বিন্দুতে শিয়ার স্ট্রেস c)।



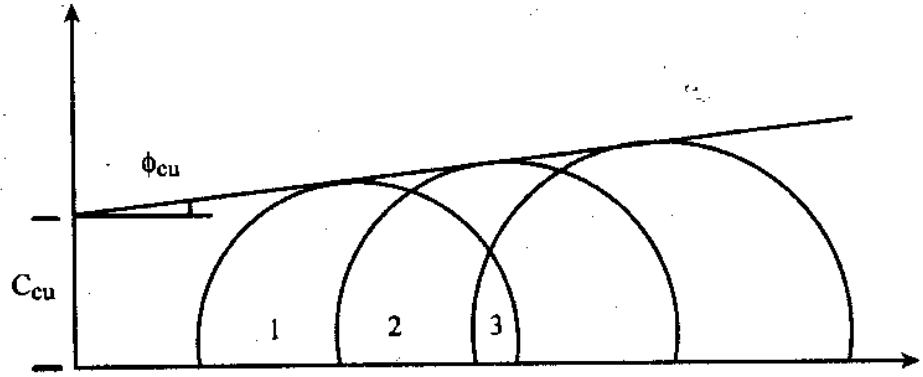
চিত্র ঃ ৬. ৫ (ঙ) অতিরিক্ত কনসলিডেটেড কাদার জন্য পীড়ন ফেইলুর এনভেলোপ

২। মোট পীড়নের ভিত্তিতে (By total stress) ঃ কনসলিডেটেড আনড্রেইনড টেস্টের ফলাফলের ক্ষেত্রে মোট পীড়নের ভিত্তিতে ফেইলুর এনভেলোপ আকা যায়। এ ক্ষেত্রে ফেইলুর এনভেলোপ কার্যকরী পীড়নের ফেইলুর এনভেলোপের মতই। চিত্র ঃ ৬.৫(চ) তে স্বাভাবিক কনসলিডেটেড কাদার ক্ষেত্রে কার্যকরী পীড়ন ও মোট পীড়নের ফেইলুর এনভেলোপ দেখান হল।



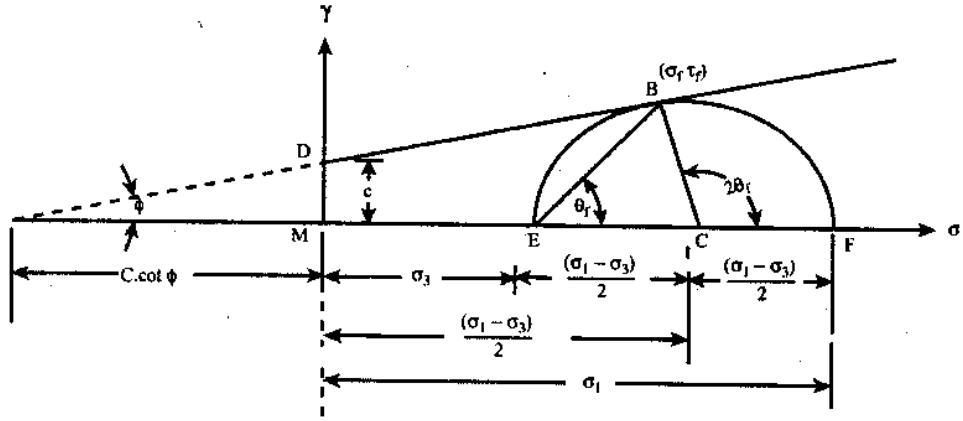
চিত্র ঃ ৬.৫ (চ)

চিত্রে শিয়ারিং রেজিস্টেন্স এর ক্ষেত্রে কার্যকরী পীড়নের জন্য কোণের পরিমাণ ϕ এবং মোট পীড়নের জন্য ϕ_{cu} চিত্র ঃ ৬.৫ (ছ) তে অত্যধিক কনসলিডেটেড কাদার মোট পীড়নের জন্য ফেইলুর এনভেলোপ' দেখান হল। এ ক্ষেত্রে কার্যকরী পীড়নের জন্য শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণ ϕ' মোট পীড়নের জন্য ϕ_{cu} অপেক্ষা অনেক বড়। আনকনসলিডেটেড আনড্রেইনড টেস্টের জন্য কার্যকরী পীড়নে ফেইলুর এনভেলোপ আঁকা যায় না।



চিত্র ঃ ৬.৫ (ছ) অতিরিক্ত কনসলিডেটেড কাদার জন্য ফেইলুর এনভেলোপ

(আ) অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি (Analytical method) ঃ



চিত্র ঃ ৬.৫ (জ)

চিত্রে (চিত্র ৬.৫ জ) একটি মৃত্তিকার মোহর-কুলম্ব ফেইলুর এনভেলোপ দেখানো হল। এটি মৃত্তিকার নিষ্ফল তলের মোহর বৃত্তের একটি স্পর্শক। এতে B বিন্দু (σ_f, τ_f) নিষ্ফল কালে নিষ্ফল তলে পিড়নগুলো এবং BE নিষ্ফল তল প্রদর্শিত হল। এ BE রেখা মেজর প্রিন্সিপাল তলের সাথে θ_f কোণ উৎপন্ন করে। নরমাল পিড়ন রেখার M বিন্দুতে লম্ব (শিয়ার পিড়ন রেখা) টানলে মোহর বৃত্তের এনভেলোপ (স্পর্শক) শিয়ার পিড়ন রেখাকে D বিন্দুতে ছেদ করে। এতে MD = C = আপত কোহেশন। স্পর্শক রেখা ও নরমাল পিড়ন রেখা বর্ধিত করলে A বিন্দুতে মিলিত হয় এবং নরমাল পিড়ন রেখার সাথে ϕ কোণ (অর্থাৎ শিয়ার প্রতিরোধ) উৎপন্ন করে।

এখন ত্রিভুজ ABC হতে-

$$\sin\phi = \frac{BC}{AC} = \frac{\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}}{c.\cot\phi + \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}}$$

$AM = c.\cot\phi$

বা, $\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2} = (C.\cot\phi + \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2})\sin\phi$

বা, $\sigma_1 - \sigma_3 = (2C.\cot\phi + \sigma_1 + \sigma_3)\sin\phi$

বা, $\sigma_1 - \sigma_1\sin\phi = \sigma_3 + \sigma_3\sin\phi + 2C\cot.\sin\phi$

বা, $\sigma_1(1-\sin\phi) = \sigma_3(1+\sin\phi) + 2C\frac{\cos\phi}{\sin\phi}.\sin\phi$

বা, $\sigma_1 = \sigma_3\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} + 2C.\frac{\cos\phi}{1-\sin\phi}$

$\therefore \sigma_1 = \sigma_3\tan^2(45° + \frac{\phi}{2}) + 2C.\tan(45° + \frac{\phi}{2})$

ধরি $\tan^2(45° + \frac{\phi}{2}) = N\phi$.

এখন $\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2C\sqrt{Nf}$ ..... (1)

উপরোক্ত সমীকরণের প্রিন্সিপাল স্ট্রেসগুলোর সম্পর্ক দেখানো হল।

মাটি নম্য ভারসাম্য (Plastic equilibrium) অবস্থায় উপরের সমীকরণকে

$\sigma_1 = \sigma_3\tan^2\alpha + 2C\tan\alpha$

এবং $\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2\,Cu\sqrt{N\phi}$ লেখা যায়,

যখন $\alpha = (45° + \frac{\phi}{2})$ এবং $N\phi = \tan^2\alpha = \tan^2(45° + \frac{\phi}{2})$

ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে ডেভিয়েটর স্ট্রেস হিসাবকরণে নমুনা মৃত্তিকার নিষ্ফল কালে বা টেস্টের যে কোন ধাপে পরিবর্তিত প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (A_2) নির্ণয়ে নিম্নের সূত্র ব্যবহার করা হয় ঃ

$$A_2 = \frac{V_1 \pm \Delta V}{L_1 - \Delta L}$$

এখানে, V_1 = মৃত্তিকা নমুনা প্রাথমিক আয়তন

L_1 = মৃত্তিকা নমুনার প্রাথমিক দৈর্ঘ্য

ΔV = মৃত্তিকা নমুনার আয়তনের পরিবর্তন

ΔL = মৃত্তিকা নমুনার দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন।

ডেভিয়েটর, স্ট্রেস, $\sigma_d = \frac{\text{অতিরিক্ত অক্ষীয় লোড}}{A_2}$

$[\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_d]$

* মোহর বৃত্তের ব্যাসার্ধ $\frac{\sigma_1}{2}$ হলে, ফেইলুর এনভেলোপ অনুভূমিক হবে অর্থাৎ $\frac{\sigma_1}{2} = Cu = \frac{qu}{2}$ হবে। (এখানে Cu শিয়ারিং স্ট্রেস ও qu আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস)

এ ক্ষেত্রে নিষ্ফল কালে নমুনার আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস qu হিসাব করণে নিষ্ফল কালে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (A_2) এর মান নিম্নের সমীকরণে নির্ণয় করা হয়।

$$A_2 = \frac{V}{L_1 - \Delta L} \text{ বা } \frac{A_1}{1 - \frac{\Delta L}{L_1}}$$

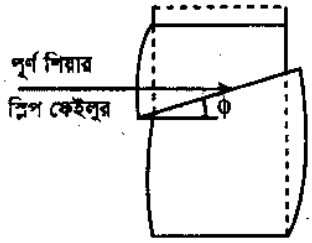
এখানে, V = নমুনার প্রাথমিক আয়তন

L_1 = নমুনার প্রাথমিক দৈর্ঘ্য

ΔL = নিষ্ফল কালে নমুনার দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন

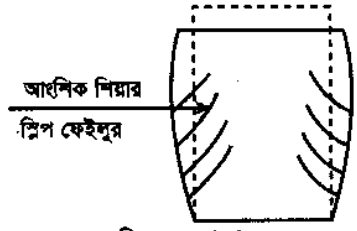
A_1 = নমুনার প্রাথমিক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল।

(গ) নমুনার নিষ্ফলতার ধরনের মাধ্যমে (By types of failure in Specimen) ঃ নমুনা মৃত্তিকা পরীক্ষাকালে অক্ষীয় চাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে এটার উচ্চতা হ্রাস পায় কিন্তু ব্যাস বৃদ্ধি পায়। পূর্বে চাপ খাওয়া বেশি ঘনত্বের মৃত্তিকার (dense soil) ক্ষেত্রে অক্ষীয় চাপ একটি নির্দিষ্ট মাত্রায় পৌঁছার পর নমুনায় সুস্পষ্ট ধ্বংসতল সৃষ্টি করে (চিত্র ঃ ৬.৫ ঝ)। এ ধরনের নিষ্ফলতাকে পূর্ণ শিয়ার স্লিপ ফেইলুর (Brittle shear slip failure) বলা হয়। এ সময়কার পীড়নকে সর্বোচ্চ অক্ষীয় পীড়ন বলা হয়।



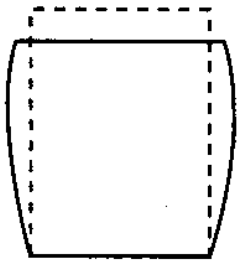
চিত্র ঃ ৬.৫ (ঝ)

পূর্বে কম চাপ খাওয়া অপেক্ষাকৃত কম ঘনত্বের মৃত্তিকায় সর্বোচ্চ অক্ষীয় পীড়ন স্পষ্ট ধ্বংস তল সৃষ্টি করে না। এ ধরনের নিষ্ফলতাকে আংশিক শিয়ার স্লিপ ফেইলুর (Partial Shear slip failure) বলা হয়। (চিত্রঃ ৬.৫ ঞ)



চিত্র ঃ ৬.৫ (ঞ)

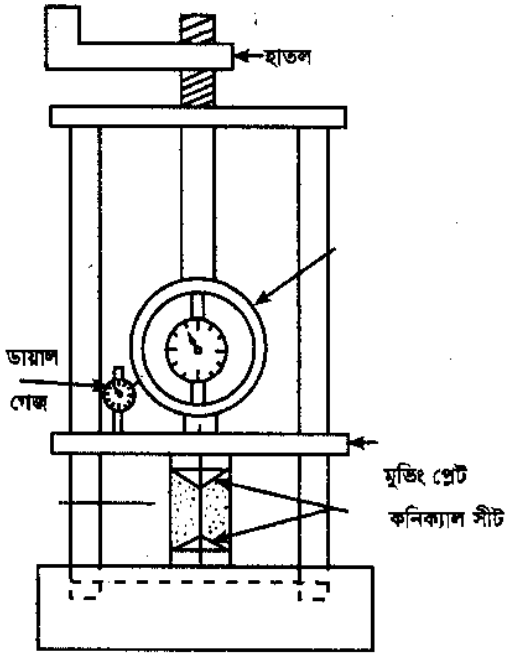
সাধারণভাবে পূর্বে চাপ খাওয়া শিথিল বন্ধনের মৃত্তিকার নমুনায় সর্বোচ্চ অক্ষীয় পীড়নে কোনরূপ ধ্বংস তল সৃষ্টি করে না। এ ধরনের মৃত্তিকার ক্ষেত্রে কোনরূপ শিয়ার স্লিপ (Shear slip) না হয়ে প্লাস্টিক ইলডিং (Plastic yeilding) হয়। পরীক্ষা শেষে নমুনাটিকে দেখতে অনেকটা পিপা বা ব্যারেলের মতো দেখায়। (চিত্রঃ ৬.৫ ট)



চিত্র ঃ ৬.৫ (ট) প্লাস্টিক ইলডিং

৬.৬ আনকনফাইন্ড ও কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট (Unconfined & Confined Compression test) ঃ

অরক্ষিত সংনমন বা আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট ঃ আনকনফাইন্ড (Unconfined Compression) কম্প্রেশন টেস্টে কনফাইনিং চাপের মাত্রা শূন্য। এটা এক বিশেষ ধরনের ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্ট। যে সকল মৃত্তিকাকে ঘের দিয়ে না রেখে মৃত্তিকা দণ্ড বা ব্লক তৈরি করা যায় অর্থাৎ কাদাজাতীয় মৃত্তিকার ক্ষেত্রেই এ পরীক্ষা করা যায়। যদিও ট্রাই-এক্সিয়াল যন্ত্রে এ পরীক্ষা করা যায়। তবে আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিনে এ পরীক্ষা করাই উত্তম।



চিত্র ঃ ৬.৬ (ক) আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন (প্রুভিং রিং টাইপ)

এ পরীক্ষার জন্য সাধারণত দু'ধরনের যন্ত্র ব্যবহৃত হয়ে থাকে, যথাঃ ১। স্প্রিং টাইপ আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন ও ২। প্রুভিং রিং টাইপ আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন (চিত্র ঃ ৬.৬ ক একটি প্রুভিং রিং টাইপ আন কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন)। এতে সংনমিত বল মাপার জন্য একটি প্রুভিং রিং ব্যবহৃত হয়। এতে স্পেসিমেন বসানোর কনিক্যাল আসনবিশিষ্ট দুটি পাত আছে। উপরের পাতটি উপরে-নিচে উঠান-নামান যায়। এটাতে নিচের প্লেটের (B) কনিক্যাল আসনের উপর স্পেসিমেন বসানের জন্য A প্লেটকে উপরে উঠিয়ে নেয়া হয় এবং B প্লেটের আসনের উপর স্পেসিমেন স্থাপন করে (A) প্লেটকে ধীরে ধীরে নিচে নামিয়ে এর আসনটি স্পেসিমেনের উপরের প্রান্তে স্থাপন করা হয়।

এ সময় ডায়াল গেজ ও প্রুভিং রিং (Proving ring) কে শূন্যতে স্থাপন করা হয় এবং হাতল ঘুরিয়ে সংনমিত বল প্রয়োগ করা হয়। যখন হাতল ধীরে ধীরে ডানাবর্তে ঘুরান হয় তখন চাপা বলের পরিমাণ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পায় এবং প্রতি মিনিটে $\frac{১}{২}$ % হতে ২% বিকৃতি আসার মত চাপা বল প্রয়োগ করা হয়। এভাবে চাপ প্রয়োগ চলতে থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত বিকৃতির পরিমাণ ২০% বা স্পেসিমেন ভেঙ্গে না যায় (২০% বিকৃতির পরও যদি স্পেসিমেন না ভাঙে তবে আর অতিরিক্ত চাপা বল প্রয়োগের দরকার পড়ে না)। এ সময় প্রুভিং রিং হতে সংনমিত বলের পরিমাণ এবং ডায়াল গেজ হতে বিকৃতির পরিমাণ জানা যায়। এতে সিলিন্ডার আকৃতির মৃত্তিকা স্পেসিমেন ব্যবহৃত হয়, যার উচ্চতা এর ব্যাসের $১\frac{১}{২}$ হতে ২ গুণ (কোন কোন যন্ত্রে উপরের প্লেটটি ফিক্সড (fixed) রেখে নিচের প্লেটটি উপরের দিকে উত্তোলনের মাধ্যমে সংনমিত বল প্রয়োগ করা হয়)।

নিচে প্রদত্ত নিয়মে এ পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে বিকৃতি, মেজর প্রিন্সিপল স্ট্রেস σ_1, শিয়ার পীড়ন ও পীড়ন বিকৃতি কার্ভ আঁকা হয়।

১। মেজর প্রিন্সিপাল স্ট্রেস, $\delta_1 = \frac{P}{A}$

এখানে, P = চাপা বল = প্রুভিং ডায়ালের শেষ পাঠ × রিক্যালিব্রেশন ফ্যাক্টর)

(যদি প্রথমে শূন্য মিলিয়ে নেয়া হয়)

A= স্পেসিমেনের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

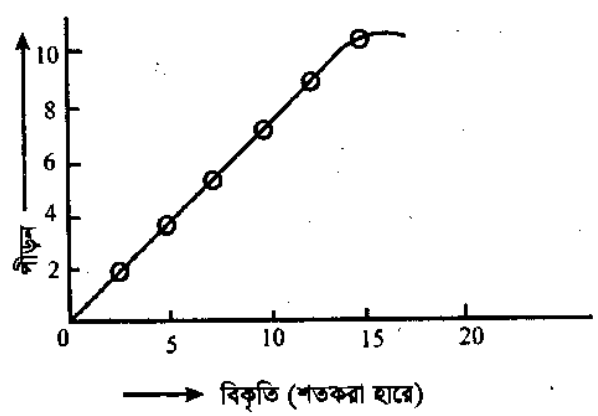
২। বিকৃতি (strain), $e = \frac{\Delta L}{Lo}$

এখানে, ΔL = ডায়াল গেজের শেষ পাঠ × রিক্যালব্রেশন ফ্যাক্টর

LO = নমুনার প্রাথমিক দৈর্ঘ্য

৩। শিয়ার পীড়ন $C = \frac{p}{2A}$ [শিয়ার পীড়ন সাধারণত সাধারণ পীড়নের অর্ধেক ধরা হয়]

৪। পীড়ন বিকৃতি কার্ভ-



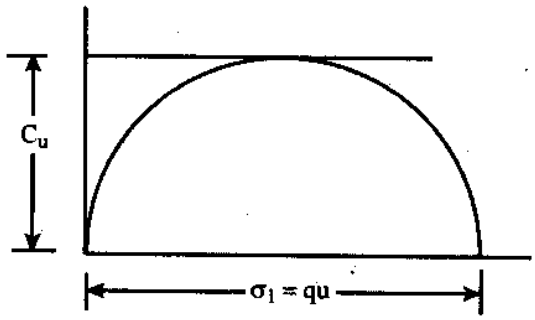
পীড়ন-বিকৃতি কার্ভ

চিত্র ঃ ৬.৬ (খ)

৫। ফেইলুর এনভেলোপ (Failure envelop) ঃ যেহেতু মাইনর প্রিন্সিপাল স্ট্রেস শূন্য তাই মোহর (Mohr) বৃত্ত মূলবিন্দু দিয়ে অতিক্রম করবে এবং ফেইলুর এনভেলোপ অনুভূমিক হবে। $Cu = \frac{\delta_1}{২} = \frac{qu}{২}$

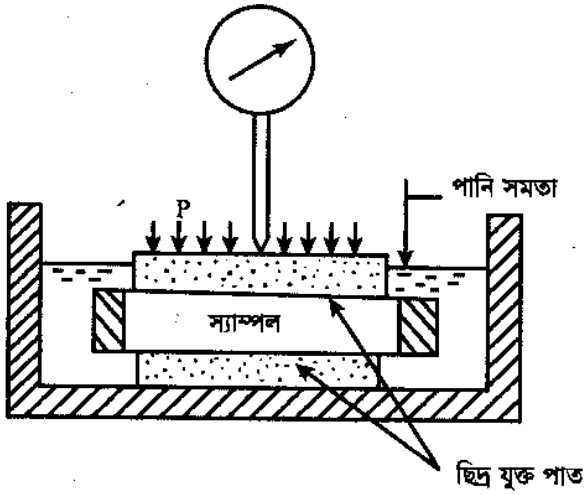
অর্থাৎ শিয়ার স্ট্রেংথ $= \frac{1}{2} \times$ কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ

এখানে, qu = আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ এবং $C_u = 0$



চিত্র ঃ ৬.৬ (গ)

সংরক্ষিত সংনমন বা কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট ঃ মৃত্তিকার কম্প্রিসিবিলিটি জানার জন্যই কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট করা হয়। এটি ওডোমিটার টেস্ট বা কনসলিডেশন টেস্ট নামেও পরিচিত।



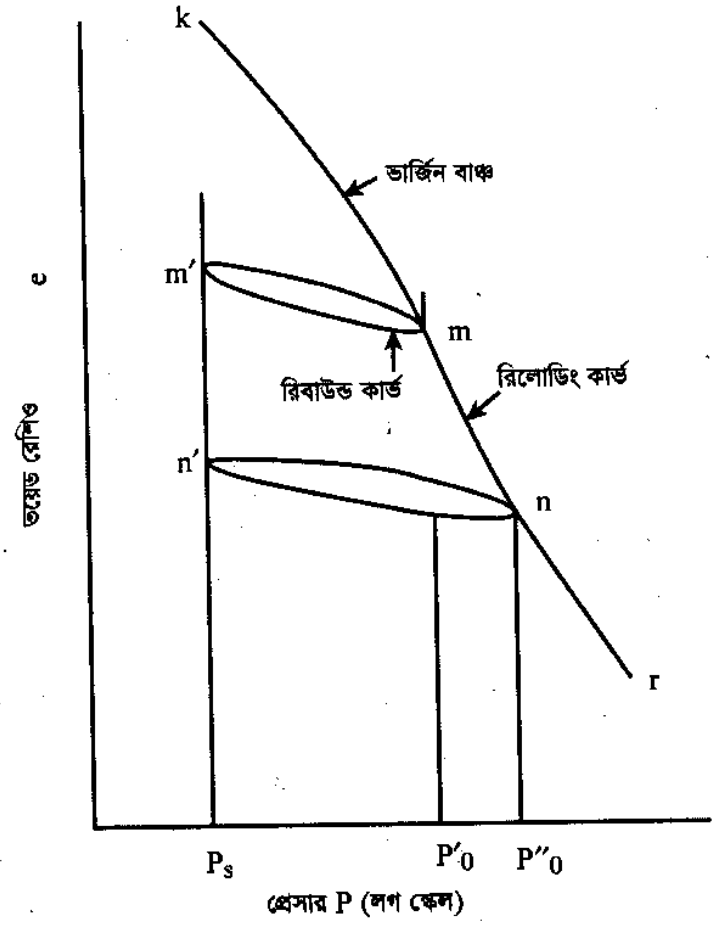
চিত্র ঃ ৬.৬ (ঘ)

সময়ের সাথে মৃত্তিকার দেবে যাওয়ার প্রবণতা ও উল্লম্বিক চাপ সহ্য করার ক্ষমতা জানার জন্য এ পরীক্ষা করা হয়। এ পরীক্ষায় মৃত্তিকাকে সম্পূর্ণরূপে আবদ্ধ অবস্থায় বসাবার পর এটার উপর ও নিচের তলায় ছিদ্রবিশিষ্ট ডিস্কে আবৃত করে (চিত্র ঃ ৬.৬ঘ) চিত্রানুরূপ পানি পাত্রে রেখে ডিস্কের উপর উল্লম্ব চাপা বল প্রয়োগ করা হয়। এতে চাপের ফলে স্পেসিমেনের পানি ছিদ্রযুক্ত ডিস্কের ভিতর দিয়ে বের হয়ে যেতে পারে এবং উক্ত যন্ত্রের ডায়াল গেজ হতে দেবে যাওয়ার পরিমাণ জানা যায়।

ধাপে ধাপে উক্ত স্পেসিমেনের উপর চাপ প্রয়োগ করা হয়। প্রতি ধাপ চাপ প্রয়োগের পর বিকৃতির পরিমাণ স্থির অবস্থায় না আসা পর্যন্ত পরবর্তী ধাপ চাপ প্রয়োগ করা হয় না। এরূপ অবস্থার জন্য বিস্তর সময় অপেক্ষা করতে হয়। মাত্র ১.৮ সেমি পুরু মৃত্তিকা স্পেসিমেনের জন্য কয়েক ঘন্টা সময় লাগতে পারে। প্রতি ধাপ চাপ প্রয়োগের পর বিকৃতি স্থির হলে পরবর্তী ধাপ চাপ প্রয়োগ করা হয়। প্রতিবারের চাপ প্রয়োগের পর চাপের পরিমাণকে 'লগারিদম' স্কেলে ভূমি এবং ঐ সময়ে স্পেসিমেনের ভয়েড রেশিও e কে অফসেট ধরে যে কার্ভ আঁকা হয়, তাকে e log P কার্ভ বলা হয়।

প্রতিবার চাপ প্রয়োগের পর চাপ যদি হ্রাস করা হয়, তবে দেখা যায় যে, বিকৃতির পরিমাণ হ্রাস পায় এবং স্পেসিমেন স্ফীত হয়। প্রথম ধাপ চাপ প্রয়োগে যে কার্ভের সৃষ্টি করে (km), তাকে ভারজিন ব্রাঞ্চ এবং উক্ত চাপ হ্রাসকরণের ফলে যে কার্ভ সৃষ্টি করে, তাকে রিবাউন্ড (Rebound) কার্ভ (m'm) এবং পুনঃ আরেক ধাপ চাপ প্রয়োগে সৃষ্ট কার্ভকে রিলোডিং কার্ভ (Reloading curve) বলা হয়। (চিত্র ঃ ৬.৬ঙ)

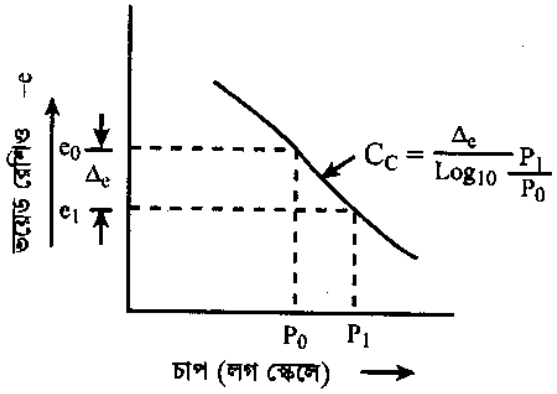
প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, উক্ত টেস্টের জন্য ব্যবহৃত স্পেসিমেনের পুরুত্ব যথাসম্ভব কম হওয়া উচিৎ, যেন পার্শ্ব ঘর্ষণ কম হয়। তবে চাপের সুষম বন্টনের জন্য ২ সে.মি. এর কম হওয়া উচিৎ নয়। স্পেসিম্যানের পুরুত্ব ও ব্যাসার্ধের অনুপাত কমপক্ষে ৩ হওয়া বাঞ্ছনীয়। স্পেসিমেনের মৃত্তিকার বৃহৎ কণার আকারের ১০ গুণের অধিক পুরুত্বের স্পেসিমেন নিয়ে পরীক্ষা করা উচিৎ।



চিত্র ঃ ৬.৬ (ঙ)

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, বর্তমানে কার্যরত চাপ অপেক্ষা অধিক চাপ কখনও যে মৃত্তিকার উপর পড়ে নি, তাকে স্বাভাবিক চাপের মৃত্তিকা (Normal loaded deposits) বলা হয়। এরূপ কাদা মৃত্তিকার e log p কার্ভের সরল ঢালকে সংনমন সূচক (Compresion index) বলা হয়। ধরা যাক, উক্ত মৃত্তিকায় p_0 চাপে ভয়েড রেশিও e_0 এবং p_1 চাপে ভয়েড রেশিও e_1 হয়। তবে ভয়েড রেশিও এর পার্থক্য, $\Delta e = e_0 - e_1$ হবে এবং সংনমন সূচক, $C_c = \dfrac{\Delta e}{\text{Log}_{10}\dfrac{p_1}{p_0}}$ হবে। (চিত্র ঃ ৬.৬চ)

সংনমন সূচক তারল্য সীমার সাথে সরাসরি সম্পর্কিত বিধায় কম স্পর্শকাতর কাদা মৃত্তিকার ক্ষেত্রে মৃত্তিকা বিজ্ঞানী টারজাগী, পেক ও স্কেম্পটন (Terzaghi, Pack & Skempton) এর প্রদত্ত ইম্পারিক্যাল সমীকরণে সাহায্যে সংনমন সূচক নির্ণয় করা যায়।



চিত্র ঃ ৬.৬ (চ)

(ক) অক্ষত (কাদা) মৃত্তিকার জন্য

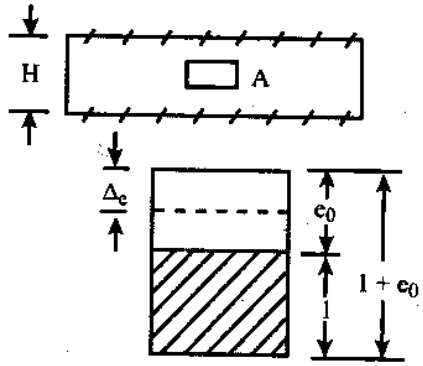
$C_c = ০.০০৯ (\omega_L - ১০)$

খ) রিমোল্ডেড মৃত্তিকার জন্য

$C_c = ০.০০৭ (\omega_L - ১০)$

এখানে ω_L তারল্য সীমার শতকরা হার।

কনফাইন্ড কম্প্রেশন পরীক্ষার সাহায্যে মৃত্তিকার দেবে যাওয়ার (Settlement) প্রবণতা সম্পর্কেও জানা যায়। ধরে নিই H পুরুত্বের কাদা মৃত্তিকার নমুনাটির A ক্ষুদ্রতম অংশটুকুর কাঠিন্যাংশের পুরুত্ব এক একক এবং ভয়েডের পুরুত্ব e_0 একক। অতএব A অংশটুকুর মোট পুরুত্ব $১+e_0$ একক। নমুনাটিতে আদি কার্যকরী চাপের পরিমাণ p_0 এবং পরীক্ষাকালে নমুনাটিতে চূড়ান্ত কার্যকরী চাপের পরিমাণ $p_1 = p_0 + \Delta p$ করা হলে এটার পুরুত্বের হ্রাসের পরিমাণ Δe হয়।



চিত্র ঃ ৬.৬ (ছ)

যেহেতু $(১+e_0)$ পুরুত্বের জন্য বিকৃতির পরিমাণ Δe। (চিত্র ঃ ৬.৬ছ)

অতএব একক পুরুত্বের জন্য বিকৃতির পরিমাণ $\frac{\Delta e}{১+e_0}$

H পুত্বের জন্য বিকৃতি বা দেবে যাওয়ার পরিমাণ $H \cdot \frac{\Delta e}{1+e_0}$

আমরা জানি সংনমন সূচক, $C_c = \frac{\Delta e}{\text{Log}_{10}\frac{p_1}{p_0}}$

$$\therefore \Delta e = C_c \text{Log}_{10}\frac{p_0 + \Delta p}{p_0}$$

এখন H পুরুত্বে জন্য দেবে যাওয়ার পরিমাণ, $S = \frac{H}{১+e_0} \cdot C_c \text{Log}_{10}\frac{p_0 + \Delta p}{p_0}$

উদাহরণ-১। ৮ মিটার পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরী চাপ 200 কিলো নিউটন/বর্গমিটার এবং ভয়েড রেশিও ০.৫৩। ০.২০ কিলো নিউটন বর্গমিটার হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশনের শেষে নমুনাটির বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনাটির লিকুইড লিমিট ৩৮% বিবেচনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

সমাধান ঃ

এখানে সংনমন সূচক, $C_C = ০.০০৯ (\omega_L - ১০)$

$= ০.০০৯ (৩৮ - ১০)$

$= ০.২৫২$

আমরা জানি, বসে যাওয়ার পরিমাণ, $S = \frac{H}{১ + e_o} . C_C . \log_{10} \frac{P_o + \Delta P}{P_0}$

$= \frac{৮}{১ + ০.৫৩} \times ০.২৫২. \log_{10} \frac{২০০ + ০.২০}{২০০}$

$= ০.০০০৬$ মিটার

$= ০.০৬$ সেমি.

উত্তর ঃ ০.০৬ সেমি.

উদাহরণ-২। একটি সম্পৃক্ত কাদামাটির নমুনার ক্ষেত্রে 100 কি. নিউটন/বর্গমিটার (KN/M^2) আদি চাপে ভয়েড রেশিও 0.95 এবং 200 কি. নিউটন/বর্গমিটার (KN/M^2) চূড়ান্ত চাপে ভয়েড রেশিও 0.85 হলে নমুনাটির সংনমন সূচক নির্ণয় কর। নমুনাটির তারল্য সীমা 38% হলে সংনমন সূচক কত হবে? [বাকাশিবো-২০০০]

সমাধান ঃ আমরা জানি,

সংনমন সূচক, $C_C = \frac{e_0 - e_1}{\log_{10} \frac{p_1}{p_0}}$

$= \frac{0.95 - 0.85}{\log_{10} \frac{200}{100}}$

$= 0.332$

যদি তারল্য সীমা 38% হয় তবে–

$C_C = 0.009 (\omega_L - 10)$

$= 0.009 (38 - 10)$

$= 0.252$

উদাহরণ-৩। 5m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির কার্যকরী চাপ 10,000 kg/m^2 এবং ভয়েড রেশিও 0.55। 20kg/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে নমুনাটির সংগমন সূচক 0.35 হলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসন নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০১২]

সমাধান ঃ আমরা জানি,

বসন (Settlement), $S = \frac{H}{১ + e_0} \cdot C_C \cdot \log_{10}\frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$

$= \frac{৫}{১ + ০.৫৫} \times 0.35 \times \log 10 \frac{১০,০০০ + ২০}{১০,০০০}$

= ০.০০০৯৮ মিটার

= ০.০৯৮ সেমি.

৬.৭ কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশন (Consolidation & Compaction) ঃ

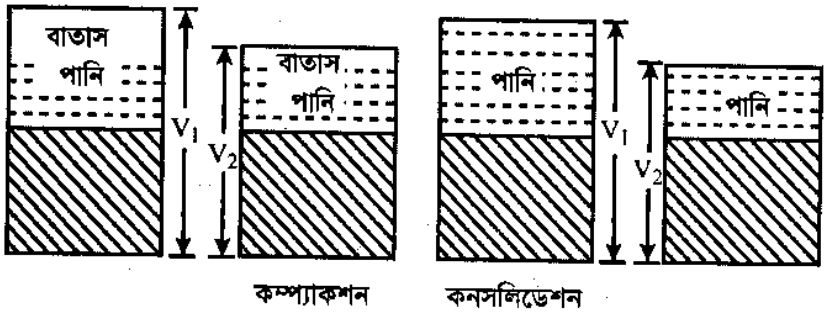
পূর্ববর্তী পাঠাংশে আমরা কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশন সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ধারণা নিয়েছি। এখন আমরা উভয়ের মধ্যে পার্থক্য আলোচনা করব।

যদিও কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশন উভয়ই মৃত্তিকার আয়তন হ্রাস করে কিন্তু উভয় সম্পূর্ণ ভিন্ন ধরনের প্রক্রিয়া। নিচে এদের পার্থক্য দেয়া হল।

১। কনসলিডেশন একটি নিয়মিত ও মন্থর প্রক্রিয়া যাতে নিশ্চল চাপা বল প্রয়োগের মাধ্যমে আয়তন হ্রাস করা হয়। পক্ষান্তরে, কম্প্যাকশনে দ্রুত যান্ত্রিক প্রক্রিয়ার-যেমন, দুরমুশ, রোলিং, টেম্পিং, ভাইব্রেটিং ইত্যাদির মাধ্যমে আয়তনের হ্রাস ঘটান হয়।

২। কনসলিডেশনের মাধ্যমে সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত মৃত্তিকা হতে পেষণের মাধ্যমে পানি অপসারণ করে আয়তনের হ্রাস ঘটান হয়। পক্ষান্তরে, আংশিক সম্পৃক্ত মৃত্তিকা হতে বায়ুর অপসারণের মাধ্যমে আয়তনের হ্রাস ঘটিয়ে কম্প্যাকশন করা হয়। এতে নির্দিষ্ট নমুনা মৃত্তিকার পানি ধারণের কোনরূপ ব্যতিক্রম ঘটে না।

৩। নিচে চিত্রের মাধ্যমে কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের পার্থক্য দেখান হল। (চিত্র ঃ ৬.৭ক)



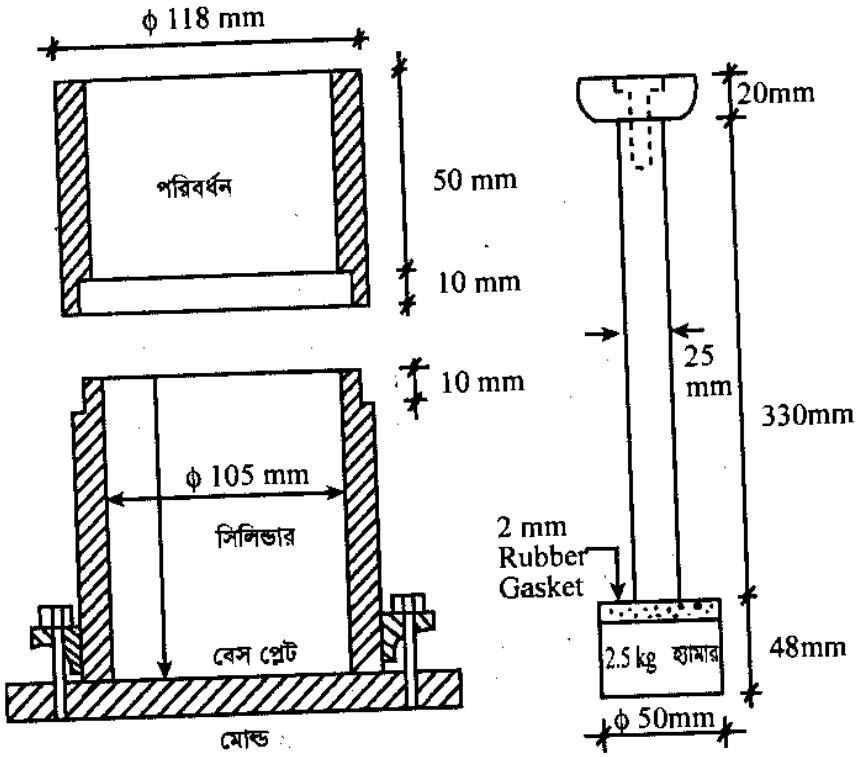
চিত্র ঃ ৬.৭ (ক)

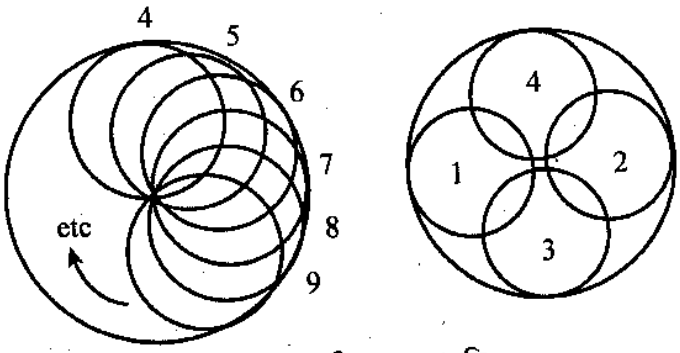
৪। নির্মাণ কাঠামো ইত্যাদির নিশ্চল ওজনে প্রকৃতিতে স্বাভাবিক নিয়মে সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় কনসলিডেশন ঘটে থাকে। পক্ষান্তরে, কৃত্রিমভাবে মৃত্তিকার ঘনত্ব ও অন্যান্য গুণাবলির উন্নয়নে কম্প্যাকশন করা হয়।

৬.৮ আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা ও আর্দ্রতা ঘনত্ব লেখ চিত্র (Standard Proctor test & Moisture density curve) ঃ

মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্রতা ঘনত্ব সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করতে এবং পরিমিত জলীয়াংশ ও সর্বোচ্চ শুষ্ক ঘনত্ব (MDD) নিরূপণ করার জন্য আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা করা হয়। পরীক্ষাটি ASTM ও AASHO কর্তৃক সংশোধিত ও আদর্শায়িত (ASTM method D-698 এবং AASHO method T-99)। বাঁধ, রাস্তা বা অন্যান্য মাটি ভরাট কাজে মৃত্তিকাকে সর্বোচ্চ ঘনত্ব পর্যন্ত দৃঢ়াবদ্ধ করার জন্য প্রয়োজনীয় তথ্যাদি জ্ঞাত হওয়ার নিমিত্তে গবেষণাগারে এ পরীক্ষা করা হয়।

আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষায় ব্যবহৃত মোলড (mould) অপসারণযোগ্য কলার, হাতুড়ি ও হাতুড়ির পতন ইত্যাদির চিত্র দেখান হল। (চিত্র ঃ ৬.৮ক)





হাতুড়ি ফেলার পদ্ধতি

চিত্রঃ ৬.৮ (ক)

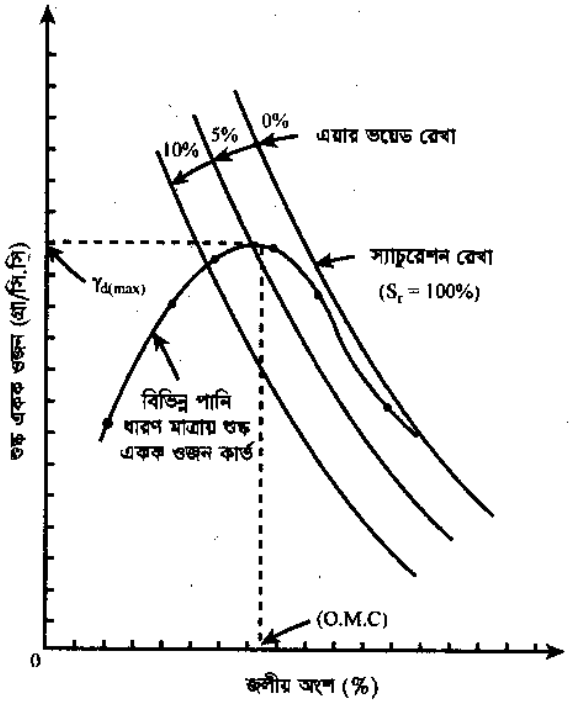
এ পরীক্ষায় গবেষণাগারে মৃত্তিকার নমুনাকে বিভিন্ন মাত্রায় জলীয়াংশে (Water Content) আর্দ্র করে চিত্রে প্রদর্শিত আকারের সিলিন্ডার আকৃতির ধাতব মোলডে তিনস্তরে পূর্ণ করা হয়। (কলারহীন অংশ)। প্রতিস্তর পূর্ণ করার পর ২.৫ kg ওজনের হাতুড়ি দিয়ে ৩০.৫ সেমি উপর হতে চিত্রানুরূপ পদ্ধতিতে ২৫ বার ফেলতে হয়। মোলড পূর্ণ অবস্থায় মৃত্তিকার ওজন নেয়া হয় এবং মৃত্তিকার জলীয়াংশের মাত্রা নিরূপণ করা হয়। এরপর মোলডের মৃত্তিকার ওজন, আয়তন, জলীয়াংশ জেনে শুষ্ক একক ওজন হিসেব করা হয়। একই নিয়মে বিভিন্ন মাত্রায় পানি মিশ্রিত করে (প্রতি মাত্রায় যেন ওয়াটার কনটেন্ট ২% হতে ৩% বৃদ্ধি পায়) ঘনত্বের সর্বোচ্চ মাত্রায় না পৌছা পর্যন্ত পরীক্ষাটি কয়েকবার করতে হয়।

পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে উল্লম্ব রেখায় শুষ্ক ঘনত্ব এবং অনুভূমিক রেখায় জলীয়াংশের শতকরা হার নির্দেশ করে লেখচিত্র আঁকতে হয়। চিত্রে (চিত্র ঃ ৬.৮খ) একটি লেখ চিত্রের নমুনা দেয়া হল।

এ পরীক্ষায় দেখা যায় যে, কম্প্যাকশনে মৃত্তিকায় প্রতি মাত্রা পানি মেশানোর পর নমুনায় ওয়াটার কনটেন্ট এর হার বৃদ্ধি পায় এবং শুষ্ক একক ওজন (γ_d) ও বৃদ্ধি পায়। এ অবস্থা নমুনা মৃত্তিকার সর্বাধিক একক শুষ্ক ওজন প্রাপ্তি পর্যন্ত চলতে থাকে। এর পর নমুনায় পানি মিশালে শুধুমাত্র ওয়াটার কনটেন্টের হারই বৃদ্ধি পায় কিন্তু শুষ্ক একক ওজন না বেড়ে বরং কমতে থাকে। নির্দিষ্ট পরিমাণ কম্প্যাকশনে মৃত্তিকার সর্বাধিক শুষ্ক একক ওজন [($\gamma_{d(max)}$)] কালে এতে যে ওয়াটার কনটেন্ট বিরাজ করে, এ ওয়াটার কনটেন্টকে পরিমিত ওয়াটার কনটেন্ট (optimum water Content = O.W.C) বা পরিমিত ময়েশ্চার কনটেন্ট (Optimum moisture Content = O.M.C) বলা হয়। মাটির ধরনের উপর পরিমিত ওয়াটার কনটেন্ট এর পরিমাণ নির্ভর করে। বিভিন্ন ধরনের মাটির ক্ষেত্রে পরিমিত ওয়াটার কনটেন্টের মোটামুটি পরিমাণ নিম্নে দেয়া হল ঃ

(ক) বালি ও নুড়িজাতীয় মৃত্তিকা	৮%-১০%
(খ) পলি মৃত্তিকা	১০%-১৫%
(গ) কাদা মৃত্তিকা	১৫%-২০%

মাটিতে পরিমিত ওয়াটার কনটেন্ট অপেক্ষা কম মাত্রায় পানি থাকলে মাটির ভয়েডগুলো বাতাসে পূর্ণ থাকে। ফলে শুষ্ক একক ওজন কম হয়। মাটিতে পানির পরিমাণ পরিমিত হলে কম্প্যাকশন কালে মৃত্তিকার দানাগুলো পরস্পরের পৃষ্ঠের উপর দিয়ে পিছলিয়ে ফাঁকহীন অবস্থায় বিন্যস্ত হতে পারে। ফলে মৃত্তিকার ঘনত্ব বৃদ্ধি পায় এবং শুষ্ক একক ওজনও বৃদ্ধি পায়।



চিত্রঃ ৬.৮ (খ)

পরিমিত ওয়াটার কনটেন্টে মৃত্তিকার সর্বাধিক শুষ্ক একক ওজন তখনই পাওয়া যাবে, যখন এতে কম্প্যাকশনের ফলে কোন এয়ার ভয়েড (air voids) থাকবে না অর্থাৎ ১০০% ভাগ সম্পৃক্ত থাকবে। এ ক্ষেত্রে কম্প্যাকশনের ফলে মৃত্তিকার এয়ার ভয়েড সম্পূর্ণরূপে হ্রাস পাবে কিন্তু ওয়াটার কনটেন্টের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না। যে রেখা শূন্য এয়ার ভয়েড অবস্থায় মৃত্তিকার শুষ্ক একক ওজন ও ময়েসচার কনটেন্টের সম্পর্ক প্রদর্শন করে, তাকে শূন্য এয়ার ভয়েড রেখা (Zero air voids line) বা স্যাচুরেশন (Saturation line) বলা হয়।

আমরা ২.১৯ সমীকরণে দেখিয়েছি যে,

$$\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$$

উক্ত সমীকরণে ২.২৮ হতে $e = \frac{\omega G}{S_r}$ মান বসালে–

$$\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+\frac{\omega G}{S_r}} \quad \ldots (৬.১)$$

S_r = ১০০% হলে তাত্ত্বিক সর্বাধিক একক ওজন পাওয়া যায়।

অতএব $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+\omega G} \quad \ldots (৬.২)$

সমীকরণ ২.৩১ এ আমরা দেখিয়েছি যে,

$$\gamma_d = \frac{(1-n_a)\, G\gamma_w}{\omega G+1} \quad \ldots (৬.৩)$$

তাত্ত্বিকভাবে শূন্য এয়ার ভয়েডে (n_a=0) সর্বাধিক একক ওজন পাওয়া যায়।

অতএব, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+\omega G} \quad \ldots (৬.৪)$

যেহেতু সমীকরণ ৬.২ ও সমীকরণ ৬.৪ একই রকম

অর্থাৎ শূন্য এয়ার ভয়েডে একক ওজন ও ১০০% সম্পৃক্ত একক ওজন পরস্পর সমান।

আমরা ৬.৩ সমীকরণের বিভিন্ন শতকরা হারে এয়ার ভয়েডের পরিমাণের উপর ভিত্তি করে (যেমন, ৫%, ১০% এয়ার ভয়েড) শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় করে গ্রাফে বিভিন্ন মাত্রার এয়ার ভয়েডের জন্য রেখা টানতে পারি। যেমন, ১০% এয়ার ভয়েডের জন্য–

$$\gamma_d = \frac{(1-0.10)\, G\gamma_w}{\omega G+1}$$

চিত্র ৬.৮(খ) তে শূন্য এয়ার ভয়েড রেখা, ৫% এয়ার ভয়েড রেখা, ১০% এয়ার ভয়েড রেখা দেখানো হল। এতে মৃত্তিকার সর্বাধিক ঘনত্বে পরিমিত পানি ধারণ মাত্রাও দেখানো আছে।

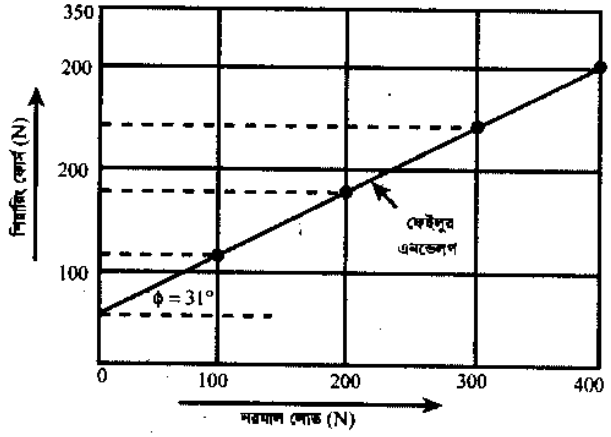
বাস্তব ক্ষেত্রে সরজমিনে কোন মাটির নমুনার মাঠে পরীক্ষায় প্রাপ্ত ঘনত্ব এবং গবেষণাগারের পরীক্ষায় প্রাপ্ত সর্বোচ্চ ঘনত্বের মধ্যে পার্থক্য থাকে। পরীক্ষা পদ্ধতি এ পার্থক্যের উপর বিশেষ প্রভাব ফেলে। ফলত মাঠের ফলাফল ও গবেষণাগারে ফলাফলের অনুপাত নির্ণয় করা হয়। এ অনুপাতকে দৃঢ়াবদ্ধতার হার বলা হয়। একে শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়।

$$\text{দৃঢ়াবদ্ধতার হার (\%)} = \frac{\text{মাঠে প্রাপ্ত ঘনত্ব} \times ১০০}{\text{গবেষনাগারে প্রাপ্ত সর্বোচ্চ ঘনত্ব}}$$

উদাহরণ-৪। আনড্রেন্ড অবস্থায় ৩৬ বর্গ সেমি. ক্ষেত্রফলের শিয়ার বক্সে একটি নমুনায় মৃত্তিকার শিয়ার পরীক্ষায় স্বাভাবিক লোড এবং সর্বোচ্চ শিয়ার নিম্নরূপ পাওয়া গেল। উক্ত মৃত্তিকার ফেইলুর এনভেলপ আঁক এবং (ক) আপত শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণ ও খ) আপত কোহেশন নির্ণয় কর ঃ

স্বাভাবিক লোড (নিউটনে)	সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স (নিউটন)
১০০	১২০
২০০	১৮০
৩০০	২৪০
৪০০	৩০২

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ ৬.৮ (গ)

(ক) চিত্র হতে $\phi = 31°$

(খ) আপত কোহেশন, $C = \frac{60}{36} = 1.67\ N/Cm^2$

$= 16.7\ KN/m^2$

উদাহরণ-৫। আনকনফাইন্ড অবস্থায় ১৫০ KN/m^2 উল্লম্ব অক্ষীয় পীড়নে একটি সিলিন্ড্রিক্যাল নমুনা মৃত্তিকা নিষ্ফল তলে অনুভূমিকের সাথে 52° কোণ সৃষ্টি করে।

(ক) মৃত্তিকার কোহেশন ও (খ) মৃত্তিকার ইন্টারনাল ফ্রিকশন কোণ নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$$\alpha = 52° = 45° + \frac{\phi}{2}$$

$$\therefore \frac{\phi}{2} = 52° - 45°$$

অতএব $\phi = 14°$

যেহেতু আনকনফাইন্ড নমুনা, অতএব $\sigma_3 = 0$

আমরা জানি, $\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\alpha + 2c \tan\alpha$

$$150 = 0 + 2C \tan 52°$$

$$\therefore C = \frac{150}{2 \tan 52°} = 58.60\ KN/m^2$$

উদাহরণ-৬। অরক্ষিত সংনমন পরীক্ষায় একটি সিলিন্ডার আকৃতির মাটির নমুনা 160 KN/m² উল্লম্ব অক্ষীয় চাপে ব্যর্থ হয়। ধ্বংস তল অনুভূমিকের সাথে 50° কোণ উৎপন্ন করলে C এবং ϕ এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

সমাধান: আমরা জানি-

$$\alpha = 50° = 45° + \frac{\phi}{2}$$

$$\therefore \frac{\phi}{2} = 50° - 45°$$

অতএব $\phi = 10°$

যেহেতু নমুনাটি অরক্ষিত। অতএব $\sigma_3 = 0$

আমরা জানি, $\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\alpha + 2C\tan\alpha$

$$\therefore 160 = 2C \tan 50°$$

অতএব $C = \frac{160}{2\tan 50°} = 67.12\ KN/m^2$

উদাহরণ-৭। একটি শুষ্ক সংসক্তিহীন মৃত্তিকার ট্রাই এক্সিয়াল টেস্টে কনফাইনিং প্রেসার 1kg/cm²। যদি শিয়ারিং রেজিস্টিং কোণ 36° হয়, তবে নিষ্ফল কালে ডেভিয়েটর স্ট্রেস কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

$$\sin\phi = \frac{\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)}{\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + C\cot\phi}$$

যেহেতু নমুনা মৃত্তিকা সংসক্তিহীন, তাই $C = 0$

অতএব $\sin\phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$ $\therefore \sin 36°(\sigma_1 + \sigma_3) = (\sigma_1 - \sigma_3)$

বা, $\sigma_1 = 3.854$

ডেভিয়েটর স্ট্রেস $= \sigma_1 - \sigma_3$

$= 3.854 - 1$

$= 2.854\ kg/cm^2$

উদাহরণ-৮। আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টে একটি 4 cm ব্যাসের সিলিন্ডার আকৃতির সম্পৃক্ত নমুনার কাদা মৃত্তিকার গড় দৈর্ঘ্য, 8.66 cm। যদি নমুনাটি 500 N এক্সিয়াল লোডে নিষ্ফল হয় এবং দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন 1 cm ঘটায় তবে নিষ্ফল কালে আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস এবং শিয়ারিং স্ট্রেস নির্ণয় কর।

সমাধান: প্রাথমিক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(4)^2}{4}$

$= 12.57\ cm^2$

নিষ্ফল কালে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A_2 = \frac{A_1}{1 - \frac{\Delta L}{L_1}}$

$= \frac{12.57}{1 - \frac{1}{8.66}}$

$= 14.2\ cm^2$

আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস, $qu = \frac{500}{14.2}$

$= 35.2\ N/cm^2$

$= \frac{35.2 \times 100 \times 100}{1000}\ KN/m^2$

$= 352\ KN/m^2$

শিয়ার স্ট্রেস, $Cu = \frac{qu}{2} = \frac{352}{2} = 176\ KN/m^2$

উদাহরণ-৯। আনড্রেন্ড অবস্থায় সমবৈশিষ্ট্যের দৃঢ়াবদ্ধ আংশিক সম্পৃক্ত 4 cm ব্যাস এবং 8 cm দৈর্ঘ্যের দুটি নমুনা মৃত্তিকায় ট্রাই এক্সিয়াল টেস্ট করা হল। এতে প্রথম নমুনাটি 200 KN/m^2 সেল প্রেসারে এবং 800 N ডেভিয়েটর লোডে (অতিরিক্ত এক্সিয়াল লোড) এবং দ্বিতীয় নমুনাটি 300 KN/m^2 সেল প্রেসারে ও 975 N অতিরিক্ত লোডে নিষ্ফল হয়। নিষ্ফল কালে প্রথম নমুনাটির আয়তন 1.6 মি.লি. বাড়ে ও দৈর্ঘ্য 0.6 cm কমে এবং দ্বিতীয় নমুনাটি 2.6 মিলি আয়তনে বাড়ে ও দৈর্ঘ্যে 0.8 cm কমে। C ও ϕ.এর মান নির্ণয় কর। (গাণিতিক ও লৈখিক উভয় নিয়মে)

সমাধান: প্রথম নমুনা–

প্রাথমিক ক্ষেত্রফল, $A_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(4)^2}{4}$

$= 12.57\ cm^2$

* নিষ্ফলকালে পরিবর্তিত ক্ষেত্রফল, A_2

প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = 12.57 \times 8$

$= 100.56\ cm^3$

$\Delta V = 1.6, \Delta L = 0.6$ cm.

এখন $A_2 = \frac{V_1 + \Delta L}{L_1 - \Delta L} = \frac{100.56 + 1.6}{8 - 0.6}$

$= 13.81\ cm^2$

নিষ্ফলকালে ডেভিয়েটর স্ট্রেস, $\sigma_d = \frac{800}{13.81}$

$= 57.93\ N/cm^2$

$= 579.3\ KN/m^2$

সেল প্রেসার, $\sigma_3 = 200\ KN/m^2$

এবং $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_d = 200 + 579.3$

$= 779.3\ KN/m^2$

আমরা জানি–

$$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2C\sqrt{N\phi}$$

$$779.3 = 200N\phi + 2C\sqrt{N\phi} \quad \text{..... (a)}$$

দ্বিতীয় নমুনা–

$A_1 = 12.57\ cm^2, V_1 = 100.56\ cm^3, \Delta V = 2.6, \Delta L = 0.8$

নিষ্ফলকালে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,

$$A_2 = \frac{V_1 + \Delta V}{L_1 - \Delta L}$$

$$= \frac{100.56 + 2.6}{8 - 0.8}$$

$$= 14.28\ cm^2$$

নিষ্ফলকালে ডেভিয়েটর স্ট্রেস, $\sigma_d = \frac{975}{14.28}$

$= 68.28\ N/cm^2$

$= 682.8\ KN/m^2$

সেল প্রেসার, $300\ KN/m^2 = \sigma_3 = \sigma_c$

এখন $\sigma_1 = 300 + 682.8 = 982.8\ KN/m^2$

আমরা জানি–

$$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2C\sqrt{N\phi}$$

$$982.8 = 300\, N\phi + 2C\sqrt{N\phi} \text{ ..... (b)}$$

সমীকরণ (b) হতে (a) বিয়োগ করে–

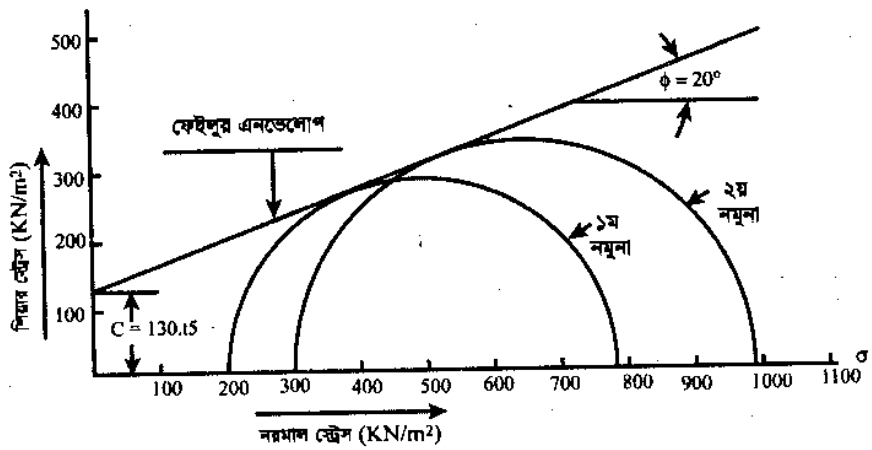
$$100\, N\phi = 203.5 \therefore N\phi = 2.035$$

$$N\phi = \tan^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right) = 2.035 \therefore \phi = 20°$$

সমীকরণ (b) এ $N\phi$ মান বসিয়ে–

$$C = \frac{982.8 - 300 \times 2.035}{2\sqrt{2.035}} = 130.5\ KN/m^2$$

লৈখিক পদ্ধতি ঃ দুটি নমুনার জন্য নিষ্ফল কালের মোহর বৃত্ত এঁকে উভয় বৃত্তের স্পর্শকই ফেইলুর এনভেলোপ আঁকা হল। চিত্র হতে C (আপাত) = 130.5 এবং ϕ (আপাত) = 20° পাওয়া গেল।



চিত্র ঃ ৬.৮(ঘ)

উদাহরণ-১০। 5m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যে বিন্দুতে চাপ 100 kg/m² এবং ভয়েড রেশিও .53 ; 0.20 kg/m² হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটি বসন নির্ণয় কর। নমুনাটি সংনমন সূচক .25 ডাবল ড্রেনেজ বিবেচনা করতে হবে। [বাকাশিবো-২০০৬]

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

বসনের পরিমাণ, $S = \frac{2H}{1+e_o} \times C_c \times \log_{10}\frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$ (ডাবল ড্রেনেজ বিধায়)

$$= \frac{5}{1+.53} \times .25 \times \log_{10}\frac{100 + .2}{100}$$

$$= 7.0892 \times 10^{-4} \text{ মিটার}$$

$$= 0.709 \text{ মিলিমিটার}$$

উত্তর ঃ 0.709 মিলিমিটার

দেওয়া আছে,

$P_0 = 100\ kg/m^2$

$\Delta P = .20 kg/m^2$

$e_o = .53$

$C_c = .25$

$S = ?$

$2H = 5$ মিটার

উদাহরণ-১১। 9m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মাঝ বিন্দুতে কার্যকরী চাপে 210 KN/m^2 এবং ভয়েড রেশিও .54 । .22 KN/m^2 হারে চাপ বাড়ালে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটি বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনাটি লিকুইড লিমিট 38% বিবেচনা করতে হবে।

[বাকাশিবো-২০০৯]

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

বসনের পরিমাণ, $S = \frac{H}{1+e_0} \times C_c \times \log_{10} \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$

$= \frac{9}{1+.54} \times .252 \times \log_{10} \frac{210 + .22}{210}$

$= 6.697 \times 10^{-4}$ মিটার

$= 0.67$ মিলিমিটার

উত্তর ঃ 0.67 মিলিমিটার

দেওয়া আছে,

$W_2 = 38\%$

$\Delta P = .22 KN/m^2$

$P_0 = 210 KN/m^2$

$e_0 = .54$

$H = 9m$

$S = ?$

$C_c = .009 (\omega_L - 10)$

$= .009 (38 - 10)$

$= .252$

উদাহরণ-১২। 6m পুরু সাধারণভাবে চাপানো একটি কাদামাটির মাঝ বিন্দুতে কার্যকরী চাপ 105 KN/m^2 এবং ভয়েড রেশিও .54 । .25 KN/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটি বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনার নমন সূচক .29

[বাকাশিবো-২০১১]

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

বসে যাওয়ার পরিমাণ, $S = \frac{H}{1+e_o} \times C_c \times \log_{10} \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$

$= \frac{6}{1+.54} \times .29 \times \log_{10} \frac{105 + .25}{105}$

$= 1.17 \times 10^{-3}$ m

$= 1.17$ cm

উত্তর ঃ 1.17 cm

দেওয়া আছে,

$H = 6m$

$P_0 = 105\ KN/m^2$

$e_0 = .54$

$\Delta P = .25 KN/m^2$

$C_c = .29$

$S = ?$

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

[বাকাশিবো-২০১০]

১। **কী কী কারণে মৃত্তিকা সংনমিত হয়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকা (ক) ভয়েডের মৃত্তিকা কণা ও পানির সংনমনের ফলে
(খ) ভয়েডের বাতাসের সংনমন ও পানি নির্গত হওয়ার ফলে এবং
(গ) ভয়েড হতে পানি নিঃসরণ হওয়ার ফলে সংনমিত হয়।

[বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪, ২০০৬, ২০১১, ২০১৪]

২। **মৃত্তিকার কনসলিডেশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত মৃত্তিকায় স্থির নিশ্চল চাপাবলের ফলে সংনমনকেই মৃত্তিকার কনসলিডেশন বলা হয়।

৩। **মৃত্তিকার মাধ্যমিক কনসলিডেশন কী?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার প্রাথমিক কনসলিডেশন সমাপ্তির পরও এর আয়তন ধীরে ধীরে কমতে থাকে। এমন কী প্রযুক্ত সংনমিত বলের প্রভাবে সৃষ্ট হাইড্রোস্ট্যাটিক বলের সম্পূর্ণ অবমুক্তির পরও কিঞ্চিৎ পরিমাণ কনসলিডেশন হয়। এই শেষের দিকের কনসলিডেশনের পরিমাণকে মাধ্যমিক কনসলিডেশন বলা হয়।

[বাকাশিবো-২০০৪]

৪। **কনফাইনিং প্রেসার বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কনসলিডেশন পর্যায়ে নমুনা মৃত্তিকায় আক্ষিক প্রতিসাম্য অবস্থায় সকল দিক হতে সমমাত্রায় যে প্রেসার প্রয়োগ করা হয়, তাকে কনফাইনিং প্রেসার বলা হয়।

৫। **ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে নমুনা মৃত্তিকায় কী কী স্ট্রেস কাজ করে?**

উত্তর ঃ ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে নমুনা মৃত্তিকায় (ক) এক্সিয়াল (খ) রেডিয়াল (গ) সারকামফারেন্স ও (ঘ) প্রিন্সিপাল স্ট্রেস কাজ করে।

৬। **ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্ট অ্যাপারেটাসের সাথে কী কী সিস্টেম সংযুক্ত থাকে?**

উত্তর ঃ ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্ট অ্যাপারেটাসের সাথে (ক) মারকারী কন্টোল সিস্টেম (খ) পুওর ওয়াটার প্রেসার মেজারমেন্ট ডিভাইস্ ও (গ) আয়তনের হ্রাস বৃদ্ধি পরিমাপক ডিভাইস্ সংযুক্ত থাকে।

৭। **ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে নমুনার প্লাস্টিক ইল্ডিং কী?**

উত্তর ঃ পূর্বে চাপ খাওয়া শিথিল বন্ধনের মৃত্তিকার নমুনার ট্রাই এক্সিয়াল টেস্টে সর্বোচ্চ অক্ষীয় পীড়নে কোনরূপ ধ্বংস তল সৃষ্টি করে না বা শিয়ার স্লিপও হয় না বরং নমুনাটি পিপা বা ব্যারেলের মতো হয়। এরূপ অবস্থাই প্লাস্টিক ইল্ডিং।

৮। **ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে পূর্ণ শিয়ার স্লিপ ফেইলুর বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ পূর্বে চাপ খাওয়া বেশি ঘনত্বের মৃত্তিকার ক্ষেত্রে অক্ষীয় চাপ একটা নির্দিষ্ট মাত্রায় পৌছার পর নমুনায় সুস্পষ্ট নিষ্ফল তল (failure surface) সৃষ্টি করে। এ ধরনের নিষ্ফলতাকে পূর্ণ শিয়ার স্লিপ ফেইলুর বলা হয়।

[বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯, ২০১০, ২০১৩]

৯। **কনসলিডেশনের ধাপগুলো কী কী?**

উত্তর ঃ কনসলডেশন তিনটি ধাপে সাজানো হয় যথা ঃ
(i) প্রারম্ভিক কনসিলিডেশন
(ii) প্রাথমিক কনসলিডেশন ও
(iii) মাধ্যমিক কনসলিডেশন।

[বাকাশিবো-২০১১]

১০। **শূন্য এয়ার ভয়েড রেখা কী?**

উত্তর ঃ যে রেখা শূন্য এয়ার ভয়েড অবস্থায় মৃত্তিকার শুষ্ক একক ওজন ও ওয়াটার কনটেন্টের সম্পর্ক দেখায়, তাকে শূন্য এয়ার ভয়েড রেখা বলে।

১১। ট্রাই এক্সিয়াল টেস্টে আংশিক শিয়ার স্লিপ ফেইলুর বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ পূর্বে চাপ খাওয়া অপেক্ষাকৃত কম ঘনত্বের মৃত্তিকায় সর্বোচ্চ অক্ষীয় পীড়ন স্পষ্ট ধ্বংসতল সৃষ্টি করে না। এ ধরনের নিষ্ফলতাকে আংশিক শিয়ার স্লিপ বলা হয়।

১২। রিবাউন্ড কার্ভ ও রিলোডিং কার্ভ বলিতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর ঃ চিত্রঃ ৬.৬ দ্রষ্টব্য।

১৩। ভারজিন ব্রাঞ্চ কী?

উত্তর ঃ মৃত্তিকার কনসলিডেশন টেস্টের e log P কার্ভ আঁকার জন্য প্রথম চাপ প্রয়োগের ফলাফলে যে কার্ভের সৃষ্টি করে, তাই ভারজিন ব্রাঞ্চ।

১৪। চিত্রের সাহায্যে কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের পার্থক্য দেখাও।

উত্তর ঃ চিত্রঃ ৬.৭ ক দ্রষ্টব্য।

১৫। আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা কেন বা কী উদ্দেশ্যে করা হয়? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর ঃ মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্রতা ঘনত্ব সম্পর্ক জানা এবং পরিমিত জলীয়াংশ ও সর্বোচ্চ শুষ্ক ঘনত্ব নিরূপণ করার জন্যই আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা করা হয়।

১৬। মৃত্তিকার কনসলিডেশনে সময়ের সাথে ভয়েড রেশিও এর সম্পর্ক দেখিয়ে একটি নমুনা কার্ভ অংকন কর।

উত্তর ঃ চিত্রঃ ৬.২ (ক) দ্রষ্টব্য।

১৭। ডেভিয়েটর স্ট্রেস বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে কনসলিডেশন পর্যায়ের পর উপর হতে র‍্যামের সাহায্যে অতিরিক্ত আক্ষীক পীড়ন প্রয়োগ করা হয়। এ পীড়নকে ডেভিয়েটর স্ট্রেস বলা হয়।

১৮। কোন কোন পীড়নের ভিত্তিতে মোহর এনভেলোপ আঁকা হয়?

উত্তর ঃ কার্যকরী পীড়ন বা মোট পীড়নের ভিত্তিতে মোহর এনভেলোপ আঁকা যায়। তবে এতে ফলাফল ভিন্নতা দেখা দিতে পারে।

১৯। সচরাচর কী কী ধরনের আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন ব্যবহৃত হয়?

উত্তর ঃ সচরাচর মৃত্তিকার আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টে (ক) স্প্রিং টাইপ আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন (খ) প্রুভিং রিং টাইপ আন কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন ব্যবহৃত হয়।

২০। কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টের মৃত্তিকার নমুনা কীরূপ হওয়া উচিত?

উত্তর ঃ কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্টের মৃত্তিকায় নমুনা কম পুরুত্বের (২ সেমি এর কম নয়) হওয়া উচিত এবং সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকার জন্য পুরুত্ব ও ব্যাসের অনুপাত কমপক্ষে ৩ এবং স্থূল দানার মৃত্তিকার জন্য ১০ এর অধিক হওয়া উচিত।

২১। e log P কার্ভ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ কম্প্রেশন টেস্টে প্রতিবারে চাপ প্রয়োগের পর চাপের পরিমাণকে (P) লগ স্কেলে ভূমি এবং ঐ সময়ে স্পেসিমেনের ভয়েড রেশিও (e) কে অফসেট ধরে যে কার্ভ আঁকা হয়, তাই e log P কার্ভ।

২২। দুরমুশ করে মৃত্তিকাকে কনসলিডেশন করা যায় না কেন?

উত্তর ঃ যেহেতু দুরমুশে অস্থির সচল চাপা বলের প্রয়োগে বায়ুর অপসারণের মাধ্যমে মৃত্তিকার আয়তন হ্রাস করা হয়, তাই দুরমুশের মাধ্যমে কনসলিডেশন করা যায় না বরং কম্প্যাকশন করা যায়।

২৩। মাটির দৃঢ়াবদ্ধতার হার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর ঃ কোন মাটির সরজমিনে মাঠ পরীক্ষায় প্রাপ্ত ঘনত্ব এবং গবেষণাগারে পরীক্ষায় প্রাপ্ত সর্বোচ্চ ঘনত্বের অনুপাতের শতকরা হারকে মাটির দৃঢ়াবদ্ধতার হার বলা হয়।

অর্থাৎ দৃঢ়াবদ্ধতার হার (%) $= \dfrac{\text{মাঠ পরীক্ষায় প্রাপ্ত ঘনত্ব} \times ১০০}{\text{গবেষণাগারে প্রাপ্ত সর্বোচ্চ ঘনত্ব}}$

২৪। **সোয়েলিং এর কালে মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও বৃদ্ধি পায় কেন?**

উত্তর ঃ সোয়েলিং কালে মৃত্তিকা স্ফীত হয়ে উঠে এবং মৃত্তিকায় ভয়েডের পরিমাণ বেড়ে যায়। তাই সোয়েলিং এর কালে মৃত্তিকার ভয়েড রেশিও বৃদ্ধি পায়।

২৫। **আদর্শ প্রক্টর মৌলডে অপসারণযোগ্য কলার ব্যবহার করা হয় কেন?**

উত্তর ঃ আদর্শ প্রক্টর টেস্ট কালে প্রক্টর মোল্ডের উপরিতল পর্যন্ত নমুনা মৃত্তিকা রাখা হয়। র‍্যামার (হাতুড়ির) পতনকালে যেন মাটি উপচিয়ে পড়তে না পারে তার জন্য প্রক্টর মোল্ডে অপসারণযোগ্য কলার ব্যবহার করা হয়।

[বাকাশিবো-২০১১]

২৬। **সংনমন সূচক কাকে বলে?**

উত্তর ঃ কাদা মৃত্তিকার e log P কার্ভের সরল ঢালকে সংনমন সূচক বলা হয়। সংনমন সূচক $C_c = \frac{\Delta e}{\log_{10}\frac{P_1}{P_0}}$

[বাকাশিবো-২০১৪]

২৭। **মৃত্তিকার কম্প্যাকশন বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকায় অস্থির সচল চাপা বল প্রয়োগের ফলে মৃত্তিকার ভয়েডের বায়ু অপসারিত হয়, মৃত্তিকা আয়তনে হ্রাস পায় ও মৃত্তিকা দৃঢ়াবদ্ধ হয়। অস্থির সচল চাপা বলে বায়ু অপসারণের মাধ্যমে মৃত্তিকা দৃঢ়াবদ্ধকরণকে সয়েল কম্প্যাকশন বলা হয়।

[বাকাশিবো-২০২২]

২৮। **কম্প্যাকশন ও কনসলিডেশনের পার্থক্য কী কী, লেখ।**

উত্তর ঃ যদিও কম্প্যাকশন ও কনসলিডেশন মাটি দৃঢ়াবদ্ধ ও সংনমিত করে কিন্তু কনসলিডেশন স্থায়ী নিশ্চল চাপে বায়ু ও পানি অপসারণের মাধ্যমে এবং কাঠামো বা উপরের স্থায়ী চাপে সাধারণ প্রাকৃতিকভাবে ঘটে এবং কম্প্যাকশন ক্ষণস্থায়ী পুনঃপুন চাপে বায়ু অপসারণের মাধ্যমে এবং সাধারণত কৃত্রিম যান্ত্রিক প্রক্রিয়ায় ঘটে।

[বাকাশিবো-১৯৯৯]

২৯। **মাটির পরিমিত জলীয় অংশ কেন নির্ণয় করা হয়?**

উত্তর ঃ মাটিতে পরিমিত অংশ থাকা কালে মাটির ঘনত্ব সর্বাধিক হয় এবং আর্দ্রতা ঘনত্ব সম্পর্ক জানা যায়। মাটি দৃঢ়করণে পরিমিত পরিমাণ জলীয় অংশের উপস্থিতির জন্য মাটির পরিমিত জলীয় অংশের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

[বাকাশিবো-২০০২, ২০১২]

৩০। **পরিমিত জলীয় অংশ (OMC) বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ মাটিকে দৃঢ়াবদ্ধ করা কালে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ পানি ধারণ মাত্রায় মাটি সর্বাধিক শুষ্ক ঘনত্ব প্রাপ্ত হয়, ঐ পানি মাত্রাকে পরিমিত জলীয় অংশ বলা হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। **মৃত্তিকার প্রারম্ভিক কনসলিডেশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **মৃত্তিকার প্রাথমিক কনসলিডেশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **পূর্বে চাপ খাওয়া মৃত্তিকার প্রি-কনসলিডেশন প্রেসার নির্ণয়ের পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **মৃত্তিকার ট্রাই এক্সিয়াল টেস্টে কনসলিডেশন পর্যায় বুঝিয়ে লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **মৃত্তিকার ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে শিয়ার পর্যায় বুঝিয়ে লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টে নমুনার আয়তন হ্রাস-বৃদ্ধি পরিমাপকরণের পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। মৃত্তিকার কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মধ্যে পার্থক্যগুলো লেখ।

[বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০০, ০২, ০৪, ০৭, ০৮, ০৯, ১১, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা সংক্ষেপে আলোচনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০২, ২০০৪, ০৯, ১০, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৯। পরিমিত জলীয় অংশ (Optimum moisture) বুঝিয়ে লেখ। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০২, ০৪, ০৬, ১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০। e log P রেখচিত্র হতে দেখাও যে, $C_c = \frac{e_1 - e_0}{\log_{10}\frac{P_2}{P_1}}$ [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৬ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। পরিপৃক্ত মৃত্তিকার আচরণ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। পূর্বে চাপ খাওয়া মৃত্তিকার কনসলিডেশন বৈশিষ্ট্য উপস্থাপন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্ট অ্যাপারেটাস এর চিত্রসহ বিভিন্নাংশের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ট্রাই-এক্সিয়াল টেস্টের ফলাফল উপস্থাপন প্রক্রিয়া চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মৃত্তিকার কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মৃত্তিকার আনকনফাইন্ড কম্প্রেশন পরীক্ষার বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। পূর্ব হতে চাপিত মাটির জন্য e log P কার্ভের বৈশিষ্ট্য চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৬ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৭

ভূ-স্তর তদন্তকরণ
(Sub-Surface Investigation)

৭.১ ভূ-স্তর তদন্তকরণের অর্থ (Meaning of Sub-surface investigation) ঃ

কোন এলাকায় প্রস্তাবিত নির্মাণ কাঠামোর জন্য ঐ এলাকার ভূ-স্তরের অবস্থা সম্পর্কে বিভিন্ন তথ্যাদি সংগ্রহ করার নিমিত্তে ঐ এলাকার ভূ-স্তর তদন্ত করা হয়। বড় বড় ইঞ্জিনিয়ারিং প্রজেক্ট বাস্তবায়নে এটির গুরুত্ব অপরিসীম। কোন কাঠামো ডিজাইনের পূর্বে এটির ভিত্তির নিচের মৃত্তিকা বা শিলার বিভিন্ন দিক সম্পর্কে অবহিত হতে হয়। এ উদ্দেশ্যে প্রকল্পের প্রস্তাবিত এলাকার মাটির প্রাকৃতিক গঠন ও উৎপত্তিগত অবস্থান, বিভিন্ন স্তরের গভীরতা ইত্যাদি জানার জন্য এবং মৃত্তিকার প্রকৌশল ধর্মাবলি সম্পর্কে অবহিত হওয়ার জন্য বিভিন্ন স্তরের মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহ করা হয় এবং গবেষণাগারে পরীক্ষা করা হয়। এতদভিন্ন প্রস্তাবিত এলাকার মৃত্তিকার সরাসরি পরীক্ষা (in situ testing) ও করা হয়। এ সকল কার্যক্রমকে ভূ-স্তর তদন্ত বা ভূ-স্তর অনুসন্ধান বলা হয়।

৭.২ ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপসমূহ (Stages of Sub-surface Exploration) ঃ

সাধারণত তিনটি ধাপে ভূ-স্তর উদঘাটন করা হয়, যথা ঃ

১। পরিদর্শন (Reconnaissance)

২। প্রারম্ভিক উদঘাটন (Preliminary Exploration)

৩। বিস্তারিত উদঘাটন (Detailed Exploration)।

নিচে আমরা উক্ত ধাপগুলোর সংক্ষিপ্ত আলোচনা করব–

১। পরিদর্শন (Reconnaissance) ঃ এটি ভূ-স্তর উদঘাটন কর্মসূচির প্রথম ধাপ। প্রকল্প এলাকা পরিদর্শন করা, প্রকল্প এলাকার নক্শা ও অন্যান্য প্রাসঙ্গিক তথ্যাবলি সম্বলিত কাগজপত্র পর্যালোচনা করা এ ধাপের অন্তর্ভুক্ত। এটি ভবিষ্যৎ কর্মসূচি গ্রহণ, কাজের আওতা, উদঘাটনে ব্যবহৃত প্রক্রিয়া, সংগৃহীত নমুনার ধরন, গবেষণাগারের পরীক্ষা ও প্রকল্পক্ষেত্রে পরীক্ষা ইত্যাদি সম্পর্কে সিদ্ধান্ত গ্রহণে সহায়তা করে। প্রকল্প এলাকার ভূ-স্তর উদঘাটনের উদ্দেশ্যকে সামনে রেখে জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ার সরজমিনে পরিদর্শনের মাধ্যমে নিম্নোক্ত তথ্যাদি আহরণ করেন ঃ

(i) প্রকল্প এলাকার ভূ-সাংস্থানিক (Topography) অবস্থা ও পুকুর, ডোবা, নালা, ঝরনা, জলাভূমি ইত্যাদির অবস্থান।

(ii) প্রকল্প এলাকা বা এর নিকটবর্তী ইমরাত, ব্রীজ ইত্যাদি হতে সর্বোচ্চ বন্যা সীমা।

(iii) মৃত্তিকায় ফাটল, ধস, সংকোচন, সম্প্রসারণ ইত্যাদি বাস্তবে দেখা।

(iv) প্রকল্প এলাকার গাছ-গাছড়া, শস্য ও শাকসব্জির ধরন ও উৎপাদন ক্ষেত্র।

(v) প্রকল্প এলাকার বা এর নিকটবর্তী গভীর খাতের খাড়া পৃষ্ঠ হতে মৃত্তিকা স্তরের অবস্থা।

(vi) প্রকল্প এলাকায় বা এর নিকটবর্তী এলাকার পূর্বে নির্মিত কাঠামোতে ফাটলের ধরন ও ডেবে যাওয়ার পরিমাণ।

(vii) কূপ হতে বর্তমান পানি তল (Water table)।

(viii) প্রকল্প এলাকায় ভূনিম্নস্থ কাঠামোর (গ্যাস লাইন, বৈদ্যুতিক লাইন, পয়ঃনিষ্কাশন লাইন, টেলিফোন লাইন, পানি সরবরাহ লাইন, কন্ডুইট ইত্যাদি) উপস্থিতি।

(ix) প্রকল্প এলাকায় বর্তমান পানি নিষ্কাশন ব্যবস্থার ধরন।

(x) প্রকল্প এলাকা বা এর সন্নিকটস্থ নদনদী সংক্রান্ত তথ্যাদি (ক্ষরণ, পাড় ভাঙ্গা, নৌচলাচল ইত্যাদি)।

(xi) প্রকল্পের জন্য মালামাল, পরিবহন ও যোগাযোগ সুবিধা।

(xii) পূর্বে নির্মিত কাঠামোর বর্তমান অবস্থা ও এগুলোর ভিত্তির ধরন ইত্যাদি।

(xiii) প্রকল্প এলাকায় প্রাকৃতিক দুর্যোগ বন্যা, ভূমিকম্প ইত্যাদি।

এতদভিন্ন ভূতাত্ত্বিক অবস্থা জানার জন্য বিভিন্ন সংস্থা কর্তৃক প্রণীত ভূতাত্ত্বিক নকশা, বিমান আলোকচিত্র, মৃত্তিকা নকশা ইত্যাদি সম্পর্কে গভীর অধ্যয়নের মাধ্যমে জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ার অন্যান্য প্রয়োজনীয় তথ্যাদি জানার চেষ্টা করেন এবং এটির উপর ভিত্তি করেই পরবর্তী ধাপসমূহ সম্পাদন করেন।

২। **প্রারম্ভিক উদঘাটন (Preliminary Exploration) ঃ** প্রকল্প এলাকার ভূ-অভ্যন্তরের বিভিন্ন স্তরের গভীরতা, পুরুত্ব, বিস্তৃতি, গঠন ইত্যাদি সম্পর্কে সরজমিনে ওয়াকিবহাল হওয়াই প্রারম্ভিক উৎঘাটনের উদ্দেশ্য। এ সময় ভূনিম্নস্থ পানি সমতার অবস্থান এবং বেড রকের (Bed rock) গভীরতাও দেখে নেয়া হয়। কিছু সংখ্যক বোরিং (Boring) ও পরীক্ষা গর্ত (test pit) করে সাধারণত প্রারম্ভিক উদঘাটন করা হয় এবং মৃত্তিকার চাপ সহন (Compressibility), শিয়ার (Shear) শক্তি সংক্রান্ত তথ্যাদি জানার জন্য কোণ-পেনিট্রোমিটার ও সাউন্ডিং রড এর সাহায্যে পরীক্ষা করা হয়। প্রারম্ভিক উদঘাটনে বিভিন্ন মৃত্তিকার বিভিন্ন স্তরের সীমানা নির্ধারণে গ্রাফিক্যাল পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

৩। **বিস্তারিত উদঘাটন (Detailed Exploration) ঃ** এ ধাপে ব্যাপক ছিদ্রকরণ (Boring), স্যাম্পলিং (Sampling), গবেষণাগারে নমুনা মৃত্তিকা পরীক্ষাকরণ কর্মসূচি সম্পাদিত হয়। এ সকল কার্যক্রমের মাধ্যমে বিভিন্ন স্তরের মৃত্তিকার প্রকৌশল ধর্মাবলি নিরূপণ করা হয়। প্রাকৃতিক অবস্থানে মৃত্তিকার বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যাদি জানার জন্য ভেদ্যতা পরীক্ষা, ভেন শিয়ার পরীক্ষা (Vane shear test) ও প্লেট লোড টেস্ট (Plate load test) করা হয়।

জটিল প্রকল্পের-ব্রীজ, ভারী কাঠামো, বহুতলভবন, বাঁধ ইত্যাদি ক্ষেত্রে বিস্তারিত উদঘাটনের দরকার হয়। ছোটখাট প্রকল্পের ক্ষেত্রে বিস্তারিত উদঘাটনের দরকার হয় না।

৭.৩ ভূ-স্তর তদন্তকরণের উদ্দেশ্য (Purposes of Sub-surface investigation) ঃ

নিম্নের বিষয়গুলোর জন্য প্রয়োজনীয় তথ্যাদি সংগ্রহের উদ্দেশ্যে ভূ-স্তর তদন্ত করা হয় ঃ

১। কোন নির্দিষ্ট কাঠামোর ভিত্তির ধরন ও গভীরতা নির্ধারণ করার জন্য।

২। মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা নিরূপণের জন্য।

৩। ভূনিম্নস্থ পানি সমতা ও পানির গুণাবলি সম্পর্কে জানার জন্য।

৪। মৃত্তিকা ডেবে যাওয়ার (Settlement) প্রবণতা সম্পর্কে জানার জন্য।

৫। উপযোগী নির্মাণকৌশল নির্বাচনের জন্য।

৬। দেয়াল ও অ্যাবাটমেন্টে মৃত্তিকার পার্শ্বচাপ সম্পর্কে অবহিত হওয়ার জন্য।

৭। ভিত্তির বিভিন্ন সমস্যা চিহ্নিতকরণের জন্য।

৮। পূর্বে নির্মিত কাঠামোর নিরাপত্তা বিধান এবং প্রয়োজনীয় প্রতিকারের দিক নির্দেশনা দেয়ার জন্য।

৯। নির্মাণসামগ্রী (Construction materials) হিসেবে মৃত্তিকার উপযুক্ততা জানার জন্য।

১০। দক্ষ, নিরাপদ স্বল্পব্যয়ী ডিজাইন ও নির্মাণকৌশল প্রয়োগের জন্য।

১১। গবেষণাগারে প্রয়োজনীয় পরীক্ষার নিমিত্তে প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা সংগ্রহের জন্য।

১২। প্রকল্প এলাকার বিভিন্নাংশের মৃত্তিকার স্তর সম্পর্কে অবহিত হওয়ার জন্য।

৭.৪ উদঘাটনের গভীরতা ও পার্শ্ব বিস্তৃতি (Depth & lateral extent of exploration) ঃ

উদঘাটনের গভীরতা (Depth of Exploration) ঃ

কোন স্থানে ভূ-অভ্যন্তরের বিভিন্ন স্তরের অনুভূমিক ও উল্লম্ব তথ্যাদির তারতম্যের মাত্রার উপর ঐ স্থানের উদঘাটনের গভীরতা নির্ভর করে। প্রারম্ভিক উদঘাটনে বোরিং ও সাউন্ডিং এর তথ্যাদির উপর ভিত্তি করে কোন স্থানের বোরিং গভীরতা, সংখ্যা নির্ধারণ করা হয়। অভিজ্ঞতা সম্পন্ন জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারই এ বিষয়ে প্রয়োজনীয় দিক নির্দেশনা দিতে পারে। উদঘাটনের গভীরতা প্রভাবিত অঞ্চলের (Influence Zone) গভীরতার উপর নির্ভর করে। কাঠামোর ধরন, ভারের তীব্রতা, ভারবাহী অঞ্চলের আকার, মৃত্তিকার গঠন ও ভৌতগুণাবলির উপর প্রভাবিত অঞ্চলের গভীরতা নির্ভর করে। কাঠামোতে অর্পিত ভারের প্রভাবে সৃষ্ট পীড়নে যে পরিমাণ গভীরতায় তাৎপর্যপূর্ণ সেটেলমেন্ট (Settlement ২০%) ও শিয়ার স্ট্রেংথ সৃষ্টি করে, ঐ গভীরতাকে তাৎপর্যপূর্ণ গভীরতা (Significant depth) বলা হয়। উদঘাটনের গভীরতা কমপক্ষে তাৎপর্যপূর্ণ গভীরতার সমান হবে।

এ বিষয়ের উপর তালিকার ধারণার দিকে অগ্রসর না হয়ে অভিজ্ঞতার ভিত্তিতে প্রচলিত উদঘাটন গভীরতার পরিমাণ এখানে উল্লেখ করা হল।

১। স্ট্রিপ ফুটিং (Strip footing) ও স্কোয়ার ফুটিং (Square footing) এর ক্ষেত্রে যথাক্রমে এদের প্রস্থের ৩ গুণ ও ১.৫ গুণ গভীরতায় (ফুটিং এর তল দেশ হতে) উদঘাটন করতে হবে।

২। যদি ফুটিংগুলো খুবই নিকটবর্তী হয় এবং ভেলা ভিত্তির মত কাজ করে তবে ভারবহনকারী এলাকার প্রস্থের ১.৫ গুণের সমান গভীরতায় উদঘাটন করতে হবে।

৩। পাইল ফাউন্ডেশনের ক্ষেত্রে বিয়ারিং পাইলের নিম্ন প্রান্তের গভীরতা হতে কমপক্ষে পাইল গ্রুপের প্রস্থের $\frac{১}{২০}$ এর সমান গভীরতার উদঘাটন করতে হবে।

৪। ভার প্রয়োগের পূর্বে যে তলে ইনসিটু স্ট্রেসের $\frac{১}{২০}$ অংশ পীড়ন বৃদ্ধি পায় ঐ তল পর্যন্ত উদঘাটন করা যুক্তিসঙ্গত।

৫। বেড রকে কমপক্ষে ৩ মিটার কোর বোরিং করা উচিত।

৬। বহুতলবিশিষ্ট ইমারতের জন্য উদঘাটন গভীরতার পরিমাণ নিম্নের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। (Sowers & sowers-1970)

$D = C(S)^{০.৭}$

এখানে, D = উদঘাটনের গভীরতা (মিটারে)

C = সহগ, লাইট স্টিল বিল্ডিং ও নেরো কংক্রিট বিল্ডিং-এর ক্ষেত্রে ৩

হেভী স্টিল বিল্ডিং ও ওয়াইড কংক্রিট বিল্ডিং এর ক্ষেত্রে ৬

S = তলার সংখ্যা (Nos of Story)

৭। গভীর খননের ক্ষেত্রে প্রস্তাবিত খনন গভীরতার ১.৫ গুণের (প্রস্তাবিত খননের তলদেশ হতে) সমান গভীরতায় উদঘাটন করতে হবে।

৮। খননে নির্মিত রাস্তার জন্য কমপক্ষে রাস্তার প্রস্থের সমান গভীরতায় উদঘাটন করতে হবে।

৯। ভরাটে নির্মিত রাস্তার জন্য বোরিং এর গভীরতা হবে ভূমি তল হতে ২ মিটার বা ভরাটের উচ্চতার মধ্যে যেটি বড়।

১০। গ্রেভিটি বাঁধের ক্ষেত্রে কমপক্ষে বাঁধের উচ্চতার ২ গুণের সমান গভীরতায় বোরিং করতে হবে।

উদঘাটনের পার্শ্ব বিস্তৃতি (Lateral Extent of Exploration) ঃ

উদঘাটনের পার্শ্ব বিস্তৃতি এবং বোরিং হোলের পারস্পরিক দূরত্ব ভূনিম্নস্থ মৃত্তিকার বিভিন্ন স্তরসমূহের অনুভূমিক দিকের তারতম্যের উপর নির্ভর করে। যখন ভূ-অভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন স্তরের বৈশিষ্ট্যাদিতে বড় ধরনের কোন পরিবর্তন থাকে, সে ক্ষেত্রেই সুবিস্তৃত উদঘাটন কার্যক্রম সম্পাদন করতে হয়।

নিচে কয়েকটি ক্ষেত্রের জন্য উদঘাটনের পরিমাণ উল্লেখ করা হল ঃ

১। কম গুরুত্বপূর্ণ ইমারতের জন্য প্রস্তাবিত ইমারতের কেন্দ্র বরাবর একটি বোর হোল (Bore hole) বা ট্রায়াল পিট (Trial pit)-ই যথেষ্ট।

২। মোটামুটি ০.৪ হেক্টরের মত জায়গায় বিস্তৃত বৃহৎ ইমারতের জন্য কমপক্ষে ৫টি বোর হোল করতে হবে। (চার কোনায় চারটি কেন্দ্রে একটি)

৩। বৃহৎ বহুতলবিশিষ্ট ইমারতের জন্য সকল কোনায় এবং গুরুত্বপূর্ণ স্থানে বোর হোল করতে হবে। বোর হোলগুলো ১০ মিটার হতে ৩০ মিটার দূরে দূরে গুরুত্ব অনুযায়ী করতে হবে।

৪। জনপথের ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় রেখা বা ডিস রেখায় (ditch line) ১৫০—৩০০ মিটার পর পর উদঘাটন করতে হবে। (ক্ষেত্র বিশেষে ৩০ মিটার পর পর করতে হবে)

৫। কংক্রিটের বাঁধের ক্ষেত্রে সাধারণত বোর হোল ৪০—৮০ মিটার পর পর করতে হয়।

৭.৫ উদঘাটনের উন্মুক্ত খনন প্রক্রিয়া (Open Excavation Methods of Exploration) ঃ

নিচে ভূ-স্তর উদঘাটনের উন্মুক্ত খনন প্রক্রিয়া সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হল ঃ

গর্ত এবং পরিখা খনন ঃ এ পদ্ধতিতে সরাসরি কোদাল ও শাবলের সাহায্যে নির্ধারিত স্থানে ২ মিঃ x ২ মিঃ বর্গাকার বা ২ মিঃ ব্যাসের গর্ত বা কূপ খনন করা হয়। সাধারণত ৩ হতে ৬ মিটার গভীরতায় এ ধরনের গর্ত খনন করা হয়ে থাকে। ৩ মিটার পর্যন্ত গভীরতার জন্য সচরাচর সিটিং ও ব্রেসিং (Sheeting & Bracing) করতে হয় না। ভূনিম্নস্থ পানি তল উপরে থাকলে এবং পাড়ের মাটি ভেঙ্গে পড়বার সম্ভাবনা থাকলে সিটিং ও ব্রেসিং প্রক্রিয়ায় পার্শ্বের মাটি ঠেস দিয়ে রাখতে হয়।

পরিখাগুলো সংকীর্ণ গর্তের মত। এগুলো প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্যে খনন করা হয়। ঢালবিশিষ্ট ভূতলের জন্য গর্তের চেয়ে পরিখা খনন সহজতর। এ পদ্ধতিতে সরাসরি মৃত্তিকার বিভিন্ন স্তরের ধরন, অবস্থান ও গুরুত্ব জানা যায় এবং অক্ষত ও বিক্ষত (Undisturbed & disturbed) উভয় ধরনের মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহ করা যায়।

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, ড্রিফট সেপটস্‌ও উন্মুক্ত খনন প্রক্রিয়ায় করা হয়। তবে এগুলো খুবই ব্যয়বহুল। তাই বিশেষ ক্ষেত্র ব্যতীত এগুলোর তেমন ব্যবহার দেখা যায় না।

৭.৬ অগার বোরিং, ওয়াশ বোরিং, রোটারি ড্রিলিং, পারকাশ্‌ন্‌ ড্রিলিং ও কোর বোরিং (Auger Boring, Wash Boring, Rotary Drilling, Percussion Drilling & Core Boring) ঃ

যখন ভূ-স্তর উদঘাটনের গভীরতা অধিক হয় তখন ড্রিলিং এর মাধ্যমে ভূ-স্তরে বোর হোল (Bore hole) করে প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা মৃত্তিকা সংগ্রহের মাধ্যমে ভূ-স্তর সংক্রান্ত বিভিন্ন তথ্যাদি সংগ্রহ করা হয়। মৃত্তিকার ধরন, বোরিং এর উদ্দেশ্য ইত্যাদির উপর ভিত্তি করে নিম্নোক্ত পদ্ধতিগুলো ভূ-স্তর ছিদ্রকরণে ব্যবহৃত হয় ঃ

১। অগার বোরিং (Auger Boring)

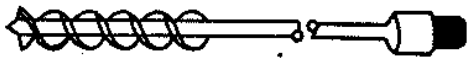
২। ওয়াশ বোরিং (Wash Boring)

৩। রোটারি ড্রিলিং (Rotary Drilling)

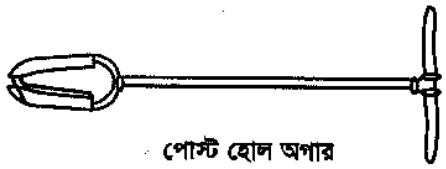
৪। পারকাশ্‌ন্‌ ড্রিলিং (Percussion Drilling)

৫। কোর বোরিং (Core Boring)।

অগার বোরিং (Auger Boring) ঃ অগার একটি ছিদ্রকরণের যন্ত্র। এটির সাথে কাঠমিস্ত্রির কাঠ ছিদ্র করার 'অগার' এর সাদৃশ্যতা আছে। অগারের সাহায্যে ছিদ্র করে মৃত্তিকা স্তর উদঘাটনের প্রক্রিয়াকে অগার বোরিং (Auger Boring) বলা হয়। অগার যান্ত্রিক বা হস্তচালিত হতে পারে। হস্তচালিত অগারের ব্যাস ১৫ সেমি. হতে ২০ সেমি. এবং এটা নরম মৃত্তিকার ৩ হতে ৬ মিটার গভীরতায় ছিদ্রকরণের উপযোগী। হস্তচালিত অগার দু' প্রকার, যথা ঃ হেলিক্যাল অগার (Helical Auger) ও পোস্ট হোল অগার (Post hole auger)।



হেলিক্যাল অগার

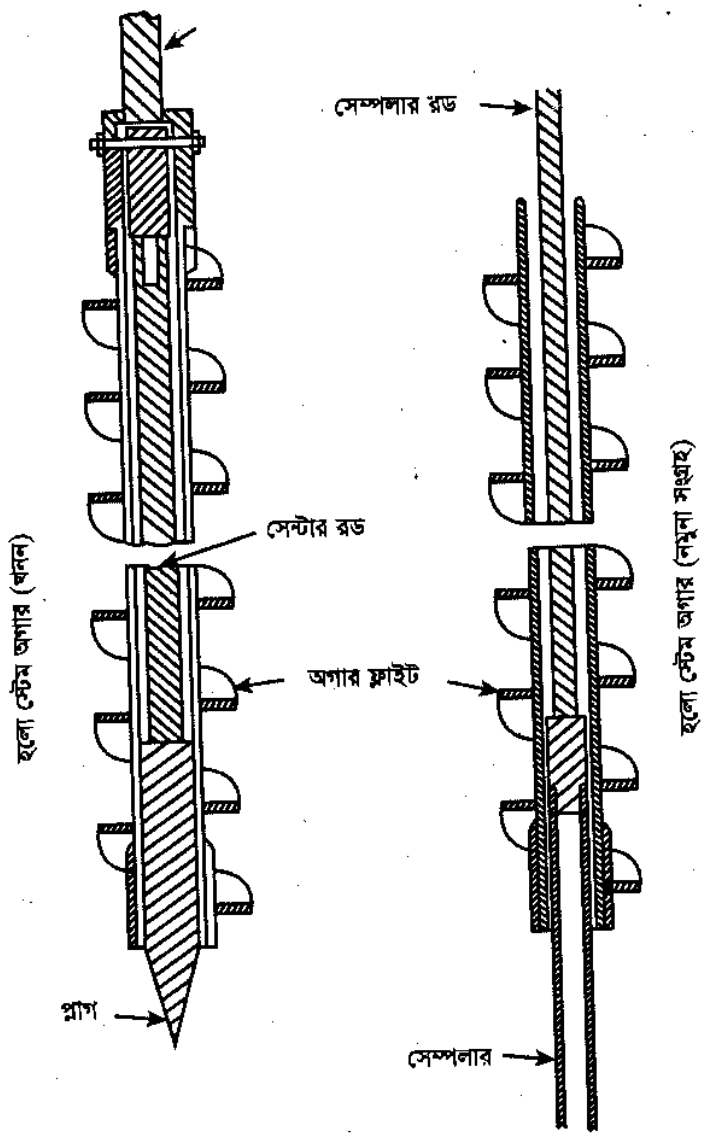


পোস্ট হোল অগার

চিত্র ঃ ৭.৬

(চিত্র ঃ ৭.৬) ৮ সেমি. হতে ৩০ সেমি. ব্যাসের হেলিক্যাল অগার অপেক্ষাকৃত শক্ত মাটিতে ছিদ্রকরণের যন্ত্র দ্বারা পরিচালিত করা যেতে পারে। শক্ত মাটি ছিদ্রকরণে যন্ত্রচালিত অগার ব্যবহৃত হয়। যন্ত্রচালিত অগারের মধ্যে হলো স্টেম (Hollow Stem) অগারই সচরাচর ব্যবহৃত হয়। (চিত্র ঃ ৭.৬ক)

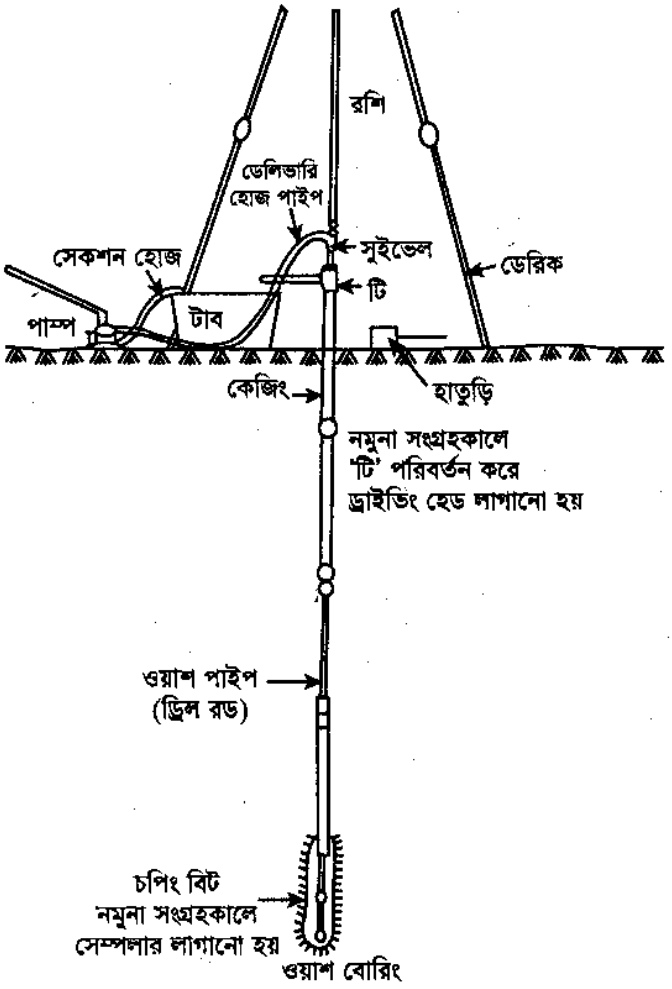
অগারের সাহায্যে ছিদ্র করার সময় প্রায় এক মিটার লম্বা একটি শক্ত ধাতব দণ্ডের মাথায় অগার লাগানো হয়। দণ্ডের অপর প্রান্তে হাতল দণ্ড লাগিয়ে চেপে দু' হাতে ঘুরিয়ে অগার মৃত্তিকায় প্রবেশ করানো হয়। এক দণ্ড সমান গভীরতায় পৌছার পর দণ্ডের মাথায় আরেকটি দণ্ড (দণ্ডের মাথায় দণ্ড লাগানোর ব্যবস্থা থাকে) লাগিয়ে পূর্বের ন্যায় ছিদ্রকরণের কাজ চালাতে হয়। এভাবে নির্দিষ্ট সংখ্যক দণ্ড সংযোগ করে নির্দিষ্ট গভীরতা পর্যন্ত পৌছানো হয়। ছিদ্রকরণ কালে বড় আকৃতির বোল্ডার বা অন্য কোন অবাঞ্ছিত পাথর পড়লে অগার বোরিং করা যায় না। ছিদ্রকরণ কালে প্রতি ১.৫ মিঃ হতে ২.০০ মিঃ অন্তর অন্তর নমুনা মৃত্তিকা সংগ্রহ করতে হয়। নমুনা সংগ্রহকালে দণ্ডের প্রান্ত হতে অগার খুলে সংগ্রাহক (Sampler) সংযুক্ত করে নিতে হয়। সাধারণত প্রতি স্তরে একটি বিক্ষত (Disturbed) ও একটি অক্ষত (Undisturbed) নমুনা সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ঃ ৭.৬ (ক)

এ প্রক্রিয়া জনপথ, রেলপথ ও বিমানবন্দরের ভূ-স্তর তদন্তের জন্য বিশেষ উপযোগী। এ প্রক্রিয়া একটি মিতব্যয়ী প্রক্রিয়া এবং এটিতে কাজের গতিও দ্রুততর। এ প্রক্রিয়ার প্রধান অসুবিধা এই যে, এতে নমুনা মৃত্তিকা বিক্ষত হয়।

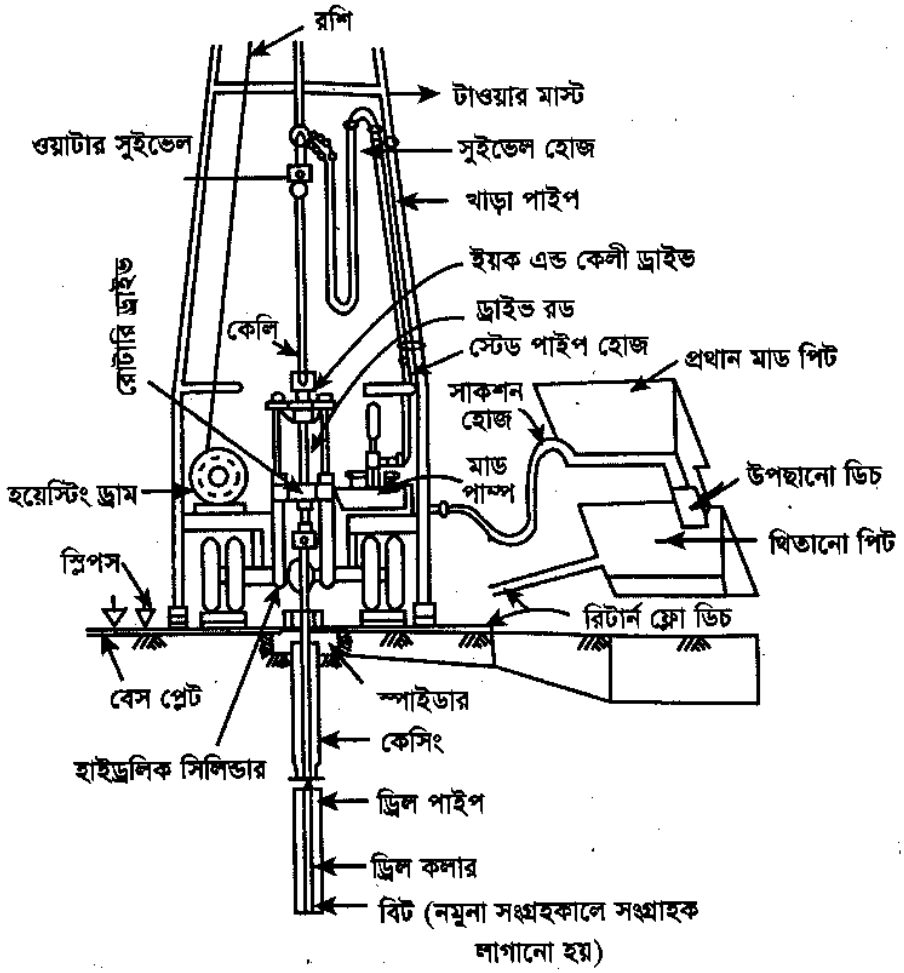
ওয়াশ বোরিং (Wash Boring) ঃ এ পদ্ধতিতে ছিদ্রকরণের স্থানে প্রথমে একটি ২ মি. হতে ৩ মি. লম্বা, ৫ সেমি. হতে ৭ সেমি. ব্যাসের কেসিং পাইপ (Casing pipe) হাতুড়ির সাহায্যে পিটিয়ে উল্লম্বভাবে ভূ-স্তরের মৃত্তিকায় প্রবেশ করাতে হয়।



চিত্র ঃ ৭.৬ (খ)

এরপর নিম্নপ্রান্তে চপিং বিট সংযুক্ত ওয়াশ পাইপ কেইসিং পাইপের ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। ওয়াশ পাইপের উপরের প্রান্তে একটি পাম্পের সরবরাহকারী হোজ পাইপ সুইভেল জোড়ার মাধ্যমে সংযোগ দেয়া হয় এবং কেসিং পাইপের উপর একটি ত্রিকোণাকার মাচা তৈরি করে হোজ পাইপসহ ওয়াশ পাইপ উল্লম্বভাবে রশির সাহায্যে স্থাপন করা হয়। ফলে ওয়াশ পাইপকে রশির সাহায্যে ইচ্ছামত কেসিং এর ভিতরে উঠানো-নামানো যায় এবং সুইভেল জোড়ায় সংযুক্ত থাকায় প্রয়োজনে ঘুরানো যায় (চিত্র ঃ ৭.৬ খ)। কেসিং পাইপের মুখে একটি T ফিটিং লাগানো থাকে এবং T এর এক মুখ খোলা থাকে। পাম্প হতে পানি সজোরে হোজ পাইপের মাধ্যমে ওয়াশ পাইপে সরবরাহ করা হয়। সরবরাহকৃত পানি ওয়াশ পাইপের ভিতর দিয়ে সজোরে প্রবাহিত হয়ে চপিং বিটের ছিদ্রপথে এটির নিম্নস্থ মৃত্তিকা তলে আঘাত হানে এবং মৃত্তিকার কণাগুলোকে নরম করে। এ পানি মৃত্তিকা কণাসহ বোরিং পাইপের ভিতর দিয়ে উপরে উঠে আসে এবং T এর খোলা মুখ দিয়ে নির্গত হয়। নিচের মৃত্তিকা মিশ্রিত পানি অপসারণের ফলে ওয়াশ পাইপটি মাটির গভীরে প্রবেশ করে। পানির চাপে ছিদ্র করা হয় বিধায় এ পদ্ধতিটি বালি ও কাদায় গঠিত মৃত্তিকাস্তর ছিদ্রকরণের জন্য উপযোগী। এ পদ্ধতিতে নমুনা মৃত্তিকা সংগ্রহের জন্য ওয়াশ পাইপের নিম্নপ্রান্তের চপিং বিট খুলে স্পিলিট স্পুন সেম্পলার সংযোগ করতে হয়। এ পদ্ধতিতে সংগৃহীত নমুনা মৃত্তিকার প্রকৃত অবস্থা প্রদর্শন করে না। তাই উক্ত নমুনার বাস্তব ব্যবহার খুবই কম। তবে এ পদ্ধতিটি অন্যান্য ছিদ্রকরণ প্রক্রিয়ায় সহায়ক হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এ পদ্ধতিতে কাজ করার জন্য চিত্রে উদ্ধৃত যন্ত্রপাতি ছাড়াও কোদাল, শাবল, বালতি ইত্যাদির দরকার হয়। প্রাথমিক পর্যায়ে কেসিং পাইপ মৃত্তিকার প্রবেশ করানোর জন্য ড্রফ হ্যামার ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

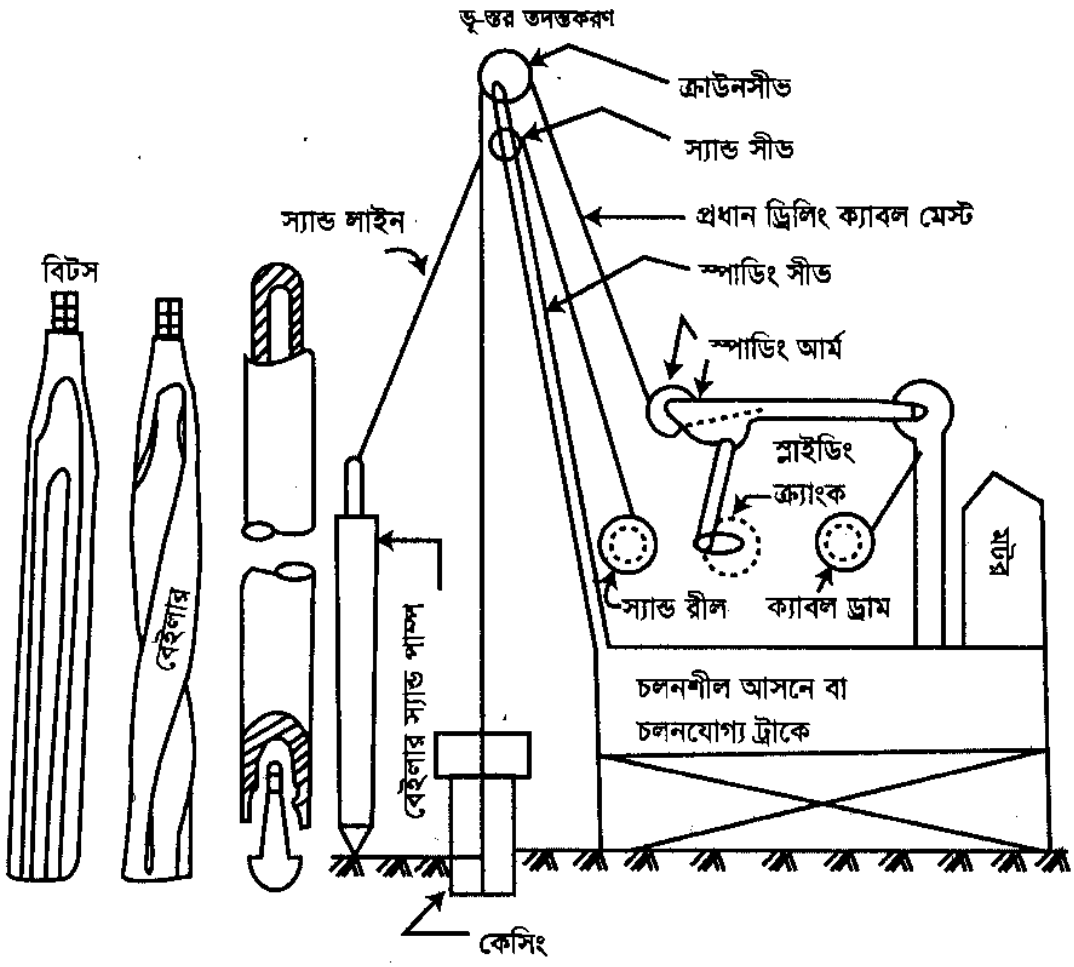
রোটারি ড্রিলিং (Rotary Drilling) ঃ এ পদ্ধতিতে ফাঁপা ড্রিলিং রডের নিম্নপ্রান্তে কাটিং বিট (Cutting bit) সংযুক্ত থাকে এবং এটার ঘূর্ণনের ফলে নিচের মৃত্তিকা কেটে দেয়। ড্রিল রড যান্ত্রিক উপায়ে ঘুরানো হয় এবং এটির ভিতর দিয়ে খুব চাপে ড্রিলিং ফ্লুইড প্রবাহিত করা হয়। ফলে কাটিং বিটে কর্তিত মৃত্তিকা ফ্লুইডের সাথে গর্তের পৃষ্ঠ ও ড্রিলিং রডের মধ্যবর্তী পথে ভূ-পৃষ্ঠে উঠে আসে। (চিত্র ঃ ৭.৬ গ) চিত্রে রোটারি ড্রিলিং রিগ এর বিভিন্নাংশ দেখানো হল। এ পদ্ধতিতে নমুনা সংগ্রহের জন্য ড্রিলিং বিট খুলে তার স্থলে সেম্পলার সংযুক্ত করা হয়। বালি, কাদা ও পাথুরে মৃত্তিকার ক্ষেত্রে এ পদ্ধতি ব্যবহার করা যায়।



চিত্র ঃ ৭.৬ (গ) রোটারি ড্রিলিং রিগ

পারকাশন ড্রিলিং (Percussion Drilling) ঃ এ পদ্ধতি শক্ত পাথর, বোল্ডার এবং অন্যান্য শক্ত মৃত্তিকা স্তর ছিদ্রকরণে ব্যবহৃত হয়। এ পদ্ধতিতে একটি ভারী চিজেল (Chisel) বা ড্রিলিং বিট (Drilling Bit) কে পর্যায়ক্রমে উত্তোলন ও পতনের মাধ্যমে মৃত্তিকা স্তরে গর্ত করা হয়।

ছিদ্রকৃত মৃত্তিকা স্তর পানি সমতার উপরে হলে গর্তে পানি দিয়ে খণ্ডিত বিখণ্ডিত চূর্ণীকৃত সামগ্রীকে সেন্ড বেইলারের সাহায্যে প্রয়োজনে অপসারণ করা হয়। এ পদ্ধতির প্রধান অসুবিধা এই যে, এতে ভারী চিজেলের বারবার পতনের ফলে এটির নিচের মৃত্তিকা বিক্ষত হয় এবং এটি খুব ব্যয়বহুল। নিচে এটিতে ব্যবহৃত রিগের চিত্র (চিত্র ঃ ৭.৬ ঘ) দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ ৭.৬ (ঘ)

কোর বোরিং (Core Boring) ঃ এ পদ্ধতি ছিদ্রকরণ ও রক কোর (Rock Core) সংগ্রহের জন্য করা হয়। এটিতে ড্রিলিং রডের ভিতর কোর ব্যারেলের সাথে ড্রিলিং বিট সংযুক্ত থাকে। ড্রিলিং রডের ঘূর্ণনের ফলে ড্রিলিং বিট আস্ত কোর কেটে দেয় এবং উত্তোলকের সাহায্যে কোর উত্তোলন করে নেয়া হয়। ড্রিলিং বিটকে ঠাণ্ডা রাখার জন্য এবং কর্তিত কণাগুলো অপসারণের জন্য এটিতে পাম্পের সাহায্যে সার্বক্ষণিক পানি সরবরাহ করা হয়।

৭.৭ নমুনা মৃত্তিকার ধরন (Types of Soil Sample) ঃ

পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে ভূনিম্নের বিভিন্ন গভীরতায় মৃত্তিকার গঠন কাঠামো, উপাদান ও এর আনুপাতিক হার, পানি ধারণ মাত্রা ও অন্যান্য বৈশিষ্ট্যাদি কোন নিয়মতান্ত্রিক সীমায় গঠিত নয়। তাই একস্থানের ভূনিম্নের নির্দিষ্ট গভীরতার মৃত্তিকার সাথে পার্শ্বস্থ স্থানের ঐ গভীরতার মৃত্তিকার সাদৃশ্য বা বৈসাদৃশ্য থাকাই স্বাভাবিক। তাই কোন প্রকল্প এলাকার বিভিন্ন স্থানের বিভিন্ন গভীরতার মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহ করে মৃত্তিকার কাঙ্ক্ষিত বৈশিষ্ট্যাদি সম্পর্কে জানতে হয়।

কোন স্থানে ভূনিম্নস্থ কোন নির্দিষ্ট গভীরতার মৃত্তিকার কাঙ্ক্ষিত ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য জানার উপযোগী এবং উপাদানসমূহ ও এগুলোর আনুপাতিক হার অক্ষুণ্ন রেখে সংগৃহীত নমুনাকে ঐ স্থানের ঐ গভীরতার মৃত্তিকার প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা (representative sample) বলা হয়। এ জাতীয় নমুনা হতে মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস, যান্ত্রিক বিশ্লেষণ, এটার বর্গসীমা, মৃত্তিকার কঠিনাংশের ঘনত্ব, কার্বনেট এর মাত্রা, জৈব পদার্থের উপস্থিতি ইত্যাদি সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়। প্রকারান্তে কোন নমুনা সংগ্রহ বা উত্তোলনকালে যদি মূল মৃত্তিকার উপাদান বা এগুলোর আনুপাতিক হারে ভিন্নতা বা তারতম্য ঘটে, তবে ঐ নমুনাকে অপ্রতিনিধিত্বকারী নমুনা বলা হয়।

ভূ-স্তর উদঘাটনের মাধ্যমে নমুনা মৃত্তিকা পাওয়া যায় এবং এগুলোর মাধ্যমে মৃত্তিকার প্রকৌশলগত বৈশিষ্ট্যাদি নিরূপণ করা হয়। নমুনা সংগ্রহের কাঙ্ক্ষিত উদ্দেশ্য সম্পাদনের উপযোগিতার উপর ভিত্তি করে প্রতিনিধিত্বকারী মৃত্তিকার নমুনাকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা ঃ

১। বিক্ষত নমুনা (Disturbed Sample)

২। অক্ষত নমুনা (Undisturbed Sample)।

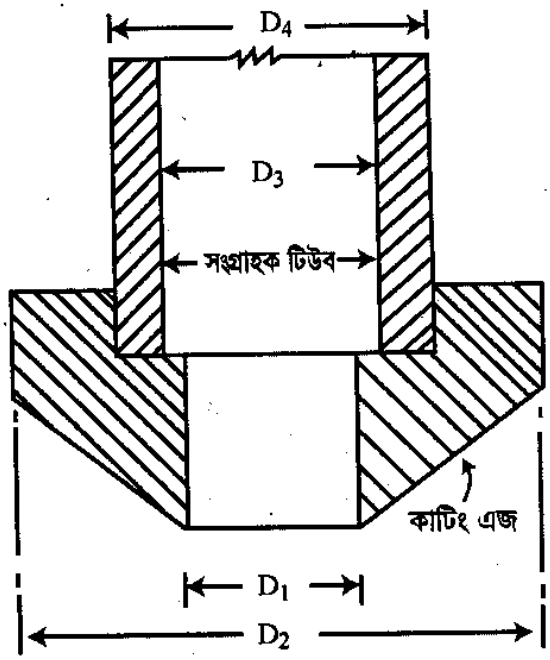
১। বিক্ষত নমুনা (Disturbed Sample) ঃ যে নমুনায় মৃত্তিকার প্রাকৃতিক অবস্থা, গঠন কাঠামো, জলীয় কণার মাত্রা ইত্যাদি বিক্ষত হয়, ঐ নমুনাকে বিক্ষত নমুনা বলা হয়। তবে এ জাতীয় নমুনায় মৃত্তিকার উপাদানে কোন ভিন্নতা ঘটে না। এ জাতীয় নমুনা সূচক ধর্মাবলি যেমন– মৃত্তিকা কণার আকার-আকৃতি, আপেক্ষিক গুরুত্ব ও নম্যতা বৈশিষ্ট্য ইত্যাদি নির্ণয়ে ব্যবহার করা যায়।

২। অক্ষত নমুনা (Undisturbed Sample) ঃ এ জাতীয় নমুনায় মৃত্তিকার উপাদান, প্রাকৃতিক গঠন কাঠামো, জলীয়াংশের পরিমাণে কোন তারতম্য ঘটে না। এ জাতীয় নমুনায় মৃত্তিকার প্রাকৃতিক অবস্থানের ভৌতিক, যান্ত্রিক ধর্মাবলি, স্বচ্ছিদ্রতা, গ্রথন শৈলী, জলীয়কণা অবিকৃত থাকে। সত্যি কথা বলতে কোন মৃত্তিকা নমুনাই অক্ষত নয়। কেননা একখণ্ড মৃত্তিকা যেভাবেই তার অবস্থান হতে উঠানো হউক না কেন এটিতে পীড়নের পরিবর্তন ঘটবেই। কাজেই অক্ষত ও বিক্ষত শব্দদ্বয় আপেক্ষিক শব্দ। অক্ষত নমুনা মৃত্তিকা এটির প্রকৌশল ধর্মাবলি যেমন– চাপ সহনীয়তা, শিয়ার স্ট্রেংথ, ভেদ্যতা, সংকোচন সীমা ইত্যাদি নিরূপণে ব্যবহৃত হয়।

নমুনার বিঘ্নতায় প্রভাব বিস্তারকারী ডিজাইন ফীচারস্ (Design Features Affecting the Sample Disturbance) ঃ

নিম্নোক্ত ডিজাইন ফীচারস্ এর উপর মৃত্তিকা নমুনার বিঘ্নতা বা অক্ষততা নির্ভর করে।

(ক) ক্ষেত্রফল অনুপাত (Area Ratio) ঃ কাটিং এজ (Cutting Edge) এর প্রস্থচ্ছেদের সর্বোচ্চ ক্ষেত্রফলের (A_C) সাথে নমুনা মৃত্তিকার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের (A_S) অনুপাতকে ক্ষেত্রফল অনুপাত (A_r) বলা হয়।



চিত্র ঃ ৭.৭ক

অর্থাৎ $A_r = \frac{A_c}{A_s}$, (চিত্র ঃ ৭.৭ক)

$$= \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1^2} \times ১০০$$

ভালমানের অক্ষত নমুনার জন্য ক্ষেত্রফল অনুপাত ১০% বা তার কম হবে।

(খ) ইনসাইড ক্লিয়ারেন্স (Inside Clearance) ঃ ইনসাইড ক্লিয়ারেন্সের (C_i) জন্য নিম্নের সমীকরণটি ব্যবহৃত হয়। (চিত্র ঃ ৭.৭ক)

$$C_i = \frac{D_3 - D_1}{D_1} \times ১০০$$

যখন নমুনা টিউবের মধ্যে প্রবেশ করে, তখন স্থিতিস্থাপক সম্প্রসারণের জন্য ইনসাইড ক্লিয়ারেন্সের দরকার হয়। এটি নমুনায় ঘর্ষণজনিত প্রভাব হ্রাস করে। অক্ষত নমুনার জন্য ইনসাইড ক্লিয়ারেন্স শতকরা ০.৫ হতে ৩ এর মধ্যে হওয়া উচিত।

(গ) আউটসাইড ক্লিয়ারেন্স (Outside Clearance) ঃ আউট সাইড ক্লিয়ারেন্সের (C_o) জন্য নিম্নের সমীকরণটি ব্যবহৃত হয়।

$$C_o = \frac{D_2 - D_4}{D_4} \times ১০০$$

ড্রাইভিং ফোর্স কমানোর জন্য আউট সাইড ক্লিয়ারেন্স যথাসম্ভব কম হওয়া উচিত। স্বাভাবিক ক্ষেত্রে এটার মান ০% হতে ২% এর মধ্যে হয়ে থাকে।

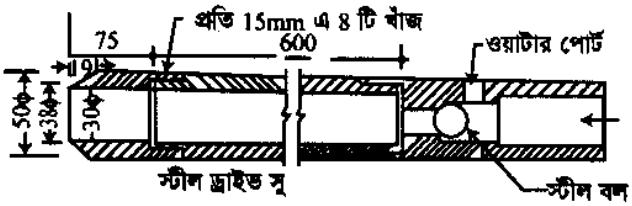
(ঘ) অন্তদেয়ালে ঘর্ষণ (Inside Wall Friction) ঃ সংগ্রাহকের (Sampler) অন্তঃপৃষ্ঠের ঘর্ষণে মৃত্তিকা নমুনায় বিঘ্নতা সৃষ্টি করে। তাই এটির অন্তঃপৃষ্ঠ মসৃণ হওয়া উচিত। সংগ্রাহককে ব্যবহারের পূর্বে তৈলে নিমজ্জিত করে নিলে ঘর্ষণের মাত্রা হ্রাস পাবে।

(ঙ) নন-রিটার্ন ভাল্ব (Non-return Valve) ঃ সংগ্রাহকের নন-রিটার্ন ভাল্ব উত্তমরূপে ডিজাইন করতে হবে যেন সংগ্রাহক মৃত্তিকায় প্রবেশ করানো কালে বাতাস, পানি ও স্লারি দ্রুত নির্গত হতে পারে এবং সংগ্রাহক উঠানোর সাথে সাথে বন্ধ হয়ে যায়। নতুবা বাতাস, পানি ও স্লারি নমুনার উপর প্রভাব ফেলবে এবং খোলা থাকলে বায়ুর উপস্থিতিতে পানির পরিমাণ হ্রাস করবে।

(চ) নমুনা সংগ্রহকালে সংগ্রাহকে প্রয়োগকৃত বল ও প্রবেশের মাত্রার উপর নমুনার অক্ষততা বহুলাংশে প্রভাবিত হয়। তাই সংগ্রাহককে পুস (Push) করে নমুনা সংগ্রহ করলে অক্ষত নমুনা পাওয়া যাবে।

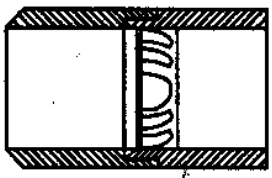
৭.৮ স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার, স্প্রিং কোর কেচার, স্ক্রেপার বাকেট এবং পিস্টন সেম্পলার (Split Barrel Sampler, Spring Core Catcher, Scraper Bucket & Piston Sampler) ঃ

স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার ঃ সচরাচর ব্যবহৃত নমুনা সংগ্রাহকের মধ্যে স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার অন্যতম। এটি মূলত তিনটি অংশ নিয়ে গঠিত– (ক) ড্রাইভিং সু (Driving Shoe) (খ) লম্বালম্বিভাবে চেরাইকৃত সিলিন্ডার আকৃতির টিউব (গ) উপরের প্রান্তের কাপলিং (ড্রিলিং রড সংযোগ দেয়ার জন্য)। কাপলিং হেডে একটি চেক ভালভ (Check valve) এবং চারটি ১০ মিঃ মিঃ ব্যাসের ছিদ্র থাকে (চিত্র ঃ ৭.৮ক)। স্ট্যান্ডার্ড পেনিট্রেশন পরীক্ষায় (S.P.T) মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রাহক হিসেবেও এটি ব্যবহৃত হয়। এ সেম্পলারে নমুনা সংগ্রহের পর উঠিয়ে এনে কাপলিং হেড এবং ড্রাইভিং সু খুলে ফেলা হয়। এরপর প্রান্তদ্বয় ক্যাপের সাহায্যে বন্ধ করার পর মোমে আবৃত করে গবেষণাগারে পরীক্ষার জন্য প্রেরণ করা হয়। সাধারণত সংশক্তি প্রবণ মৃত্তিকায় নমুনা সংগ্রহে এটি ব্যবহৃত হয়। অনেক সময় সংগ্রহ ক্ষেত্রেই সেম্পলার হতে নমুনা বের করে পানি ও বায়ু অপ্রবেশ্য পাত্রে নিয়ে উত্তমরূপে সীল করে গবেষণাগারে প্রেরণ করা হয়।



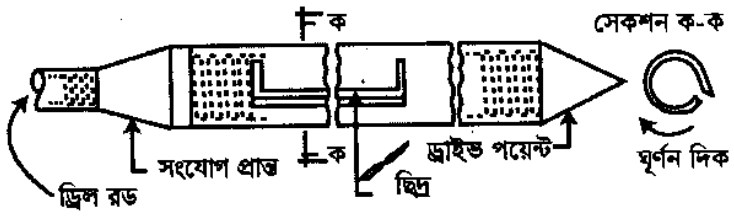
চিত্র ঃ ৭.৮(ক)

স্প্রিং কোর কেচার ঃ যদি বোর হোলের নমুনা মৃত্তিকা সূক্ষ্মদানার বালি হয় এবং এটা ভূনিম্নস্থ পানি সমতার নিচ হতে সংগ্রহ করতে হয়, তবে এ ধরনের মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহের জন্য স্প্রিং কোর কেচার (Spring Core Catcher) সংগ্রাহক ব্যবহার করতে হয়। (চিত্র ঃ ৭.৮ খ)। এক্ষেত্রে স্প্রিং কোর নমুনা সংগ্রহকালে নমুনাকে ব্যারেলে প্রবেশ করতে দেয়। কিন্তু উত্তোলন কালে ব্যারেলে সংগৃহীত নমুনা পড়ে যেতে দেয় না।



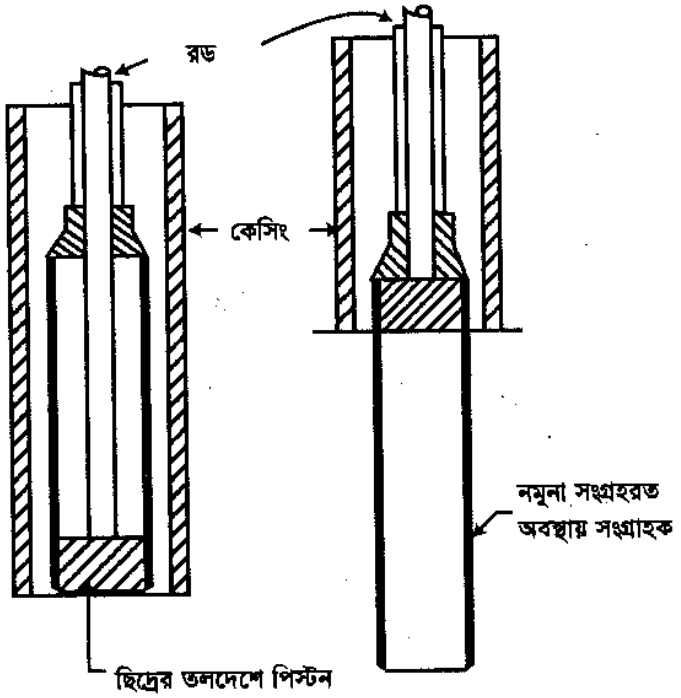
চিত্র ঃ ৭.৮ (খ)

ক্রেপার বাকেট ঃ যদি কোর হোলের মৃত্তিকা বালি হয় এবং বালির সাথে পেভেল থাকে তবে স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার বা স্প্রিং কোর কেচার সংগ্রাহকের মাধ্যমে নমুনা সংগ্রহ করা সম্ভব হয় না। কেননা পেভেল নমুনা প্রবেশের পথে প্রতিবন্ধক হয়। এ ক্ষেত্রে নমুনা সংগ্রহের জন্য ক্রেপার বাকেট সেম্পলার ব্যবহৃত হয় (চিত্র ঃ ৭.৮ গ)। এ জাতীয় সংগ্রাহকের নিম্ন প্রান্তে ড্রাইভিং পয়েন্ট থাকে এবং সংগ্রাহকের উপরের অংশে একটি খাড়া ফাঁড়া (Slit) থাকে। যখন সংগ্রাহক ঘূর্ণনরত অবস্থায় থাকে তখন উক্ত ফাঁড়ার ভিতর দিয়ে নমুনা মৃত্তিকা সংগ্রাহকে প্রবেশ করে। যদিও বিক্ষত নমুনা পাওয়া যায় তবুও এটি প্রতিনিধিত্বমূলক নমুনা। এটা সংশক্তিহীন সম্পৃক্ত মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহে ব্যবহার করা যায়।



চিত্র ঃ ৭.৮ (গ)

পিস্টন সেম্পলার ঃ এ জাতীয় সংগ্রাহকে একটি টিউবের ভিতরে পিস্টন থাকে (চিত্র ঃ ৭.৮ ঘ)। সংগ্রাহক বোর হোলের নিম্নপ্রান্তে স্পর্শ করার পূর্ব পর্যন্ত পিস্টনটি সেম্পলারে নিম্নতলাকে স্পর্শ করে রাখা হয়। সংগ্রাহক টিউবটি নমুনা সংগ্রহের সময় পিস্টনটি নমুনার উপরের পৃষ্ঠ স্পর্শ করে উপরের দিকে উঠে আসে। নরম ও স্পর্শকাতর মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহে এ জাতীয় সেম্পলার ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ঃ ৭.৮ (ঘ)

৭.৯ আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা (Standard penetration test) ঃ

আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা একটি ইনসিটু (in situ) পরীক্ষা। যে সব সংশক্তিহীন মৃত্তিকায় সেম্পল নেয়া কষ্টকর, ঐ সকল ক্ষেত্রে এ পরীক্ষা বিশেষ উপযোগী। এর সাহায্যে সংশক্তিহীন মৃত্তিকার আপেক্ষিক ঘনত্ব, শিয়ার প্রতিরোধের ক্ষমতা নিরূপণ করা যায়। এটির সাহায্যে শংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকার আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথও নিরূপণ করা যায়।

বোর হোল করা কালে ঈপ্সিত গভীরতায় এ পরীক্ষা করা হয়। এ নির্দিষ্ট গভীরতায় বোর হোল করার পর ড্রিলিং যন্ত্রপাতি খুলে সেম্পলার পাইপের প্রান্তে স্পিলিট স্পুন সেম্পলার সংযুক্ত করে সেম্পলারটিকে বোর হোলের তলদেশ পর্যন্ত পৌছানো হয়। সেম্পলার বোর হোলের তলদেশে স্পর্শ করার পর পাইপের উপরের প্রান্তে ৬৫ কেজি ওজনের ড্রফ হ্যামার ৭৫০ মিমি উপর হতে মিনিটে ৩০ বার ফেলা হয়। সেম্পলারের ১৫০ মিমি গভীরতায় পৌছাতে কতবার হ্যামারের ঘা (blow) দিতে হয় তা হিসেব করা হয়। এভাবে পরবর্তী ১৫০ মিমি এবং তৎপরবর্তী ১৫০ মিমি গভীরতায় পৌছানের জন্য ঘা এর সংখ্যা হিসেব করা হয়। প্রথম ১৫০ মিমি এর জন্য প্রাপ্ত ঘা সংখ্যা বাদ দেয়া হয় এবং পরবর্তী ৩০০ মিমি গভীরতার জন্য প্রাপ্ত ঘা (Blow) সংখ্যাকে পেনিট্রেশন সংখ্যা (N) বা পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স বলা হয়।

যদি ১৫০ মিমি গভীরতার জন্য ঘা সংখ্যা ৫০ এর বেশি হয়, তবে এটি গ্রহণযোগ্য নয় এবং পরীক্ষাটি পরিত্যাজ্য।

মৃত্তিকা স্তরে পানি তলের অবস্থান, দানার আকার, চাপিত অবস্থা, কনফাইনিং প্রেসার ইত্যাদি কারণ পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স 'N' কে প্রভাবিত করে। তাই সরজমিনে প্রাপ্ত পেনিট্রেশন নম্বর 'N_R' কে সংশোধন করে নেয়ার দরকার হয়। অভিজ্ঞতার আলোকে দেখা যায় যে, সাধারণত দু'ধরনের সংশোধনীর দরকার হয়, যথা ঃ

(ক) ডিলাটেন্সী সংশোধনী (Dilatancy Correction) ও

(খ) ওভারবার্ডেন সংশোধনী (Overburden Correction)।

(ক) ডিলাটেন্সী সংশোধনী (Dilatancy Correction) ঃ যেহেতু পানি তলের নিচের পলিমিশ্রিত বালি ও সূক্ষ্ম বালিতে ছিদ্রস্থিত পানির চাপ সৃষ্টি হয় এবং সহজে এর প্রভাব ও অপসারণ সম্ভব হয় না। ফলত এটি মাটিতে পেনিট্রেশন প্রতিরোধ করে এবং পেনিট্রেশন নম্বর 'N' এ প্রভাব ফেলে।

এক্ষেত্রে টারজাগি ও পেক (১৯৬৭) সূক্ষ্ম বালির ক্ষেত্রে 'N' এর মান 15 এর অধিক হলে নিচের সংশোধনের সুপারিশ করেন।

$$N_c = 15 + \frac{1}{2}(N_R - 15)$$

এখানে,

N_C = সংশোধিত 'N' এর মান।

N_R = সরজমিনে প্রাপ্ত 'N' এর মান।

(খ) ওভারবার্ডেন সংশোধনী (Overburden Correction) ঃ দানাদার মাটিতে ওভারবার্ডেন প্রেসার পেনিট্রেশন প্রতিরোধে প্রভাব ফেলে। যদি একই বৈশিষ্ট্যের ও আপেক্ষিক ঘনত্বের দুটি মাটি ভিন্ন ধরনের চাপে থাকে, তবে অধিক চাপে থাকা মাটিতে অধিক পেনিট্রেশন নম্বর পাওয়া যাবে। সংশক্তিহীন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে গভীরতা বৃদ্ধির সাথে সাথে পেনিট্রেশন নম্বর 'N' বেড়ে যায়। তাই কম গভীরতায় পেনিট্রেশন নম্বর 'N' কম হয় এবং অধিক গভীরতায় পেনিট্রেশন নম্বর 'N' বেশি হয়। তাই ওভারবার্ডেনের জন্য 'N' সংশোধন করতে হয়।

জিব্বস ও হোল্টজ (Gibbs & Holtz - 1957) আর্দ্র বা শুষ্ক বালির ক্ষেত্রে ওভারবার্ডেন এর জন্য নিম্নোক্ত সংশোধনীর সুপারিশ করেন।

$$N_C = N_R \times \frac{35}{\bar{\sigma} + 7}$$

(এ সমীকরণটি $\bar{\sigma}$ এর মান ২৮ টন/বর্গ মি. বা তার কম হলে প্রযোজ্য)

N_C = ওভারবার্ডেনের জন্য সংশোধিত N এর মান।

N_R = ডিলাটেন্সী সংশোধনের প্রাপ্ত N_c এর মান।

$\bar{\sigma}$ = কার্যকরী ওভারবার্ডের প্রেসার (টন/বর্গমিটার)

(এক্ষেত্রে $\frac{N_C}{N_R}$ = 0.45 হতে 2.0 হবে। যদি 2.0 এর অধিক হয় তবে মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয় কালে 2.00 দিয়ে ভাগ করে নিতে হবে।)

ধরা যাক, ভূ-তলের 3 মিটার গভীরে আদর্শ পেনিট্রেশন টেস্টে গড় পেনিট্রেশন নম্বর 19 পাওয়া গেল। টেস্ট চলাকালে পানিতল ভূ-তল হতে 2 মিটার নিচে ছিল। উক্ত স্থানে ভূমিতল হতে 3 মিটার গভীরে 2 মিটার প্রশস্ত স্ট্রিপ ফুটিং নির্মাণ করা হবে। (ক) ভিত্তি তলে ওভারবার্ডেন চাপ (খ) সংশোধিত পেনিট্রেশন সংখ্যা ও (গ) মাটির গ্রহণযোগ্য ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ মাটির আয়তনিক ওজন $1.75 t/m^3$ এবং সম্পৃক্ত ওজন $1.95\ t/m^3$

(ক) ভিত্তি তলে কার্যকরী ওভারবার্ডেন চাপ $= 1.75 \times 2 + 1.95 \times 1 - 1 \times 1$

$= 4.45\ t/m^2$

(খ) সংশোধিত পেনিট্রেশন সংখ্যা ঃ

ডিলাটেন্সীর জন্য সংশোধনী, $N_C = 15 + (N_R - 15)$

$= 15 + (19 - 15)$

$= 17$

ওভারবার্ডেন এর জন্য সংশোধনী, $N_C = N_R \left(\frac{35}{\bar{\sigma} + 7}\right)$

$= 17 \times \frac{35}{4.45 + 7}$

$= 52$

নির্ণেয় সংশোধিত পেনিট্রেশন সংখ্যা, $N = 52$

(গ) গ্রহণযোগ্য ভারবহন ক্ষমতা ঃ

$\frac{N_C}{N_R} = \frac{52}{19} = 2.74 > 2$

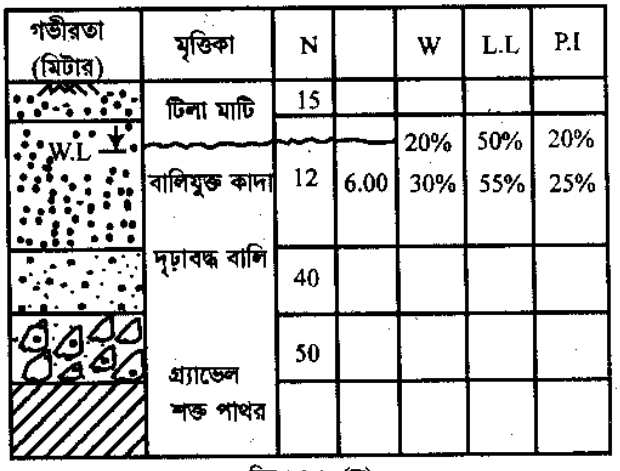
সুতরাং প্রাপ্ত মানের 50% নিতে হবে।

নির্ণেয় গ্রহণযোগ্য ভার বহন ক্ষমতা $= \frac{60}{2} = 30\ t/m^2$

৭.১০ ভূ-স্তর তদন্ত রিপোর্ট (Sub-surface Investigation Report) ঃ

ভূ-স্তর তদন্ত রিপোর্টে বোর হোলে প্রাপ্ত তথ্যাদি, প্রকল্প এলাকা পর্যবেক্ষণে প্রাপ্ত তথ্যাদি ও গবেষণাগারের ফলাফলের তথ্যাদি লেখতে হবে। এটির সাথে ক্ষেত্র অনুযায়ী ফলাফলের ভিত্তিতে উপযোগী ভিত্তির ধরন, মৃত্তিকার চাপ নেয়ার অনুমোদিত ক্ষমতা এবং গ্রহণযোগ্য সেটেলমেন্টের পরিমাণ উল্লেখ করতে হবে। এটিতে সংগৃহীত তথ্যাদির নির্ভুল ও পূর্ণাঙ্গ রেকর্ড লিপিবদ্ধ করতে হবে। প্রত্যেকটি বোর হোল শনাক্তকরণের জন্য কোন স্থায়ী বস্তু হতে এটির কৌণিক অথবা দূরত্বগত অবস্থিতির উল্লেখ করতে হবে। প্রত্যেকটি বোর হোলের বিভিন্ন গভীরতায় প্রাপ্ত বিভিন্ন তথ্যাদি উল্লেখ করতে হবে। এজন্য প্রয়োজনীয় বোরিং লগ ব্যবহার করতে হবে। এটি ছাড়াও কার্যক্ষেত্রে প্রাপ্ত তথ্যাদি যেমন– আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষার ফলাফল, কন্সিসটেন্সী ইত্যাদি এবং আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ, কোন পেনিট্রেশন টেস্টের ফলাফল ইত্যাদিও বোরিং লগে উদ্ধৃত করতে হবে। গবেষণাগারের পরীক্ষার ফলাফল যেমন– সূচক ধর্মাবলি, কম্প্রেসিবিলিটি, শিয়ার স্ট্রেংথ, ভেদ্যতা ইত্যাদির তথ্যাদিও লিপিবদ্ধ করতে হবে।

লিপিবদ্ধ করার সুবিধার্থে নিচে একটি বোরিং লগের নমুনা দেয়া হল (চিত্র ঃ ৭.১০ক) ঃ

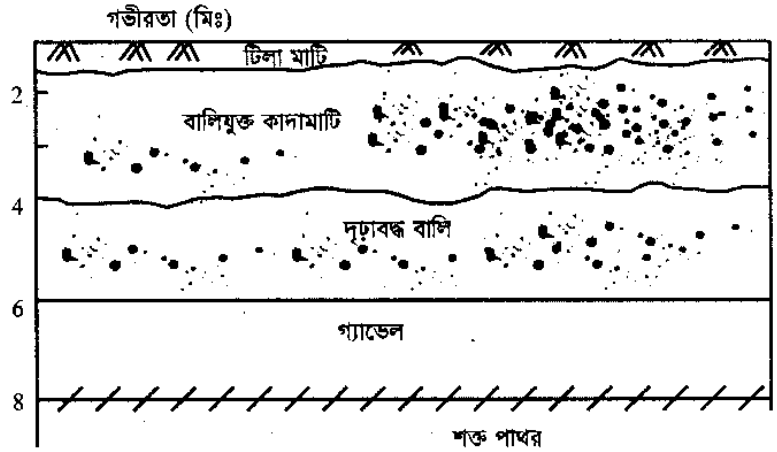


গভীরতা (মিটার)	মৃত্তিকা	N		W	L.L	P.I
	টিলা মাটি	15				
	বালিযুক্ত কাদা	12	6.00	20% 30%	50% 55%	20% 25%
	দৃঢ়াবদ্ধ বালি	40				
	গ্র্যাভেল	50				
	শক্ত পাথর					

চিত্র ঃ ৭.১০(ক)

বিভিন্ন বোর হোলের তথ্যাদির ভিত্তিতে স্তরের একটি ছেদিত দৃশ্য (Sub Surface Profile) এঁকে দিতে হবে। অবশ্য বোর হোলের সংখ্যা যত বেশি হবে ভূ-স্তরের ছেদিত দৃশ্য তত নিখুঁত হবে।

উপরের বোর হোলের উপর ভিত্তি করে একটি নমুনা ছেদিত দৃশ্য দেখানো হল (চিত্র ঃ ৭.১০খ) ঃ



চিত্র ঃ ৭.১০ (খ)

রিপোর্টে ফলাফল সংক্রান্ত আলোচনা লিপিবদ্ধ করতে হবে এবং উপসংহারে প্রাপ্ত মূলতত্ত্বাদি পেশ করতে হবে। একটি ভূ-স্তর তদন্ত রিপোর্ট নিম্নের তথ্যাদি সম্বলিত হওয়া বাঞ্ছনীয়।

(i) সূচনা - এটিতে থাকবে তদন্তের উদ্দেশ্য ও আওতা।

(ii) প্রস্তাবিত এলাকার ভৌগোলিক অবস্থানসহ কাঠামোর বর্ণনা।

(iii) বিস্তারিত উদঘাটন কর্মসূচি–বোর হোলের সংখ্যা, স্থান ও গভীরতা।

(iv) উদঘাটন পদ্ধতির বিস্তারিত বিবরণ।

(v) প্রকল্প ক্ষেত্রে বিভিন্ন পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলের বিবরণ (আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা, কোণ পেনিট্রেশন পরীক্ষা ইত্যাদি)।

(vi) প্রকল্প এলাকা হতে সংগৃহীত নমুনার গবেষণাগারে পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলের বিস্তারিত বিবরণ।

(vii) ভূনিম্নস্থ পানি সমতার অবস্থান ও এর পরিবর্তন সংক্রান্ত তথ্যাদির বিবরণ।

(viii) বিভিন্নভাবে প্রাপ্ত তথ্যাদি ও ফলাফলের উপর বিস্তারিত আলোচনা।

(ix) মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা সম্পর্কে সিদ্ধান্ত, কাঠামোর ও ভিত্তির ধরন নির্বাচন।

(x) প্রাপ্ত মূল সিদ্ধান্তের বিস্তারিত আলোচনা (শুধুমাত্র মূল সিদ্ধান্তের উপর সীমিত)। তদন্তের সীমাবদ্ধতার (Limitations) দিকগুলোও আলোচনা করতে হবে।

রিপোর্টের সাথে প্রাপ্ত তথ্যাদির উপর সম্পাদিত সকল ধরনের (বোর গর্তের অবস্থান উদ্ধৃত সাইট প্ল্যান, বোর হোলের লগ, গবেষণাগারের পরীক্ষার সীট, অনুসরণীয় চার্ট, টেবিল) কাগজপত্র সংযোজিত করতে হবে।

অনুশীলনী-৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ভূ-স্তর তদন্তকরণ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ ভূ-স্তরের প্রাকৃতিক গঠন, উৎপত্তিগত অবস্থান, বিভিন্ন স্তরের গভীরতা সম্পর্কে জানা, মৃত্তিকার প্রকৌশল ধর্মাবলি সম্পর্কে অবহিত হওয়ার জন্য নমুনা সংগ্রহ ইত্যাদি কার্যক্রমকে ভূ-স্তর তদন্তকরণ বা ভূ-স্তর অনুসন্ধান বলা হয়।

২। **তাৎপর্যপূর্ণ গভীরতা কী?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার উপর অর্পিত ভারের প্রভাবে যে পরিমাণ গভীরতায় তাৎপর্যপূর্ণ সেটেলমেন্ট (২০%) ও শিয়ার স্ট্রেস সৃষ্টি করে, ঐ পরিমাণ গভীরতাকে তাৎপর্যপূর্ণ গভীরতা বলা হয়।

৩। **ভূ-স্তর ছিদ্রকরণে কী কী পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ ভূ-স্তর ছিদ্রকরণে (i) অগার বোরিং, (ii) ওয়াশ বোরিং, (iii) রোটারি ড্রিলিং, (iv) পারকাশন ড্রিলিং ও (v) কোর বোরিং পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

৪। **অগার বোরিং এ কী সুবিধা পাওয়া যায়?**

উত্তর ঃ অগার বোরিং সড়কপথ, রেলপথ ও বিমানবন্দরের ভূ-স্তর তদন্তকরণে বিশেষ উপযোগী। এ পদ্ধতিটি দ্রুততর ও মিতব্যয়ী।

৫। **ওয়াশ বোরিং এ ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির নাম লিখ।** [বাকাশিবো-২০১১, ১৩]

উত্তর ঃ ওয়াশ বোরিং এ (ক) চপিং বিট, (খ) ওয়াশ পাইপ, (গ) কেসিং, (ঘ) টি, (ঙ) ডেলিভারি হোস পাইপ, (চ) মটর, (ছ) সাকশন পাইপ ইত্যাদি যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হয়।

৬। **মৃত্তিকার বিক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৪, ০৭, ১৩]

উত্তর ঃ মৃত্তিকার যে নমুনা সংগ্রহকালে প্রাকৃতিক অবস্থা, গঠন, আকার-আকৃতি, জলীয়কণা ইত্যাদি বিক্ষত হয়, সে ধরনের বিক্ষত মৃত্তিকা নমুনাকে মৃত্তিকার বিক্ষত নমুনা বলা হয়।

৭। **মৃত্তিকার অক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৭, ১৩]

উত্তর ঃ যে মৃত্তিকা নমুনার মৃত্তিকায় প্রাকৃতিক অবস্থানের ভৌতিক ও যান্ত্রিক ধর্মাবলি, পীড়ন, স্বচ্ছিদ্রতা, গ্রথন শৈলী, জলীয় কণা ইত্যাদি অবিকৃত থাকে, তাকে **মৃত্তিকার অক্ষত নমুনা** বলা হয়।

৮। **মৃত্তিকার কী কী পরীক্ষার জন্য অক্ষত নমুনার দরকার হয়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার চাপ সহন ক্ষমতা, শিয়ার স্ট্রেংথ, ভেদ্যতা, সংকোচন সীমা ইত্যাদি পরীক্ষার জন্য অক্ষত মৃত্তিকা নমুনার দরকার হয়।

৯। **মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহে ক্ষেত্রফল অনুপাত বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহকের কাটিং এজ' এর প্রস্থচ্ছেদের সর্বোচ্চ ক্ষেত্রফলের (A_c) সাথে প্রাপ্ত নমুনা মৃত্তিকার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের (A_s) অনুপাতই ক্ষেত্রফল অনুপাত (A_c) অর্থাৎ $A_c = \frac{A_c}{A_s}$।

১০। **মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহে 'ইনসাইড ক্লিয়ারেন্স' দরকার হয় কেন?**

উত্তর ঃ যখন নমুনা কাটিং এজ অতিক্রম করে সংগ্রাহক টিউবে প্রবেশ করে, তখন স্থিতিস্থাপক সম্প্রসারণের জন্য 'ইনসাইড ক্লিয়ারেন্স রাখা হয়। এটি নমুনার ঘর্ষণজনিত প্রভাব হ্রাস করে।

১১। **মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহে ' আউট সাইড ক্লিয়ারেন্সের দরকার কী?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহকালে ড্রাইভিং ফোর্স কমানের জন্য 'আউট সাইড ক্লিয়ারেন্স রাখা হয়।

১২। **পেনিট্রেশন সংখ্যা বা পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৭, ১০]
অথবা, SPT বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা নমুনা সংগ্রহকালে ৬৫ কেজি ওজনের হ্যামারের আঘাতে ৪৫০ মিলিমিটার প্রবেশ করানো হয়। এর মধ্যে প্রথম ১৫০ মিলিমিটার প্রবেশের জন্য হ্যামারের ঘা সংখ্যা ধরা হয় না। পরবর্তী ৩০০ মিলিমিটার প্রবেশ করানোর জন্য ঘা সংখ্যাকে পেনিট্রেশন সংখ্যা বলা হয়।

১৩। **বোরিং লগ বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৪, ১৩]

উত্তর ঃ 'বোরিং' এর বিভিন্ন গভীরতায় প্রাপ্ত বিভিন্ন তথ্যাদি লিপিবদ্ধ করার জন্য বিশেষ ধরনের যে ছক বা লগ ব্যবহার করা হয়, তাকে 'বোর লগ' বলা হয়।

১৪। **কী ধরনের মৃত্তিকার ক্ষেত্রে আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা উপযোগী?** [বাকাশিবো-২০১৪]
অথবা, কোন ধরনের মৃত্তিকার ক্ষেত্রে SPT করা হয়?

উত্তর ঃ যে সকল সংশক্তিহীন মৃত্তিকায় সেম্পল নেয়া কষ্টকর বিশেষ করে ঐ সকল ক্ষেত্রে আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা বেশ উপযোগী। তাছাড়া কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ জানার জন্য সংশক্তি প্রবণ মৃত্তিকায়ও এ পরীক্ষা করা যেতে পারে।

১৫। **কোন কোন ক্ষেত্রে মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহে অগার বোরিং করা হয়?**

উত্তর ঃ নরম মৃত্তিকায় ৩ হতে ৬ মিটার গভীরতায় ছিদ্রকরণের মাধ্যমে নমুনা মৃত্তিকা সংগ্রহের জন্য অগার বোরিং উপযোগী।

১৬। **ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপগুলো হল– (i) পরিদর্শন, (ii) প্রারম্ভিক উদঘাটন, (iii) বিস্তারিত উদঘাটন।

১৭। **স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর ঃ স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার সচরাচর ব্যবহৃত মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহে ব্যবহৃত হয়। এটি মূলত (ক) ড্রাইভিং সু (খ) চেরাই করা সিলিন্ডার আকৃতির টিউব (গ) চেক ভালব ও কাপলিং হেড ও অন্যান্য আনুষঙ্গিক অংশ নিয়ে গঠিত। এর সাহায্যে সংশক্তি প্রবণতার মৃত্তিকার নমুনা সংগ্রহ করা সহজ।

১৮। **প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ কোন স্থানে ভূনিম্নস্থ নির্দিষ্ট গভীরতার মৃত্তিকার কাঙ্ক্ষিত ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য জানার উপযোগী এবং উপাদানসমূহ ও এগুলোর আনুপাতিক হার অক্ষুণ্ন রেখে গৃহীত নমুনাকে ঐ স্থানের ঐ গভীরতার মৃত্তিকার প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা বলা হয়।

▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। **ভূ-স্তর তদন্তকরণের উদ্দেশ্যাবলি উদ্ধৃত কর।** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০০, ০১, ০৫, ০৮]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **ভূ-স্তর উদঘাটনের জন্য পরিদর্শনকালে কী কী তথ্যাদি সংগ্রহ করা হয়?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **বিভিন্ন কাঠামোর জন্য ভূ-স্তরে উদঘাটন গভীরতার পরিমাণ উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **বিভিন্ন কাঠামোর জন্য ভূ-স্তর উদঘাটনে পার্শ্ব বিস্তৃতির পরিমাণ উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **'স্প্রিং কোর কেচার' সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৬। স্ক্রেপার বাকেট সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৮ নং দ্রষ্টব্য। [বাকাশিবো-২০০৫]

৭। পিস্টন সেম্পলারের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ভূ-তদন্ত রিপোর্টে কী কী তথ্যাদি থাকা আবশ্যক?

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.১০ নং দ্রষ্টব্য। [বাকাশিবো-২০১২]

৯। মৃত্তিকার প্রতিনিধিত্বকারী নমুনাগুলো সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৭ নং দ্রষ্টব্য। [বাকাশিবো-২০১১]

১০। ভূ-স্তর উদঘাটনের পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ভূ-স্তর তদন্তকরণের ধাপগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। ভূ-স্তর উদঘাটনের গভীরতা ও পার্শ্ব বিস্তৃতি সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ভূ-স্তর উদঘাটনের উন্মুক্ত খনন প্রক্রিয়া আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। প্রয়োজনীয় চিত্রসহ অগার বোরিং এর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৬ নং দ্রষ্টব্য। [বাকাশিবো-২০০০, ০১, ০২, ০৯, ১০, ১১, ১২]

৫। চিত্রসহ ওয়াশ বোরিং এর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ভূ-স্তর ছিদ্রকরণে পারকাশন ড্রিলিং এর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। চিত্রসহ রোটারি ড্রিলিং এর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মৃত্তিকা নমুনায় প্রভাব বিস্তারকারী ডিজাইন ফিচারগুলোর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৯। চিত্রসহ স্প্লিট ব্যারেল সেম্পলারের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৮ নং দ্রষ্টব্য। [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৬, ০৮, ১০]

১০। আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৯ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৮

মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপ
(Lateral Earth Pressure)

৮.১ মৃত্তিকার নিশ্চল চাপ, সক্রিয় চাপ ও নিশ্চেষ্ট চাপ (At Rest pressure, Active Pressure & Passive pressure) ঃ

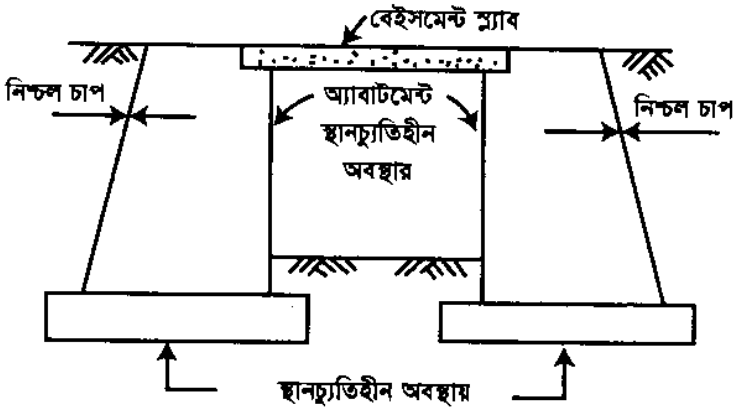
ঠেস দেয়াল ভরাটকৃত মাটি ঠেস দিয়ে রাখে। ঠেস দেয়াল বা ঠেস কাঠামো এটার দু' পাশের মৃত্তিকাকে ভিন্ন উচ্চতায় রাখার জন্য নির্মাণ করা হয়। যে সামগ্রীকে ঠেস দেয়াল বা ঠেস কাঠামো ঠেস দিয়ে রাখে ঐ সামগ্রীকে ভরাটকৃত সামগ্রী (Back fill) বলা হয়। ভরাটকৃত সামগ্রীর উপরিতল অনুভূমিক, ঢালু বা উভয় ধরনেরই হতে পারে। যদি কোন ভরাটকৃত সামগ্রীর উপরিতল ঠেস কাঠামোর উপরিতলের বরাবর অনুভূমিকভাবে না থেকে অনুভূমিক তলের উপরে অবস্থান করে, তখন অনুভূমিকতলের উপরের অংশকে সারচার্জ (Surcharge) এবং অনুভূমিক তলের সাথে সারচার্জের ঢালুতলের দ্বারা সৃষ্ট কোণকে সারচার্জ কোণ (surcharge angle) বলা হয়। ভরাটকৃত সামগ্রীর চাপের সাপেক্ষে ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতির (Movement) উপর ভিত্তি করে মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়, যথা ঃ

(ক) স্থির বা নিশ্চল চাপ (At rest Pressure)

(খ) সক্রিয় চাপ (Active pressure)

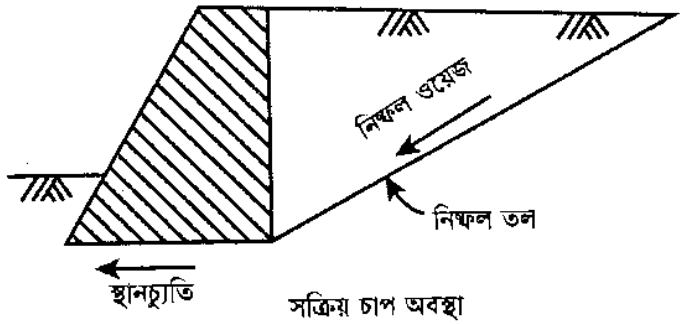
(গ) নিশ্চেষ্ট চাপ (Passive pressure) ।

নিশ্চল চাপ ঃ যখন মৃত্তিকায় কোন অনুভূমিক স্থানচ্যুতি না ঘটে সে অবস্থায় মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপকে নিশ্চল চাপ বলা হয়। ঠেস কাঠামোর উপরের অংশ দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকলে তখন এটি অনুভূমিকভাবে নড়াচড়া করতে বা স্থানচ্যুত হতে পারে না। এ অবস্থায় মৃত্তিকা নিশ্চল অনুভূমিক চাপে থাকে এবং ঠেস কাঠামো স্থিতি অবস্থায় থাকে। নিচের চিত্রে (চিত্র ঃ ৮.১ ক) ঠেস দেয়াল বেইসমেন্ট স্ল্যাব দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকায় এটি স্থানচ্যুত হতে না পারায় নিশ্চল চাপে থাকে। ব্রীজ অ্যাবাটমেন্টের ব্রীজ স্ল্যাবের কারণে নিশ্চল চাপে থাকে। এ অবস্থাকে মৃত্তিকার স্থিতিস্থাপক ভারসাম্যতা (Elastic equilibrium)-ও বলা হয়। অর্থাৎ যে অবস্থায় ঠেস কাঠামো দৃঢ় অবস্থায় থাকে এবং ভরাটকৃত মাটি স্থিতিস্থাপক ভারসাম্যতায় থাকে, মাটির এ অবস্থার চাপকে মৃত্তিকার নিশ্চল চাপ বলে।



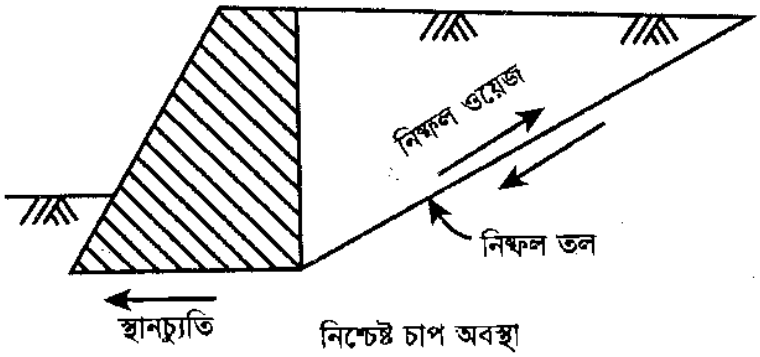
চিত্র ঃ ৮.১ (ক)

সক্রিয় চাপ ঃ যখন মৃত্তিকার বা ভরাটকৃত সামগ্রীর অনুভূমিক চাপে ঠেস কাঠামো বা ঠেস দেয়াল ভরাটকৃত দিকের বিপরীত দিকে সরে যায় অর্থাৎ ভরাটকৃত সামগ্রীর বিস্তৃতি ঘটে, তখন ঐ চাপকে সক্রিয় চাপ বলা হয়। এটি নম্যতা ভারসাম্যের (Plastic equilibrium) অবস্থা। এ সময় নিষ্ফল ওয়েজ (failure wedge) নিম্নের দিকে ধ্বসে পড়ে এবং পার্শ্বস্থ চাপ কমে যায়। এ অবস্থায় সর্বনিম্ন চাপই সক্রিয় চাপ। এ ক্ষেত্রে দেয়াল একই দিকে আরো স্থানচ্যুত হলেও চাপ হ্রাস পায় না। (চিত্রঃ ৮.১খ)



চিত্র ঃ ৮.১ (খ)

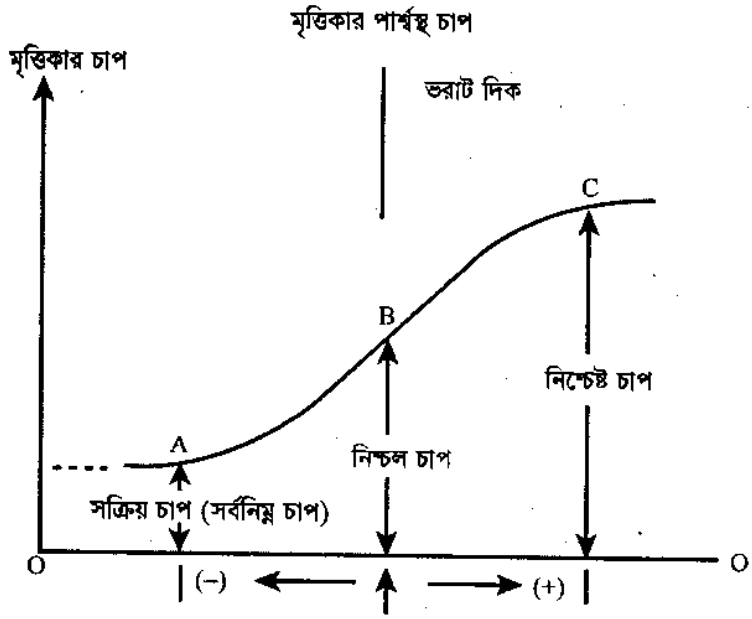
নিশ্চেষ্ট চাপ ঃ যখন ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতি ভরাটকৃত অংশের দিকে হয় অর্থাৎ যে অনুভূমিক চাপের প্রভাবে ভরাটকৃত অংশের সামগ্রীতে সংনমন ঘটে, মৃত্তিকার ঐ অনুভূমিক চাপকে নিশ্চেষ্ট চাপ বলা হয়। যানবাহন চলাকালে কোন ব্রীজের অ্যাবাটমেন্টের ভরাটকৃত অংশের দিকে চাপ দিলে ভরাটকৃত অংশের মৃত্তিকায় নিষ্ফল ওয়েজের সৃষ্টি হতে পারে এবং নিষ্ফল তল বরাবর একটি ত্রিভুজাকৃতির ওয়েজ উপরের দিকে স্লাইড করে। এ অবস্থায় ঠেস দেয়ালে অনুভূমিক চাপ বৃদ্ধি পায়। মৃত্তিকার শিয়ার প্রতিরোধ ক্ষমতা পূর্ণ কার্যকর হলে একই দিকে দেয়ালের আরো স্থানচ্যুতি ঘটলেও চাপের মাত্রা আর বৃদ্ধি পায় না। দেয়ালে মৃত্তিকার এ সর্বোচ্চ অনুভূমিক চাপকে নিশ্চেষ্ট চাপ বলা হয়। এ ক্ষেত্রেও মৃত্তিকার নম্যতা স্থিতিস্থাপকতা বিরাজ করে। (চিত্রঃ ৮.১গ)



চিত্র ঃ ৮.১ (গ)

উপরে উদ্ধৃত মৃত্তিকার চাপত্রয়কে নিম্নের চিত্রের (চিত্র ঃ ৮.১ ঘ) সাহায্যে সহজে উপস্থাপন করা যায়।

ঠেস কাঠামোর স্থিতি অবস্থায় এবং মৃত্তিকা স্থিতিস্থাপক ভারসাম্যতায় থাকা কালে চাপের পরিমাণ চিত্রে (B) বিন্দুতে নির্দেশ করা হল। যখন মৃত্তিকার নম্যতা ভারসাম্য অবস্থায় ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতি ভরাটকৃত সামগ্রীর দিকে হয়, তখন কঠামোর দিকে শিয়ার প্রতিরোধী বলের দরুন কাঠামোতে মাটির চাপ বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং শিয়ার প্রতিরোধী বলের পূর্ণতাপ্রাপ্তি পর্যন্ত এ চাপ বৃদ্ধি পেতে থাকে। শিয়ার প্রতিরোধী বলের পূর্ণতার মুহূর্তে সৃষ্ট সর্বোচ্চ চাপই (C) নিশ্চেষ্ট চাপ। অপরদিকে মৃত্তিকার নম্যতা ভারসাম্য অবস্থায় ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতি যখন ভরাটকৃত সামগ্রীর বিপরীত দিকে হয়, তখন শিয়ার প্রতিরোধী বলের পূর্ণতাপ্রাপ্তি পর্যন্ত মৃত্তিকার চাপ কমতে থাকে এবং শিয়ার প্রতিরোধী বলের পূর্ণতাপ্রাপ্তির মুহূর্তে মৃত্তিকায় চাপ সর্বনিম্নে পৌঁছায়। এ সর্বনিম্ন চাপই (A) সক্রিয় চাপ। সর্বনিম্ন চাপের পর একই দিকে ঠেস কাঠামোর আরো স্থানচ্যুতি ঘটলেও চাপের পরিমাণ আর হ্রাস পাবে না।



চিত্র ঃ ৮.১ (ঘ) ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতিতে মৃত্তিকার চাপের পরিবর্তন

৮.২ সারচার্জহীন মৃত্তিকার সক্রিয় ও নিষ্চেষ্ট চাপ সম্পর্কিত র‍্যানকিনের তত্ত্ব (Active & Passive earth pressure of Rankine's theory with non-surcharge) ঃ

১৮৫৭ সালে র‍্যানকিন ঠেস কাঠামোতে মৃত্তিকার সক্রিয় চাপ (P_a) ও নিষ্চেষ্ট চাপের (P_p) মান নির্ণয় করার জন্য মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপ সম্পর্কিত যে তত্ত্বটি প্রদান করেন তা নিম্নোক্ত অনুমান সত্য ধারণা (Assumption)-গুলোর উপর প্রতিষ্ঠিত ঃ

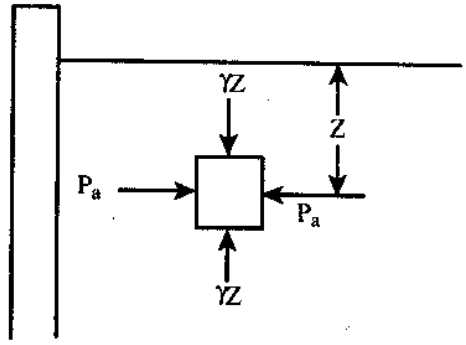
১। মৃত্তিকার স্তূপ বৃহৎ আকারে (Semi-infinite), সমসত্ত্ব, শুষ্ক ও সংসক্তিহীন।

২। মৃত্তিকার উপরিতল সমতল (অনুভূমিক বা ঢালু)।

৩। ঠেস কাঠামোর ঠেস পৃষ্ঠ খাড়া এবং মসৃণ অর্থাৎ মৃত্তিকা ও ঠেস কাঠামোর সংস্পর্শ তলে কোন শিয়ারিং স্ট্রেসের অস্তিত্ব নেই।

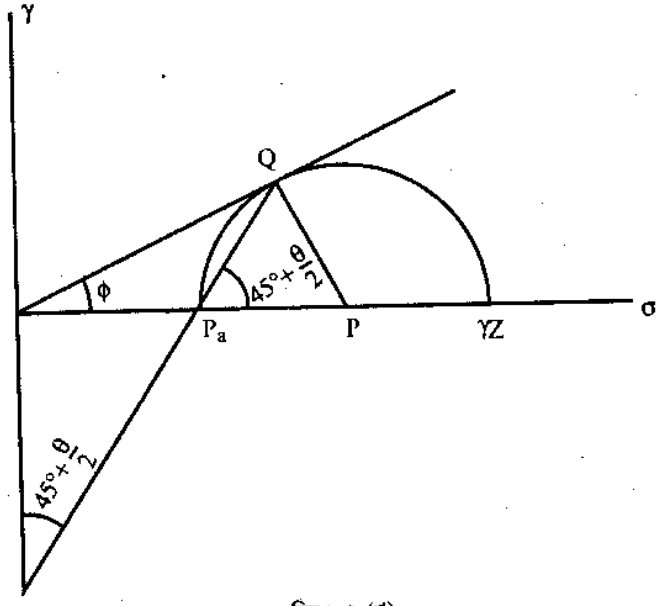
৪। মৃত্তিকার নম্য ভারসাম্যতা বিরাজমান।

উপরোক্ত ধারণাগুলোর উপর ভিত্তি করে সারচার্জহীন মৃত্তিকার সক্রিয় চাপ (P_a) ও নিষ্চেষ্ট চাপের (P_p) মান নির্ণয় করা হল।



চিত্রঃ ৮.২ (ক)

ধরি, মৃত্তিকা স্তূপের মধ্যে Z গভীরতায় একটি মৃত্তিকা কণা ভারসাম্য অবস্থায় আছে। চিত্রঃ ৮.২ (ক)-তে ক্রিয়াশীল উল্লম্ব বল (Z গভীরতায়) γZ (γ মৃত্তিকার একক আয়তনের ওজন)। যে মুহূর্তে ঠেস দেয়ালটি বহির্মুখী স্থানচ্যুতি ঘটে, সে মুহূর্তে মৃত্তিকায় নম্য ভারসাম্য অবস্থা বিরাজ করে এবং γZ ও P_a যথাক্রমে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন প্রিন্সিপাল স্ট্রেসে পরিণত হয়। এ স্ট্রেসদ্বয়ের মাধ্যমে নিম্নের 'মোহর' বৃত্তটি আঁকা যায়। (চিত্র ঃ ৮.২ খ)



চিত্র ৮.২ (খ)

চিত্র হতে–

$$\sin\phi = \frac{QP}{OP} = \frac{\frac{1}{2}(\gamma Z - P_a)}{\left(\frac{\gamma Z - P_a}{2}\right) + P_a}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}(\gamma Z - P_a)}{\frac{1}{2}(\gamma Z + P_a)}$$

বা, $\sin\phi\left(\frac{\gamma Z}{2} + \frac{P_a}{2}\right) = \frac{\gamma Z}{2} - \frac{P_a}{2}$

বা, $\frac{P_a}{2} + \frac{P_a}{2} . \sin\phi = \frac{\gamma Z}{2} - \frac{\gamma Z}{2} . \sin\phi$

বা, $\frac{P_a}{2}(1 + \sin\phi) = \frac{\gamma Z}{2}(1 - \sin\phi)$

$\therefore \quad P_a = \gamma Z\left(\frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}\right)$

মৃত্তিকার সক্রিয় চাপের সহগ, $K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$ হলে

$$P_a = K_a \gamma Z$$

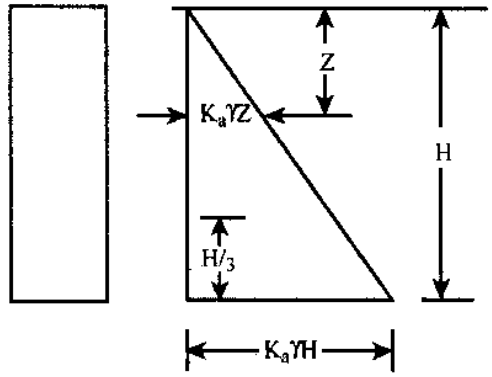
উক্ত 'মোহর বৃত্ত হতে Ka এর মানকে সহজ ত্রিকোণমিতির সূত্রের সাহায্যে দেখান যায় যে-

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \tan^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$= \cot^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$$

উপরোক্ত সূত্রালোকে Z গভীরতায় P_a এর মান K_a γH হয়। যদি ঠেস কাঠামোর উচ্চতা H হয়। তবে কাঠামোটির নিম্ন প্রান্তে সক্রিয় চাপের পরিমাণ হবে K_a. γH.

এ মান অনুসারে সক্রিয় চাপ বিভিন্ন উচ্চতার জন্য নিচের চিত্রে দেখান হল। [চিত্র ঃ ৮.২ (গ)]



চিত্রঃ ৮.২ (গ)

চিত্র হতে মোট সক্রিয় চাপ $P_a = \frac{1}{2} K_a\gamma H.H = \frac{1}{2} K_a\gamma H^2$

এ চাপ ত্রিভুজাকার চাপ চিত্রের কেন্দ্র বরাবর অনুভূমিকভাবে ক্রিয়া করবে অর্থাৎ ভিত্তি হতে H/3 উপর দিয়ে কাজ করবে। (মৃত্তিকা যদি শুষ্ক হয় তবে γ মৃত্তিকার শুষ্ক একক ওজন এবং ভিজা হলে ভেজা একক ওজনের সমান হবে)

নিশ্চেষ্ট চাপের ক্ষেত্রে নিশ্চেষ্ট চাপ (P_p) ও γZ যথাক্রমে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন প্রিন্সিপাল স্ট্রেস হবে। এ ক্ষেত্রে উপরোক্ত চাপদ্বয়ের মাধ্যমে 'মোহর' বৃত্ত এঁকে দেখান যায় যে-

$$P_p = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \gamma Z$$

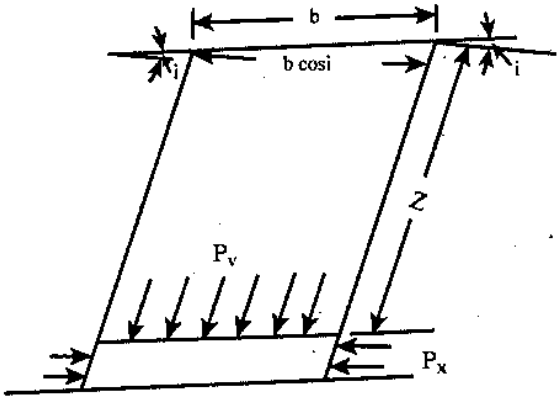
এখানে K_p = মৃত্তিকার নিশ্চেষ্ট চাপের সহগ $= \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} = \frac{1}{K_a}$

$$= \tan^2 (45° + \phi/2)$$

H উচ্চতাবিশিষ্ট ঠেস দেয়ালের জন্য মোট নিশ্চেষ্ট চাপের পরিমাণ হবে $\frac{1}{2} K_p\gamma H^2$

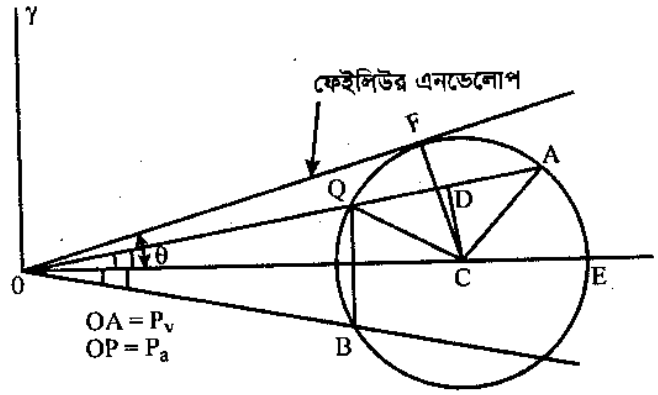
৮.৩ সারচার্জযুক্ত মৃত্তিকা সম্পর্কিত র‍্যানকিনের তত্ত্বে মৃত্তিকার সক্রিয় চাপের সূত্র (Formula of active earth pressure of Rankine's theory with surcharge) ঃ

ধরি, ঢালু ভরাটমাটি অনুভূমিকের i কোণে বিরাজ করে। র‍্যানকিনের ধারণা (Assumption) হতে বলা যায় যে, পার্শ্ব চাপ ঢালু তলের সমান্তরালে ক্রিয়া করবে। (চিত্রঃ ৮.৩ ক) চিত্রে প্রদর্শিত Z গভীরতায় মৃত্তিকা কণায় উল্লম্ব চাপের পরিমাণ $P_v = \frac{\gamma Zb \cos i}{b}$ $= \gamma Z\cos i$ (একক দৈর্ঘ্য ও এক প্রস্থ ধরে)।



চিত্র ৮.৩ ক

এ ক্ষেত্রে P_v প্রিন্সিপাল স্ট্রেস হিসেবে কাজ করে না, যেহেতু মৃত্তিকা কণাটির ঢালু তলে শিয়ার স্ট্রেস বিদ্যমান।



চিত্র ঃ ৮.৩খ

চিত্র ঃ ৮.৩খ তে একটি মোহর বৃত্ত সক্রিয় চাপের সীমাবদ্ধতার শর্তে গঠন করা হল। এতে OA রেখার দ্বারা P_v কে বুঝান হল, যা অনুভূমিক তলের সহিত i কোণে অবস্থান করে। Z গভীরতায় এটির মান YZ cosi। মৃত্তিকা যদি নম্য ভারসাম্যতায় বিরাজ করে তবে মোহর বৃত্ত অবশ্যই A বিন্দু দিয়ে অতিক্রম করবে এবং ফেইলুর এনভেলোপের (OF) সাথে স্পর্শকীয় হবে। OA রেখা মোহর বৃত্তকে Q বিন্দুতে ছেদ করে। Q বিন্দু হতে পতিত উল্লম্ব রেখা উক্ত বৃত্তকে B বিন্দুতে ছেদ করে। এখন OB-ই সক্রিয় চাপের (P_a) সমান। (প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, OA রেখা মৃত্তিকার ঢালু তলের সহিত সমান্তরাল হবে এবং এটি অনুভূমিক রেখা OE এর সাথে i কোণ উৎপন্ন করবে)। মানগত দিকে QO = OB হবে। চিত্র হতে বলা যায় যে,

$$\frac{OB}{OA} = \frac{P_a}{P_v} = \frac{OQ}{OA} = \frac{OD - DQ}{OD + DA} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ক)$$

($\frac{P_a}{P_v}$ কে কনজুগেইট চাপ অনুপাত বলা হয়)

এখন, OD = OC cosi

এবং $DA = DQ = \sqrt{QC^2 - DC^2}$ ..... (খ)

আবার, QC = FC = OC sinϕ

এবং DC = OC sin i

অতএব, $DA = DQ = \sqrt{(OC\sin\phi)^2 - (OC\sin i)^2}$

$$= \sqrt{(OC)^2\{(\sin\phi)^2 - (\sin i)^2\}}$$

$$= OC\sqrt{\sin^2\phi - \sin^2 i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (গ)$$

(ক) সমীকরণে OD, DQ, OD ও DA এর মান বসিয়ে–

$$\frac{P_a}{P_v} = \frac{OC\cos i - OC\sqrt{\sin^2\phi - \sin^2 i}}{OC\cos i + OC\sqrt{\sin^2\phi - \sin^2 i}}$$

বা, $$\frac{P_a}{P_v} = \frac{\cos i - \sqrt{\sin^2\phi - \sin^2 i}}{\cos i + \sqrt{\sin^2\phi - \sin^2 i}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (ঘ)$$

$$= \frac{\cos i - \sqrt{1 - \cos^2\phi - (1 - \cos^2 i)}}{\cos i + \sqrt{1 - \cos^2\phi - (1 - \cos^2 i)}}$$

$$= \frac{\cos i - \sqrt{1 - \cos^2\phi - 1 + \cos^2 i}}{\cos i + \sqrt{1 - \cos^2\phi - 1 + \cos^2 i}}$$

বা, $\frac{P_a}{P_v} = \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\phi}}$

($P_v = \gamma Z \cos i$ মান বসিয়ে)

বা, $P_a = \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\phi}} \gamma Z. \cos i$

$= K_a \gamma Z$ ..... (ঙ)

এখানে, $K_a = \cos i. \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\phi}}$

K_a কে সক্রিয় চাপের সহগ বলা হয় (সারচার্জের ক্ষেত্রে)।

(i) সারচার্জ কোণ এবং ϕ অন্তঃঘর্ষণ কোণ (angle of internal friction)

৮.৪ কুলম্বের ওয়েজ তত্ত্বের মৌলিক ধারণাসমূহ (Fundamental assumptions of Coulomb's Wedge theory) ঃ

মৃত্তিকার চাপ সংক্রান্ত র‍্যানকিনের তত্ত্বের শতাব্দীকাল পূর্বে ১৭৭৬ সালে কুলম্ব মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপ নির্ণয়ের জন্য একটি পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। এ পদ্ধতিটি ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতির জন্য সৃষ্ট ওয়েজের ভারসাম্যতার উপর স্থিতিবিদ্যার সূত্রাদি প্রয়োগ করে মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপ নির্ণয় করা হয়। তবে এ পদ্ধতিটি নিম্নোক্ত মৌলিক অনুমান সত্যের (Fundamental assumption) উপর প্রতিষ্ঠিত ঃ

১। ঠেস কাঠামোর ভরাট দিকের মৃত্তিকা শুষ্ক, সংসক্তিহীন, আইসোট্রপিক ও আদর্শ নম্য সামগ্রী।

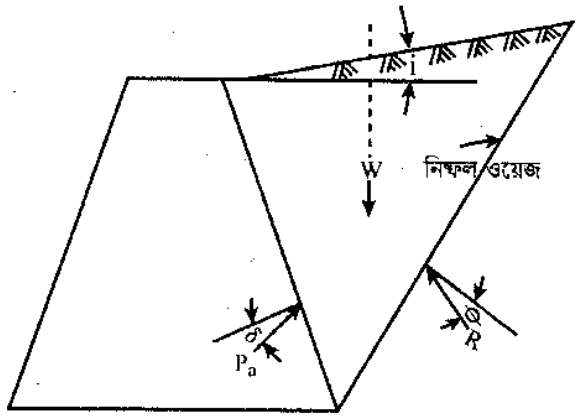
২। স্লাইডিং (Sliding) তল সমতল এবং এ তল ঠেস কাঠামোর গোড়ালির (Heel) দিক দিয়ে অতিক্রম করে।

৩। ঠেস কাঠামোর ভরাট দিকের পৃষ্ঠ অমসৃণ এবং মৃত্তিকার চাপের লব্ধি কাঠামোর নরমালের (Normal) সহিত কাঠামোর পৃষ্ঠ ও ভরাটকৃত মৃত্তিকার মধ্যে সৃষ্ঠ ঘর্ষণজনিত কোণের (δ) সমান ঢালে কাজ করে।

৪। স্লাইডিং ওয়েজটি একটি একক অনমনীয় বস্তু হিসেবে কাজ করে এবং পুরো স্লাইডিং ওয়েজের ভারসাম্যতা বিবেচনা করে মৃত্তিকার চাপের মান পাওয়া যায়।

৫। মৃত্তিকার (ভরাটকৃত সামগ্রীর) লব্ধি চাপের অবস্থান ও দিক জানা থাকে এবং এ লব্ধি চাপ ঠেস কাঠামোর ভিত্তি তল হতে ঠেস কাঠামোর উচ্চতায় (ভরাট উচ্চতার) এক তৃতীয়াংশ উপর দিয়ে ভূমি তলের সমান্তরালে কাজ করে (অর্থাৎ চাপ বিতরণ চিত্র ত্রিভুজাকৃতির হয়)।

এ পদ্ধতির প্রয়োগকালে নিরীক্ষামূলক (Trial)-ভাবে কয়েক বার স্লাইডিং তল নির্ধারণ করে প্রত্যেক তলেই স্থিতিবিদ্যার সূত্রাদি প্রয়োগ করে ভারসাম্যতা যাচাই করা হয়। যে স্লাইডিং তলের ক্ষেত্রে সক্রিয় চাপের (P_a) মান সর্বাধিক এবং নিশ্চেষ্ট চাপের (P_p) মান সর্বনিম্ন হয়। ঐ তলই প্রকৃতপক্ষে নিষ্ফল তল। প্রত্যেকটি নিরীক্ষার (Trial) ক্ষেত্রে (ক) স্লাইডিং ওয়েজের ওজন (W) (খ) সক্রিয় চাপ (P_a) ও (গ) স্লাইডিং তলের প্রতিক্রিয়া বল (R) বিবেচনা করা হয় (চিত্র ঃ ৮.৪)।

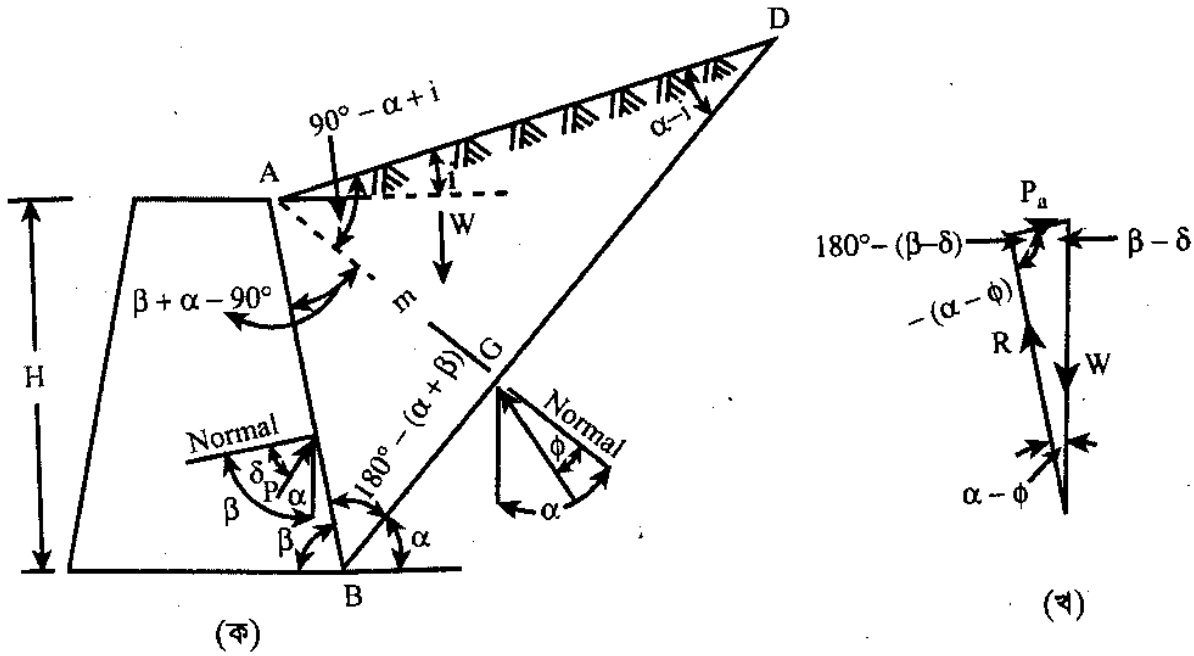


ওয়েজে কার্যরত বল

চিত্রঃ ৮.৪

৮.৫ সারচার্জসহ মৃত্তিকায় কুলম্বের তত্ত্বে সক্রিয় চাপের সূত্র (Formula of active earth Pressure of coulomb's theory with surcharge) ঃ

পূর্ব পাঠ্যাংশে উদ্ধৃত অনুমান সত্য বিষয়াদি ও স্থিতিবিদ্যার বিভিন্ন সূত্রালোকে ভারসাম্যমূলক অবস্থার জন্য নিম্নের চিত্রের (চিত্র ঃ ৮.৫ক-খ) সাহায্যে কুলম্বের তত্ত্বানুযায়ী সক্রিয় বলের (P_a) মান নির্ণয় করা হল।



চিত্রঃ ৮.৫

উপরের চিত্র হতে–

$$\frac{P_a}{\sin(\alpha-\phi)} = \frac{W}{\sin(180^\circ-\beta+\delta-\alpha+\phi)}$$

$$\therefore P_a = \frac{W\sin(\alpha-\phi)}{\sin(180^\circ-\beta+\delta-\alpha+\phi)} \text{ ----------(ক)}$$

যদি মৃত্তিকার একক ওজন γ হয় তবে ABD ওয়েজের মোট ওজন,

$$W = \frac{1}{2}.\,BD.\,AG.\,\gamma$$

$$= \frac{1}{2}(BG+GD)m\gamma \text{ ---------- (খ)}$$

$$\sin\beta = \frac{H}{AB}$$

$$\therefore AB = \frac{H}{\sin\beta} \text{ ---------- (গ)}$$

ত্রিভুজ ABG হতে–

$$\sin[180° - (\alpha + \beta)] = \frac{m}{AB}$$

$$\therefore m = AB \sin(\alpha + \beta) = \frac{H \sin(\alpha + \beta)}{\sin\beta} \text{ ------- (ঘ)}$$

[(গ) হতে AB এর মান বসিয়ে] - - - -Q

পুনঃ $\frac{BG}{\sin(\beta + \alpha - 90°)} = \frac{m}{\sin[180° - (\beta + \alpha)]}$

$$\therefore BG = m \frac{\sin(\beta + \alpha - 90°)}{\sin(\beta + \alpha)} \text{ ---------- (ঙ)}$$

এবং $\frac{GD}{\sin(90° - \alpha + i)} = \frac{m}{\sin(\alpha - i)}$

$$\therefore GD = \frac{m \sin(90° - \alpha + i)}{\sin(\alpha - i)} \text{ ---------- (চ)}$$

(খ) সমীকরণে–

$W = \frac{1}{2}(BG + GD)\, m\gamma$ তে BG সমীকরণ (ঙ) ও GD সমীকরণ (চ) এর মান বসিয়ে–

$$= \frac{1}{2} m\gamma \left[\frac{m \sin(\beta + \alpha - 90°)}{\sin(\beta + \alpha)} + \frac{m \sin(90° - \alpha + i)}{\sin(\alpha - i)}\right]$$

$$= \frac{1}{2} m^2\gamma \left[\frac{\sin(\beta + \alpha - 90°)}{\sin(\beta + \alpha)} + \frac{\sin(90° - \alpha + i)}{\sin(\alpha - i)}\right]$$

m-এর মান বসিয়ে (ঘ) সমীকরণ হতে–

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{H \sin(\alpha + \beta)}{\sin\beta}\right]^2 \gamma \left[\frac{\sin(\beta + \alpha - 90°)}{\sin(\beta + \alpha)} + \frac{\sin(90° - \alpha + i)}{\sin(\alpha - i)}\right]$$

$$= \frac{1}{2} H^2\gamma \frac{\sin^2(\alpha + \beta)}{\sin^2\beta} \left[\frac{\sin(\beta + \alpha - 90°)}{\sin(\beta + \alpha)} + \frac{\sin(90° - \alpha + i)}{\sin(\alpha - i)}\right]$$

সমীকরণ (ক) তে W এর মান বসিয়ে–

$$P_a = \frac{1}{2} H^2\gamma \left[\frac{\sin(\alpha - \phi)}{\sin(180° - \beta + \delta - \alpha + \phi)}\right] \cdot \frac{\sin^2(\alpha + \beta)}{\sin^2\beta} \left[\frac{\sin(\beta + \alpha - 90°)}{\sin(\beta + \alpha)} + \frac{\sin(90° - \alpha + i)}{\sin(\alpha - i)}\right]$$

$$= \frac{1}{2} H^2\gamma K_a$$

এখানে K_a কুলম্বের মৃত্তিকার সক্রিয় চাপের সহগ।

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi) . \sin^2(\alpha + \beta)}{\sin^2\beta \sin(180° - \beta + \delta - \alpha + \phi)} \left[\frac{\sin(\beta + \alpha - 90°)}{\sin(\beta + \alpha)} + \frac{\sin(90° - \alpha + i)}{\sin(\alpha - i)}\right]$$

অনুশীলনী-৮

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ভরাটিকৃত সামগ্রী বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, Back fill বলতে কী বুঝ?

উত্তর ঃ যে সামগ্রীকে ঠেস দেয়াল বা ঠেস কাঠামো ঠেস দিয়ে রাখে, তাই ভরাটকৃত সামগ্রী (Back Fill)।

২। **সারচার্জ ও সারচার্জ কোণ কী?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ ঠেস কাঠামোর শীর্ষবিন্দু বরাবর অনুভূমিক তলের উপরের ভরাটকৃত সামগ্রীকে সারচার্জ এবং সারচার্জের উপরের পৃষ্ঠ উক্ত অনুভূমিক তলের সহিত যে উল্লম্ব কোণ সৃষ্টি করে, তাই সারচার্জ কোণ।

৩। **মৃত্তিকার পার্শ্ব চাপকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকার পার্শ্ব চাপকে (ক) স্থির বা নিশ্চল চাপ (খ) সক্রিয় চাপ ও (গ) নিশ্চেষ্ট চাপ বা পরোক্ষ চাপ এই তিন ভাগে ভাগ করা যায়।

৪। **নিশ্চল চাপের সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ মৃত্তিকার অনুভূমিক বিচ্যুতি না ঘটা অবস্থায় মৃত্তিকার চাপকে মৃত্তিকার নিশ্চল চাপ বলা হয়।

৫। **মৃত্তিকার সক্রিয় চাপ কী?** [বাকাশিবো-২০০১, ০২, ০৪, ০৫, ০৭, ০৮, ০৯]

অথবা, Active pressure বলতে কী বুঝ?

উত্তর ঃ মৃত্তিকার যে চাপে ঠেস কাঠামো ভরাট সামগ্রীর বিপরীত দিকে সরে যায় অর্থাৎ ভরাট সামগ্রীর বিস্তৃতি ঘটে, তাই মৃত্তিকার সক্রিয় চাপ।

৬। **মৃত্তিকার নিশ্চেষ্ট চাপ বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৯]

অথবা, Passive pressure বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ যে অনুভূমিক চাপের প্রভাবে ঠেস কাঠামোর ভরাটকৃত সামগ্রীর সংনমন ঘটে, মৃত্তিকার এ অনুভূমিক চাপকে মৃত্তিকার নিশ্চেষ্ট চাপ বলা হয়।

৭। **মৃত্তিকার স্থিতিস্থাপক ভারসাম্যতা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকা নিশ্চল চাপ অবস্থায় থাকা কালে মৃত্তিকা ভরাটমুখী বা ভরাট বিপরীতমুখী স্থানচ্যুতি ঘটায় না। মৃত্তিকার এ অবস্থাকে মৃত্তিকার স্থিতিস্থাপক ভারসাম্যতা বলা হয়।

৮। **মৃত্তিকার নম্যতা ভারসাম্য কী?**

উত্তর ঃ ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতি যখন ভরাটের বিপরীতমুখী হয় এবং মৃত্তিকার সক্রিয় চাপ সর্বনিম্ন হয়, মৃত্তিকার এ অবস্থাই মৃত্তিকার নম্যতা ভারসাম্য।

৯। **নিষ্ফল তল ও নিষ্ফল ওয়েজ কী?**

উত্তর ঃ মৃত্তিকা নিশ্চেষ্ট চাপে থাকা কালে ত্রিভুজাকৃতির ওয়েজ উপরের দিকে স্লাইড করে। এ ওয়েজই নিষ্ফল ওয়েজ। যে তল বরাবর নিষ্ফল ওয়েজ স্লাইড করে, তাই নিষ্ফল তল।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। ঠেস কাঠামোর স্থানচ্যুতির উপর ভিত্তি করে চিত্রসহ মৃত্তিকার পার্শ্বস্থ চাপের পরিবর্তন সংক্ষেপে বুঝিয়ে লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। সক্রিয় ও নিশ্চেষ্ট চাপ সংক্রান্ত র‍্যানকিনের তত্ত্বের অনুমান সত্য বা মৌলিক ধারণাগুলো উদ্ধৃত কর।

[বাকাশিবো-২০০১, ২০১১, ২০১২, ১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কুলম্বের ওয়েজ তত্ত্বের অনুমান সত্য বা মৌলিক ধারণাগুলো উদ্ধৃত কর। [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৪, ০৬, ০৭, ০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। মৃত্তিকার নিশ্চেষ্ট চাপ বা পরোক্ষ চাপ বুঝিয়ে লেখ। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.১ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। সারচার্জহীন মৃত্তিকায় সক্রিয় ও নিশ্চেষ্ট চাপ সম্পর্কিত র‍্যানকিনের তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে প্রমাণ কর যে, মোট সক্রিয় চাপ $P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। সারচার্জযুক্ত মৃত্তিকার সক্রিয় ও নিশ্চেষ্ট চাপ সম্পর্কিত র‍্যানকিনের তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে প্রমাণ কর যে, $P_a = K_a \gamma Z$. (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সারচার্জসহ মৃত্তিকার ক্ষেত্রে কুলম্বের তত্ত্বের সক্রিয় চাপের সূত্রটি প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। মাটির পার্শ্ব চাপের পরিবর্তনীয় চিত্র অঙ্কন করে সক্রিয় এবং নিষ্ক্রিয় চাপের মধ্যে পার্থক্য বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.১ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৯

মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা
(Bearing Capacity of soil)

৯.১ মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতার সংজ্ঞা (Definition of Bearing Capacity of Soil) ঃ

ভিত্তির মৃত্তিকাকেই সকল প্রকৌশল কাঠামোর ওজন বহন করতে হয়। সকল প্রকৌশল কাঠামোই তার ভিত্তির মাধ্যমে তার নিজস্ব ও তার উপর আগত সকল ভার তার ভিত্তির নিম্নতলের মৃত্তিকায় পৌছায়। তাই মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা জানার পরই প্রকৌশল কাঠামোর ভিত্তি ডিজাইন করা সম্ভব। এজন্যই ভিত্তি ডিজাইনের পূর্বেই মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা সম্পর্কে জেনে নেয়া হয়। মৃত্তিকা তার একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ ভারবহন করতে পারে, তাকে মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা বলা হয়।

মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা সম্পর্কে সঠিক ধারণা প্রদানের নিমিত্তে নিম্নের সংজ্ঞাগুলো উপস্থাপন করা হল।

১। **সর্বমোট চাপের তীব্রতা (Gross pressure intensity-q)ঃ** ফুটিং এর উপরস্থ কাঠামোর ওজন, ফুটিং এর নিজস্ব ওজন, ফুটিং এর উপর ভরাট মৃত্তিকার ওজন (যদি থাকে) এর জন্য ফুটিং এর ভিত্তিতলের মৃত্তিকায় মোট যে পরিমাণ চাপের তীব্রতা দেখা দেয়, তাকে সর্বমোট চাপের তীব্রতা বলা হয়।

২। **নিট চাপের তীব্রতা (Net pressure intensity-q_n)** ঃ সর্বমোট চাপের তীব্রতা হতে ওভার বার্ডেন চাপের তীব্রতার বিয়োগফলই নিট চাপের তীব্রতা অর্থাৎ $q_n = q - \gamma D$ (এখানে D ফুটিং এর গভীরতা এবং γ ভিত্তির মৃত্তিকার একক আয়তনের ওজন)।

৩। **চরম ভারবহন ক্ষমতা (Ultimate bearing capacity-q_u)** ঃ শিয়ারে নিষ্ফল হওয়ার পূর্বলগ্নে মৃত্তিকা প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ চাপ নিতে পারে, ঐ পরিমাণ ভারকে মৃত্তিকার চরম ভারবহন ক্ষমতা (q_u) বলা হয়।

৪। **নিট চরম ভারবহন ক্ষমতা (Net ultimate bearing capacity capacity-q_{nu})** ঃ সর্বনিম্ন যে পরিমাণ নিট চাপের তীব্রতায় ভিত্তি তলের মৃত্তিকায় শিয়ার নিষ্ফলতার প্রবণতা দেখা দেয়, ঐ নিট চাপকে মৃত্তিকার নিট চরম ভার বহনক্ষমতা (q_{nu}) বলা হয়। চরম ভারবহন ক্ষমতা হতে ওভার বার্ডেন চাপ বাদ দিলে নিট চরম ভারবহন ক্ষমতা পাওয়া যায়। অর্থাৎ $q_{nu} = q_u - \gamma D$

৫। **নিট নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা (Net safe bearing capacity)** ঃ নিট চরম ভারবহন ক্ষমতাকে নিরাপত্তা গুণক F দিয়ে ভাগ করলে নিট নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা পাওয়া যায়। অর্থাৎ $q_{ns} = \frac{q_{nu}}{F}$ (F এর মান সচরাচর ৩ ধরা হয়)।

৬। **নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা (Safe bearing Capacity)** ঃ ভিত্তিতলের মৃত্তিকা শিয়ারে নিষ্ফল হওয়ার ঝুঁকি ব্যতিরেকে স্বচ্ছন্দে ও নিরাপদে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ ভার নিতে সক্ষম, তাকে নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা (q_s) বলা হয়। নিট নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতার সাথে মূল ওভার বার্ডেন চাপের সমষ্টিই মৃত্তিকার নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা। অর্থাৎ $q_s = \frac{q_{nu}}{F} + \gamma D$

কোন কোন ক্ষেত্রে মোট চরম ভারবহন ক্ষমতাকে নিরাপত্তা গুণক দিয়ে ভাগ করেও নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় করা হয়। এক্ষেত্রে $q_s = \frac{q_u}{F}$

ধরা যাক, কোন স্থানের মাটির চরম ভারবহন ক্ষমতা 250 কিলো নিউটন/বর্গমিটার। এতে 1 মিটার প্রস্থের স্ট্রিপ ফুটিং ভিত্তি মাটির 1.2 মিটার গভীরে নির্মাণ করা হবে। মাটির একক ওজন = 20 নিউটন/ ঘনমিটার। উক্ত স্থানের মাটির–

(ক) নিট চরম ভারবহন ক্ষমতা (q_{nu})

(খ) নিট নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা (q_{ns})

(গ) নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা (q_s) নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ভিত্তির 1 মিটার দৈর্ঘ্য বিবেচনা করে-

(ক) নিট চরম ভারবহন ক্ষমতা, $q_{nu} = q_u - \gamma D$

$= 250 - 20 \times 1.2$

$= 226\ KN/m^2$

(খ) নিট নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা, $q_{ns} = \frac{q_{nu}}{F}$

(নিরাপত্তা গুণক F = 3 ধরে) $= \frac{226}{3}$

$= 75.33\ KN/m^2$

(গ) নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা, $q_s = \frac{q_{nu}}{F} + \gamma D$

$= \frac{226}{3} + 20 \times 1.2$

$= 99.33\ KN/m^2$

৭। **গ্রহণযোগ্য ভারবহন ক্ষমতা (Allowable bearing capacity-q_{na}) ঃ** ভিত্তি তলের মৃত্তিকার শিয়ার নিষ্ফলতা ও দেবে যাওয়ার প্রবণতার প্রতি লক্ষ রেখে সর্বাধিক যে পরিমাণ ভারবহন ক্ষমতা বিবেচনা করে ভিত্তি ডিজাইন করা হয়, তাকে গ্রহণযোগ্য ভারবহন ক্ষমতা (q_{na}) বলা হয়।

মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা তার ভৌত, সূচক ও উদক ধর্মাবলির উপর নির্ভর করে। পারিপার্শ্বিক অবস্থাও মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতার উপর প্রভাব ফেলে থাকে। ভূনিম্নস্থ পানি সমতার অবস্থান, মৃত্তিকায় জলীয় কণার মাত্রা ইত্যাদিও ভারবহন ক্ষমতার হ্রাস বৃদ্ধি ঘটিয়ে থাকে। স্বল্প ভয়েড, ওজনে ভারী মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা অধিক ভয়েড (Void) এর অপেক্ষাকৃত হালকা মৃত্তিকা অপেক্ষা অধিক হয়ে থাকে। গ্র্যাভেল, শক্ত শিলা ও বালির ভারবহন ক্ষমতা অধিক হয়। বালিতে চাপ প্রয়োগের পর প্রাথমিক অবস্থায় যে পরিমাণ দেবে যায়, পরবর্তীতে এর দেবে যাওয়ার প্রবণতা থাকে না বললেই চলে। পলি ও কাদামাটির ভারবহন ক্ষমতা একেবারেই নগণ্য। আমাদের দেশের মৃত্তিকার গড় পড়তা ভারবহন ক্ষমতা ৯.৭০ টন/বর্গমিটার হতে ১০.৮০ টন/বর্গমিটার। অবশ্য মৃত্তিকার বিভিন্ন ধর্মাবলি ও পারিপার্শ্বিক অবস্থার জন্য বিভিন্ন ক্ষেত্রে এ মানের বিস্তর ব্যবধানও দেখা যায়। নিম্নে বিভিন্ন ধরনের মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতার একটি তালিকা দেয়া হল ঃ

মৃত্তিকার ধরন		নিরাপদ ভার বহনক্ষমতা টন/বর্গমিটার
পাথর	শক্ত নিখুঁত পাথর স্তর	১৯৯-৫৫১
	লেমিনেটেড পাথর স্তর	৭৭
	খণ্ডিত পাথরের স্তর	১১২
	নরম পাথর	৭৭
সংসক্তিহীন মৃত্তিকা	দৃঢ়াবদ্ধ গ্র্যাভেল, বালি ও গ্র্যাভেল	৭৭-৯৭
	শুষ্ক দৃঢ়াবদ্ধ মোটা বালি	৩১-৭৭
	শুষ্ক দৃঢ়াবদ্ধ মধ্যম মানের বালি	২৫
	সূক্ষ্ম বালি, পলি	১৫
	অদৃঢ়াবদ্ধ গ্র্যাভেল বা বালি	৩৬
	অদৃঢ়াবদ্ধ ও শুষ্ক সূক্ষ্ম বালি	১৯
সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকা	নরম শেল, কঠিন ও অনমনীয় কাদা	৪৯
	মধ্যম মানের কাদা	১৯
	কাদা ও বালির মিশ্রণ, ভিজা কাদা	১৫
	নরম কাদা	১০
	খুব নরম কাদা	৫
	ব্ল্যাক কটন সয়েল পীট	পরীক্ষানির্ভর

৯.২ সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকায় পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স ও আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস এর মধ্যে সম্পর্ক (Corelation between Penetration resistance & Unconfined Compressive strength of cohesive soil) ঃ

সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকায় আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথের (qu) উপর পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স 'N' এর মান বিশেষভাবে নির্ভর করে। যদি মৃত্তিকা দৃঢ় (Compect), স্টিফ (Stiff) হয়, তবে পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্সের মান অর্থাৎ N-এর মান অধিক হবে। পেনিট্রেশন নম্বর 'N'-এর মান হতে সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকার কন্সিসটেন্সী ও আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস এর মান মোটামুটিভাবে জানা যায় (যেহেতু এ সম্পর্ক পুরোপুরি স্বতঃসিদ্ধ নয়, তাই শিয়ার টেস্ট করে নেয়া উত্তম)। আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস সচরাচর নিম্নের সমীকরণ হতে নির্ণয় করা হয় ঃ

আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস, $q_u = 1.25\ N$

এখানে, q_u = আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেস (টন/বর্গমিটার)

N = পেনিট্রেশন নম্বর

নিচে N এর সাথে মৃত্তিকার কন্সিসটেন্সী ও আনকনফাইন্ড কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথের (q_u) একটি তালিকা দেয়া হল ঃ (সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকায় জন্য পেক ও টারজাগীর মত অনুযায়ী।)

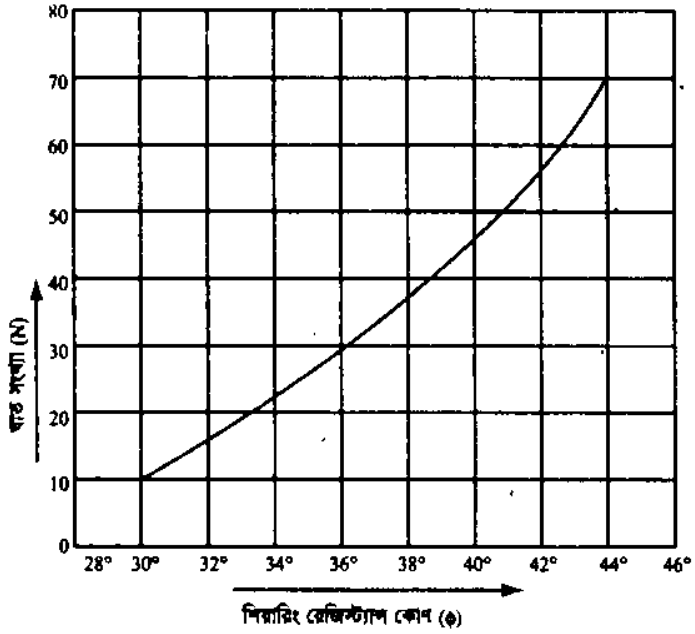
পেনিট্রেশন নম্বর, N	কন্সিসটেন্সী	কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ, q_u (t/m^2)
০-২	খুব নরম	<২.৫
২-৪	নরম	২.৫ - ৫.০০
৪ - ৮	মিডিয়াম	৫.০ - ১০.০
৮ - ১৫	স্টিফ	১০.০ - ২০.০
১৫ - ৩০	খুব বেশি স্টিফ	২০.০ - ৪০.০
> ৩০	শক্ত	> ৪০.০

৯.৩ সংসক্তিহীন মৃত্তিকায় পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স ও শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণ এর মধ্যে সম্পর্ক (Correlation between penetration resistance & angle of shearing resistance for Cohesion less soil) ঃ

সংসক্তিহীন মৃত্তিকার আপেক্ষিক ঘনত্বের উপর পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স ও শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণ অনেকাংশে নির্ভর করে। পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স 'N'-এর মান যত বাড়ে শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণের (ϕ) মান তত বাড়ে। নিচের ছকে পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স 'N'-এর মানের বিপরীতে শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোণ (ϕ) ও গাঢ়ত্ব (Denseness) এর সম্পর্ক নিচে উদ্ধৃত করা হল ঃ

N	শিয়ারিং রেজিস্টিং কোণ (ϕ)	মাটির গাঢ়ত্ব (Denseness)
0 – 4	25° – 32°	খুব আলগা (Very loose)
4 – 10	27° – 35°	আলগা (Loose)
10 – 30	30° – 40°	মধ্যম (Medium)
30 – 50	35° – 45°	গাঢ় (dense)
> 50	> 45°	খুবই গাঢ় (Very dense)

* নিচের গ্রাফে ও ছকে পেনিট্রেশন নম্বর N ও গড় শিয়ারিং রেজিস্ট্যান্স কোন (ϕ') সম্পর্ক দেখানো হল ঃ



N	ϕ'
10	30°
20	33°
30	36°
40	38°
50	41°
60	43°

চিত্র ঃ ৯.৩

৯.৪ আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা হতে মাটির ভারবহন ক্ষমতা (Bearing Capacity from Standard Penetration test) ঃ

সপ্তম অধ্যায়ে আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। এ পরীক্ষাটি সাধারণত সংসক্তিহীন (non-cohesive) মৃত্তিকার ক্ষেত্রে করা হয়ে থাকে এবং পেনিট্রেশন সংখ্যা (N) হতে এর ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় করা হয়। এ পরীক্ষাটি নির্দিষ্ট কয়েকটি বিন্দুতে (উন্নয়) করা হয়। সাধারণত ৭৫ সেমি. পর পর বা মৃত্তিকা স্তর পরিবর্তনীয় বিন্দুতে এ পরীক্ষাটি করা হয়। ভিত্তির প্রস্থের ১.৫ হতে ২.০০ গুণ গভীরতা (ভিত্তির তলদেশ হতে) পর্যন্ত এ পরীক্ষা করে গড় 'N'-এর মান নেয়া হয়। মৃত্তিকার চরম ভারবহন ক্ষমতা আন্তঃঘর্ষণ কোণের (ϕ, angle of internal friction) সহিত সম্পর্কিত এবং ϕ-ও সরাসরি N-এর সহিত সম্পর্কিত।

১৯৬২ সালে টেঙ্গ (Teng) স্ট্রীপ ফুটিং এর জন্য নেট চরম ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ে নিম্নের সূত্রটি প্রদান করে।

$$q_{nu} = \frac{১}{৬০}[৩N^2BW_\gamma + ৫(১০০ + N^2)D_f W_q \text{ -------- (ক)}$$

এখানে q_{nu} = নেট চরম ভারবহন ক্ষমতা (টন/বর্গমিটার)

N = গড় পেনিট্রেশন সংখ্যা

B = ভিত্তির প্রস্থ

D_f = ভিত্তির গভীরতা (যদি $D_f > B$ হয় তবে $D_f = B$ হবে)

$$W_\gamma = ০.৫ + \frac{০.৫b}{B} \leq ১$$

(b = ভিত্তিতল হতে নিচে পানি সমতা পর্যন্ত উন্নয় দূরত্ব, যখন পানি সমতা ভিত্তিতলের নিচে অবস্থান করে)

$$W_q = ১ - \frac{০.৫a}{D_f}$$

(a = ভিত্তিতল হতে উপরে পানি সমতা পর্যন্ত দূরত্ব, যখন পানি সমতা ভিত্তি তলের উপরে অবস্থান করে)

* যদি ভিত্তিতল হতে পানি সমতা ভিত্তির প্রস্থের সমান বা তার চেয়েও অধিক নিচে অবস্থান করে, তবে এতে ভিত্তির ভারবহন ক্ষমতায় কোনরূপ প্রভাব পড়ে না।

W_γ ও W_q কে পানিতলের শুদ্ধির সহগ (Water table Correction factor) বলা হয়।

বর্গাকার বা বৃত্তাকার ফুটিং এর নেট চরম ভারবহন ক্ষমতা,

$$q_{nu} = \frac{1}{৩০}\,[N^2BW_\gamma + ৩(১০০ + N^2)D_fW_q] \text{ ---------- (খ)}$$

উপরোক্ত (ক) ও (খ) উভয় সমীকরণে q_{nu}-এর মানকে সচরাচর ৩ দিয়ে ভাগ করলে গ্রহণীয় ভারবহন ক্ষমতা (Allowble Bearing Capacity) পাওয়া যাবে।

উদাহরণ-১। সংসক্তি-প্রবণ মাটিতে 5 মিটার গভীরে পেনিট্রেশন নম্বর ১০ হলে ঐ স্থানের মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় কর।

সমাধান: বর্গাকার ফুটিং এর ক্ষেত্রে, নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা = ১৬ × ১০ = ১৬০ কি.নি./বর্গমিটার

অবিচ্ছিন্ন ফুটিং এর ক্ষেত্রে, নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা = ১২ × ১০ = ১২০ কি.নি./বর্গমিটার

উদাহরণ-২। একটি কাদামাটির নমুনায় ৫ মিটার গভীরে গড় আদর্শ পেনিট্রেশন নাম্বার পাওয়া গেল ১২। ঐ স্থানে মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

বর্গাকার ফুটিং এর ক্ষেত্রে $q_s = 16\ KN/m^2$

∴ নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা $= 16 \times 12$

$= 192\ KN/m^2$

অবিচ্ছন্ন ফুটিং এর ক্ষেত্রে $= 12 \times 12$

$= 144\ KN/m^2$

∴ নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা $= 144\ KN/m^2$ **(Ans.)**

উদাহরণ-৩। কোন খেলার মাঠের মৃত্তিকা ২.৪৫ মিঃ বর্গাকার ভিত্তি নিরাপদে বহন করতে সক্ষম। যদি উক্তস্থানে ভিত্তির গভীরতা ২.০০ মিটার এবং পেনিট্রেশন সংখ্যা ১২ হয়। তবে নিম্নের শর্তসাপেক্ষে উক্ত স্থানের মৃত্তিকার গ্রহণীয় নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় কর। নিরাপত্তা গুণক ৩ ।

(ক) পানি সমতা ভিত্তিতলের পর্যাপ্ত নিচে।

(খ) পানি সমতা ভিত্তিতলের ০.৫ মিটার নিচে।

(গ) পানি সমতা ভিত্তিতলের ০.৫ মিটার উপরে।

সমাধান: (ক) যখন পানি সমতা ভিত্তিতলের পর্যাপ্ত নিচে হওয়ায় নেট চরম ভারবহন ক্ষমতা,

$$q_{nu} = \frac{১}{৩০}\,[N^2.B.W_\gamma + ৩\,(১০০ + N^2)D_f.W_q]$$

$$= \frac{১}{৩০}\,[১২^২(২.৪৫).১ + ৩(১০০ + ১২^২) \times ২ \times ১]$$

$$= ৬০.৫৬ \text{ টন/বর্গমিটার}$$

অতএব গ্রহণীয় নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা $= \frac{৬০.৫৬}{৩}$

$= ২০.১৯$ টন/বর্গমিটার

(খ) পানি সমতা যখন ভিত্তি তলের ০.৫ মিটার নিচে

তখন $W_\gamma = ০.৫ + \frac{০.৫ \times ০.৫}{২.৪৫} = ০.৫৫৯ \angle ১$

অতএব ০.৫৫৯ গ্রহণযোগ্য

এবং $W_q = ১.০০$ যেহেতু পানি সমতা নিচে

অতএব $q_{nu} = \frac{১}{৩০} [N^2.B.W_\gamma + ৩(১০০ + N^2)D_f W_q]$

$= \frac{১}{৩০} [১২^২(২.৪৫)(.৫৫৯)+৩(১০০+১২^২)(২.০০)(১.০০)]$

$= ৫৫.৩৭$ টন/বর্গমিটার

গ্রহণীয় নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা $= \frac{৫৫.৩৭}{৩} = ১৮.৪৫$ টন/বর্গমিটার

(গ) পানি সমতা যখন ভিত্তিতলের ০.৫ মিটার উপরে তখন

$W_q = 1 - \frac{0.5a}{D_f}$

$= ১ - \frac{০.৫ \times ০.৫}{২} = ০.৮৭৫ \angle ১$

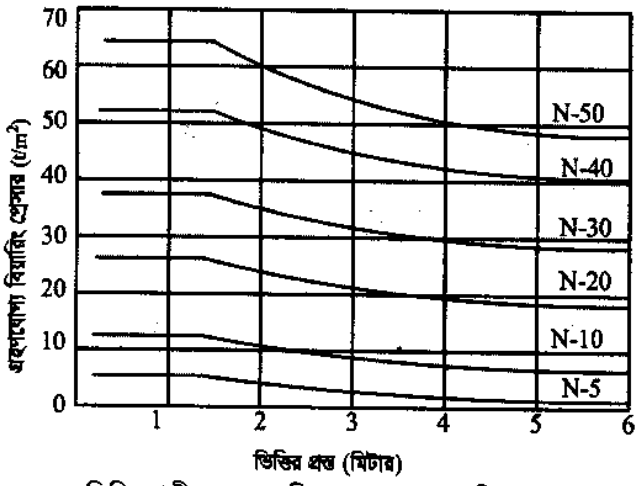
অতএব, ০.৮৭৫ গ্রহণযোগ্য

$W_\gamma = ১.০০$ (যেহেতু পানি সমতা উপরে)

অতএব $q_{nu} = \frac{১}{৩০} [১২^২(২.৪৫)(১.০০)+৩(১০০ + ১২^২)(২.০০)(০.৮৭৫)] = ৫৪.৪৬$ টন/বর্গমিটার

নির্ণেয় গ্রহণীয় নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা $= \frac{৫৪.৪৬}{৩} = ১৮.১৫$ টন/বর্গমিটার

● এখানে ভিত্তির প্রস্থ ও পেনিট্রেশন সংখ্যা এর ভিত্তিতে টারজাগী পেক অনুমোদিত মাটির ভারবহন ক্ষমতার একটি চার্ট/গ্রাফ দেয়া হল।



ভিত্তির গভীরতা সহগ বিবেচনায় আনা হয় নি।

সেটেলমেন্ট = 25 mm (টারজাগী-পেক, ১৯৬৭)

চিত্র ঃ ৯.৪

● নিম্নের অভিজ্ঞতামূলক সমীকরণ হতে কাদামাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় করা যেতে পারে-

(ক) বর্গাকার ফুটিং এর ক্ষেত্রে, $q_s = 16N$ কিলোনিউটন/বর্গমিটার

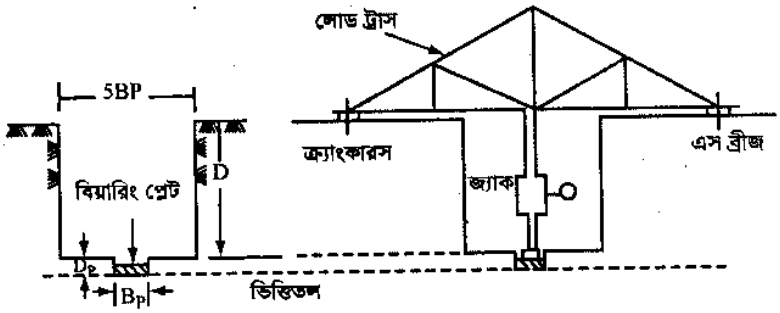
(খ) অবিচ্ছিন্ন ফুটি এর ক্ষেত্রে $q_s = 12N$ কিলোনিউটন/বর্গমিটার।

৯.৪.১ প্লেট লোড পরীক্ষা (Plate Load Test) ঃ

মৃত্তিকার চরম ভারবহন ক্ষমতা নিরূপণের জন্য প্লেট লোড টেস্ট করা হয়। এটি একটি ফিল্ড টেস্ট (Field test)। এর মাধ্যমে প্রতি ধাপ ভার বৃদ্ধির জন্য মৃত্তিকা কী পরিমাণ দেবে যায় (Settlement) তাও জানা যায়। এ পরীক্ষায় মৃত্তিকার উপর প্লেট স্থাপন করে সরাসরি ভার প্রয়োগ করে দেবে যাওয়ার মাত্রা জানা যায়। যে পরিমাণ ভার প্রয়োগের ফলে প্লেট মৃত্তিকায় দ্রুত দেবে যেতে আরম্ভ করে, ঐ পরিমাণ ভারকেই চরম ভারবহন ক্ষমতা ধরা হয়। এ পরীক্ষায় ব্যবহৃত বিয়ারিং প্লেটের আকার সর্বনিম্ন ২৫ × ২৫ সেমি. এবং সর্বোচ্চ ৭৫ সেমি. × ৭৫ সেমি. বর্গাকারের হয়ে থাকে। প্লেটের পুরুত্ব এমন হতে হবে যেন এটি প্রয়োগকৃত ভারে টিকে থাকতে পারে। তবে এটার পুরুত্ব কোন ক্রমেই ২৫ মিমি. এর কম হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়। এ পরীক্ষার জন্য ইস্পাতের তৈরি পাত ব্যবহৃত হয়।

এ পদ্ধতিতে ভারবহন ক্ষমতা নিরূপণের জন্য নির্দিষ্ট স্থানে ভিত্তির গভীরতার তল পর্যন্ত গর্ত করে নেয়া হয়। গর্তের আকার $5B_p \times 5B_p$ হবে (B_p = পাতের প্রস্থ)। এরপর গর্তের কেন্দ্রে $B_p \times B_p$ আকারের একটি গর্ত D_p পরিমাণ গভীরতায় খনন করা হয়, যেন $\frac{D_p}{B_p} = \frac{D_f}{B_f}$ হয় (এখানে D_f ভিত্তির গভীরতা, B_f গর্তের প্রস্থ)। (চিত্র ৯.৩ক/খ) পরীক্ষাটি সম্পাদনের জন্য কেন্দ্রীয় গর্তে পাত (Bearing plate) বসান হয় এবং পাতের উপর ইম্প্যাক্ট (Impact) ব্যতিরেকে হাইড্রোলিক জেকের সাহায্যে বা সরাসরি পাতের উপর স্থাপিত প্লাটফর্মের উপর ভার প্রদান করা হয়। সরাসরি ভরের ক্ষেত্রে সাধারণত ওজন করা বালির বস্তা দেয়া হয়। প্রাথমিক পর্যায়ে সাধারণত প্রতিবর্গমিটারে ০.৭ টন ভার সেটিং লোড হিসেবে দেয়ার কিছুক্ষণের মধ্যে ভার অপসারণ করা হয়। এরপর আনুমানিক নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতার এক পঞ্চমাংশ বা আনুমানিক চরম ভারবহন ক্ষমতার এক দশমাংশ ভার প্রতি ধাপে দেয়া হয় এবং ১,৫,১০,২০,৬০ মিনিটে দেবে যাওয়ার পরিমাণ লিপিবদ্ধ করা হয়। এর পর প্রতি ঘন্টা পর দেবে যাওয়ার পরিমাণ লিপিবদ্ধ করা হয়। কাদা মৃত্তিকার ক্ষেত্রে প্রতি ঘন্টায় ০.২ মিলিমিটারের কম হারে দেবে যাওয়া পর্যন্ত প্রতি ঘন্টা অন্তর অন্তর দেবে যাওয়ার পরিমাণ লিপিবদ্ধ করা হয়। তারপর পরবর্তী ধাপ লোড দেয়া হয় এবং উপরে বর্ণিত নিয়মমত দেবে যাওয়ার মাত্রা লিপিবদ্ধ করা হয়। প্রতি ঘন্টায় দেবে যাওয়ার পরিমাণ ০.০২ মিমি এর কম হলে পরবর্তী মাত্রায় ভার প্রয়োগ করতে হবে। সর্বশেষে লোডের পরিমাণ হবে আনুমানিক চরম ভারবহন ক্ষমতার $১\frac{১}{২}$ গুণ বা প্রস্তাবিত গ্রহণীয় ভারবহন ক্ষমতার ৩ গুণ (২৫ মিমি দেবে যাওয়া বা শিয়ারে নিস্ফল হয়ার পূর্ব পর্যন্ত চূড়ান্ত পর্যায়ে ভার দিতে হবে)। প্লেট লোড টেস্টে প্রাপ্ত তথ্যাদি হতে প্রস্তাবিত ভিত্তির q_u (f), S_f, ইত্যাদি নির্ণয়ে নিম্নের সমীকরণগুলো ব্যবহার করা হয়।

এখানে উল্লেখ্য যে, উক্ত পরীক্ষা চলাকালে গর্তে পানি আসলে তা নিষ্কাশন করে পানি সমতা ভিত্তির গভীরতার নিচে নামিয়ে নিতে হবে।



চিত্র ঃ ৯.৪ (ক/খ)

qu(f) = ভিত্তির চরম ভারবহন ক্ষমতা

qu(p) = পাতের নিচের মৃত্তিকার চরম ভারবহন ক্ষমতা

S(f) = ভিত্তির দেবে যাওয়ার পরিমাণ

S(p) = পাতের দেবে যাওয়ার পরিমাণ

কাদা মৃত্তিকার জন্য

ক) qu (f) = qu (p)

(খ) $S_f = Sp.\frac{B_f}{B_p}$

বালি মৃত্তিকার জন্য

ক) $qu(f) = qu\ (p).\frac{B_f}{B_p}$

খ. $S_f = Sp\left[\frac{B_f(B_p + 0.30)}{B_p(B_f + 0.30)}\right]^{২}$

৯.৪.২ প্লেট লোড পরীক্ষার সীমাবদ্ধতা (Limitations of plate load Test) ঃ

প্লেট লোড পরীক্ষায় নিম্নের সীমাবদ্ধতাগুলো পরিলক্ষিত হয়।

(ক) চাপীয় এলাকা ঃ উক্ত পরীক্ষা শুধুমাত্র 'প্রেসার ভালভ' এলাকার মৃত্তিকার শক্তি ও দেবে যাওয়ার মাত্রা সম্পর্কে তথ্যাদি প্রদান করে। তাই এটি গভীরতর মৃত্তিকার স্তর সম্পর্কে প্রকৃত তথ্য প্রদান করে না।

(খ) পাতের আকার ঃ যদিও সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকার সম্পৃক্ত অবস্থায় চরমভার বহন ক্ষমতা পাতের আকারের উপর নির্ভর করে না। কিন্তু সংসক্তিহীন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে পাতের আকার বৃদ্ধির সাথে এটির ভারবহন ক্ষমতার হারও বৃদ্ধি পায়। তাই উক্ত পরীক্ষা সংসক্তিহীন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে প্রকৃত অবস্থা উপস্থাপন করে না। এরূপ মৃত্তিকার ক্ষেত্রে বিভিন্ন আকারের পাত ব্যবহার করে গড় ভারবহন ক্ষমতা নেয়াই যুক্তিযুক্ত।

(গ) সময়ের ব্যাপ্ততা ঃ উক্ত পরীক্ষা সংক্ষিপ্ত সময়ের মধ্যে সমাপ্ত করা হয়। ফলে কাদা মৃত্তিকা প্রকৃত দেবে যাওয়ার পরিমাণ প্রদর্শন করে না এবং দেবে যাওয়ার পরিমাণ ও ভারের প্রতিনিধিত্বকারী কার্ভ ও প্রকৃত অবস্থা দেখায় না।

(ঘ) ফলাফলের ব্যাখ্যাকরণ ঃ উক্ত পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলে নিষ্ফল ভার (failure load) স্পষ্টভাবে চিহ্নিত করে না (শুধুমাত্র সাধারণ শিয়ার নিষ্ফলতা ব্যতীত)। তাই অন্যান্য নিষ্ফলতায় ব্যক্তি বিশেষ ভ্রান্ত সিদ্ধান্তে উপনীত হতে পারে এবং ফলাফল বিশ্লেষণে বিঘ্নতা দেখা দিতে পারে।

(ঙ) অর্পিত ভার ঃ সচরাচর এটিতে ২৫ টনের অধিক ভরের প্রয়োগ দেখা যায় না। ফলত বৃহৎ আকারের (৬০ সেমি বেশি প্রস্থের) পাত ব্যবহার করে অধিক ভার প্রয়োগ করতে অসুবিধার সম্মুখীন হতে হয়।

(চ) পানি সমতা ঃ ভূনিম্নস্থ পানি সমতা মৃত্তিকার ভারবহনে প্রভাব ফেলে। ফলত ভিত্তিতলের উপরে পানি সমতা থাকলে পাম্পিং এর মাধ্যমে পানি সমতাকে নিচে নামিয়ে উক্ত পরীক্ষা সম্পাদন করতে হয়।

৯.৫ ভিত্তি দেবে যাওয়ার কারণ (Causes of Foundation Settlement) ঃ

সাধারণভাবে বলা যায় যে, ভিত্তি প্রধানত, দু'টি কারণে দেবে যেতে পারে।

(ক) ভারজনিত কারণ (settlement under loads) ও খ) ভার ছাড়া অন্যান্য কারণ (Settlement due to other Causes) । প্রথমোক্তটিকে তিন ভাগে ভাগ করা যেতে পারে, যথা ঃ

১। **তাৎক্ষণিক বা স্থিতিস্থাপক দেবে যাওয়া (Si, Immediate or elastic Settlement) ঃ** এ ধরনের সেটেলমেন্ট কাঠামো নির্মাণ কালে বা নির্মাণের অব্যবহিত পরেই ঘটে থাকে। ভিত্তির মৃত্তিকায় বিন্নতা ঘটায় এ সেটেলমেন্ট হয়ে থাকে (যদিও এটি প্রকৃতভাবে স্থিতিস্থাপক নয় তবু স্থিতিস্থাপকতার সূত্রেই এটি নিরূপণ করা হয়)।

২। **কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট (Sc, Consolidation settlement) ঃ** মৃত্তিকার রন্ধ্র হতে পানি অপসারিত হয়ার ফলে এটি ঘটে থাকে। এটির প্রকৃতি মৃত্তিকার কনসলিডেশনের অনুরূপ।

৩। **সেকেন্ডারি কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট** (Ss, Secondary Consolidation settlement) **ঃ** প্রাথমিক কনসলিডেশনের সমাপ্তির পর পরই এটি ঘটে থাকে। অজৈব কাদা ও পলি মিশ্রিত কাদার ক্ষেত্রে এটির পরিমাণ খুবই নগন্য।

উপরোক্ত সেটেলমেন্ট ত্রয়ের সমষ্টিই ভারবহনজনিত কারণের সেটেলমেন্ট (S) = Si + Sc + Ss

(খ) সেটেলমেন্টের অন্যান্য কারণ ঃ

১। **তাপমাত্রার পরিবর্তন ঃ** তাপমাত্রা হ্রাস পাওয়ার ফলে প্রসারণীয় মৃত্তিকায় সংকোচন সৃষ্টি করে। ফলে সেটেলমেন্ট ঘটে।

২। **তুষার গলা ঃ** কাঠামোর ভিত্তি বরফ পেনিট্রেশন গভীরতার নিচ পর্যন্ত না থাকলে তুষার গলে যাওয়ার ফলে সেটেলমেন্ট ঘটে।

৩। **কম্পন ও আঘাত ঃ** শিথিল সংসক্তিহীন মৃত্তিকায় কম্পন ও আঘাত জনিত কারণে সেটেলমেন্ট ঘটে।

৪। **ভূনিম্নস্থ ক্ষয় ঃ** ভূনিম্নস্থ ভিত্তিতলের গভীরে মৃত্তিকা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে ফাঁকা সৃষ্টি হলে সেটেলমেন্ট ঘটে।

৫। **মৃত্তিকার কাঠামোতে বৈকল্য ঃ** সংসক্তিহীন মৃত্তিকা, জিপসাম পলি ও কাদা ইত্যাদি জাতীয় মৃত্তিকার কণাগুলোর বন্ডে বৈকল্য দেখা দিলে সেটেলমেন্ট ঘটতে পারে।

৬। **ভিত্তির ধারের মৃত্তিকায় বিন্নতা ঃ** পুরান ভিত্তির পাশে নতুন কাঠামো নির্মাণ করলে পীড়নজনিত কারণে সেটেলমেন্ট ঘটে।

৭। **ঢালে অস্থায়ীত্বশীলতাঃ** মৃত্তিকার ঢাল ভেঙ্গে যাওয়ার ফলে কাঠামোতে বৃহৎ ধরনের সেটেলমেন্ট ঘটে থাকে।

৮। **খনিজ সামগ্রীর উত্তোলনঃ** খনিজ সামগ্রীর উত্তোলনের ফলে মৃত্তিকার নিম্নমুখী যাওয়ার প্রবণতায় সেটেলমেন্ট ঘটতে পারে।

৯। **ক্রীপ হওয়ায় ঃ** কাদা মৃত্তিকার ঢালে ক্রীপ হয়ার ফলে ও ভিত্তি দেবে যেতে পারে।

১০। **ভূনিম্নস্থ পানি সমতা ঃ** ভূনিম্নস্থ পানি সমতার অবস্থানগত পরিবর্তনের জন্য ও কাঠামোর ভিত্তি দেবে যেতে পারে।

অনুশীলনী-৯

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতার সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০২, ২০১০]

উত্তর মৃত্তিকা একক ক্ষেত্রফলে সে পরিমাণ ভারবহন করতে পারে, তাকে মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা বলে।

২। **মৃত্তিকার গ্রহণযোগ্য ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ভিত্তি তলের মৃত্তিকার শিয়ার নিষ্ফলতা ও দেবে যাওয়ার প্রবণতার প্রতি লক্ষ রেখে সর্বাধিক যে পরিমাণ ভারবহন ক্ষমতা বিবেচনা করে ভিত্তি ডিজাইন করা হয়, তাই মৃত্তিকার গ্রহণযোগ্য ভারবহন ক্ষমতা।

৩। **কোন ধরনের মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা অধিক?**

উত্তর স্বল্প ভয়েডের ওজনে ভারী মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা অধিক।

৪। **আমাদের দেশের মৃত্তিকার গড়পড়তা ভারবহন ক্ষমতা কত?**

উত্তর আমাদের বাংলাদেশের মৃত্তিকার গড়পড়তা ভারবহন ক্ষমতা ৯.৭০ টন/ বর্গমিটার হতে ১০.৮০ টন/ বর্গমিটার হয়ে থাকে।

৫। **কোন ধরনের মৃত্তিকায় S.P.T করা হয়?**

উত্তর সাধারণত সংসক্তিহীন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে S.P.T করা হয়।

৬। **ভিত্তির ক্ষেত্রে S.P.T কতটুকু গভীরতা পর্যন্ত করা হয়?**

উত্তর ভিত্তির ক্ষেত্রে ভিত্তিতল হতে ভিত্তির প্রস্থের ১.৫০ হতে ২.০০ গুণ গভীরতা পর্যন্ত S.P.T করা হয়।

৭। **পেনিট্রেশন সংখ্যা হতে বর্গাকার ফুটিং এর নেট চরম ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ।**

উত্তর নেট চরম ভারবহন ক্ষমতা, $q(nu) = \frac{1}{30}\ [N^2BW_r + 3\ (100 + N^2)\ D_f\ W_q]$

৮। **কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট কী?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর মৃত্তিকার রন্ধ্র হতে পানি অপসারিত হয়ার ফলে সে সেটেলমেন্ট ঘটে, তাই কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট।

৯। **ভারজনিত কারণে কী কী ধরনের সেটেলমেন্ট ঘটে থাকে?**

উত্তর ভারজনিত কারণে (ক) তাৎক্ষণিক সেটেলমেন্ট (খ) কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট ও (গ) সেকেন্ডারি কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট ঘটে থাকে।

১০। **ভিত্তির স্থিতিস্থাপক দেবে যাওয়া বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ভিত্তি নির্মাণকালে বা নির্মাণ সমাপ্তির পর পরই ভিত্তির মাটিতে বিঘ্নতা ঘটার ফলশ্রুতিতে ভিত্তির স্থিতিস্থাপক দেবে যাওয়া ঘটে থাকে।

১১। **নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৯, ১০, ১৩]

উত্তর ভিত্তিতলের মৃত্তিকা শিয়ারে নিষ্ফল হওয়ার ঝুঁকি ব্যতিরেকে স্বচ্ছন্দে ও নিরাপদে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ ভারবহন করতে পারে, তাকে মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলে।

১২। **পানির তল উপরে চলে আসলে ভারবহন ক্ষমতার উপর কোন প্রভাব পড়ে?** [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ পানি তল উপরে চলে আসলে ভারবহন ক্ষমতার উপর প্রভাব পড়ে এতে মাটি ভারবহন ক্ষমতা হ্রাস পায়।

১৩। **মাটির চরম ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর ঃ শিয়ার নিষ্ফল হওয়ার পূর্বলগ্নে মাটি প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ চাপ নিতে পারে, ঐ পরিমাণ ভারকে মাটির চরম ভারবহন ক্ষমতা (q_u) বলা হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। **মৃত্তিকার চরম ভারবহন ক্ষমতাও নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৪, ০৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **ভারজনিত কারণে সৃষ্ট সেটেলমেন্টগুলো সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে?** [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.১ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ের প্লেটলোড পরীক্ষাটি বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪, ১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **প্লেট লোড পরীক্ষার সীমাবদ্ধতাগুলো আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৭, ০০, ১১, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **ভিত্তি দেবে যাওয়ার কারণগুলো আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০২, ০৮, ১০, ১১, ১৩]

অথবা, মাটি বসে যাওয়ার ৪টি কারণ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **ভিত্তি ব্যর্থ হওয়ার কারণগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০০২, ১০, ২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা হতে মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১০

ভিত্তি সংস্থাপন
(Setting out Foundation)

১০.১ ভিত্তি সংস্থাপনের অর্থ (Meaning of Setting out foundation) ঃ

যে কোন কাঠামোর ভিত্তি সংস্থাপন একটি অতীব গুরুত্বপূর্ণ দিক। ভিত্তি সংস্থাপনের উপরই কাঠামোর পরবর্তী ধাপগুলো রচিত হয়। ভিত্তির সমতলতার উপরই ভিত্তিতে ভার বহনের সামঞ্জস্যতা নির্ভর করে। তাই ডিজাইন অনুসারে প্রণীত নকশার উপর ভিত্তি করে ভিত্তির প্রস্থ, গভীরতা ইত্যাদি সংক্রান্ত কার্যক্রম সুষ্ঠুভাবে ভূমিতে চিহ্নিতকরণকেই ভিত্তি সংস্থাপন (Setting out foundation) বলা হয়।

ভিত্তি সংস্থাপনের জন্য প্রয়োজনীয় মালামাল ও যন্ত্রপাতির তালিকা ঃ

(i) নকশা (বিশেষ করে সাইট প্লান ও ট্রেন্স প্লান সেকশন)

(ii) রশি (প্রয়োজনীয় পরিমাণ)

(iii) গুঁড়া চুন (প্রয়োজন মতো)

(iv) কাঠ বা বাঁশের খুঁটি (প্রয়োজনীয় সংখ্যক)

(v) হাতুড়ি/ম্যালেট

(vi) মাটাম

(vii) পেরেক/তারকাঁটা

(viii) ইট, সিমেন্ট, বালি (প্রয়োজন মতো)

(ix) পেইন্ট

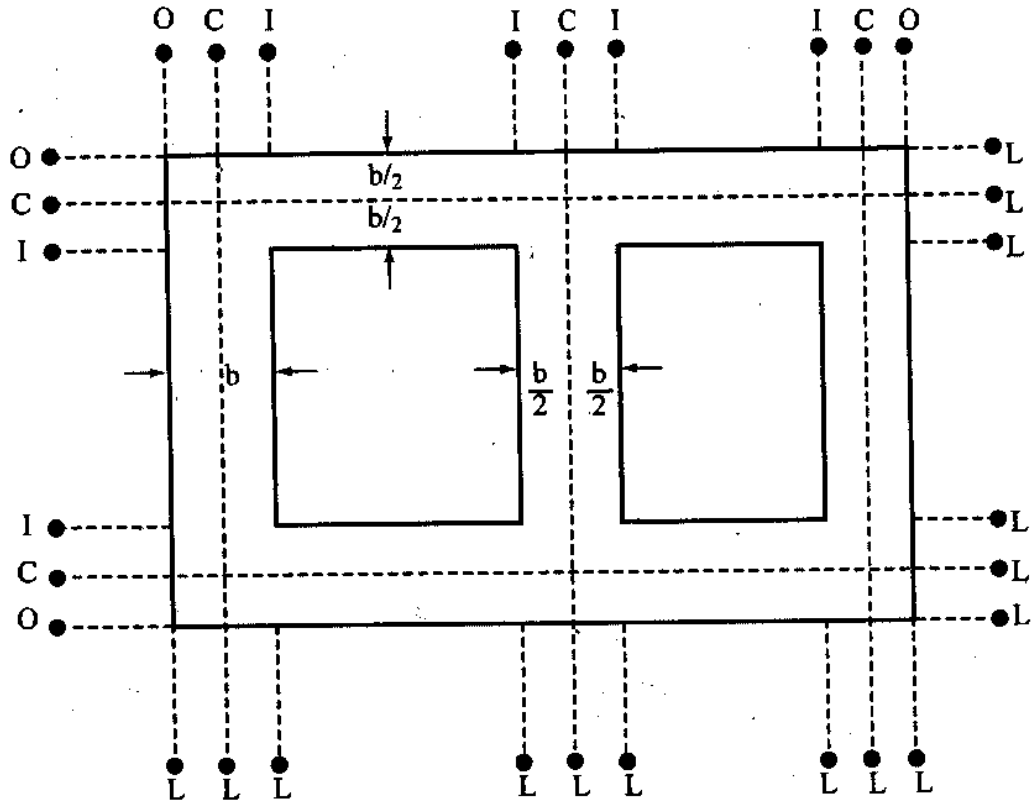
(x) ওলন

(xi) কোদাল, শাবল, কড়াই, ঝুড়ি ইত্যাদি।

১০.২ সমতল ভূমিতে ভিত্তি সংস্থাপন পদ্ধতি (Method of Setting out Foundation on Level Ground) ঃ

ভিত্তি সংস্থাপনের নিমিত্তে প্রথমেই ঈপ্সিত সমতল ভূমিতে ইমারতের সুনির্দিষ্ট স্থানটি চিহ্নিত করা হয়। এ কাজটি সাইট প্ল্যানের উপর ভিত্তি করে করা হয়ে থাকে। এর পর ইমারতের নকশা অনুযায়ী ভূমিতে ইমারতের বহির্দেয়ালের কেন্দ্রীয় রেখা সংস্থাপন করা হয়। এ ক্ষেত্রে প্রত্যেকটি বহির্দেওয়ালের কেন্দ্রীয় রেখা বরাবর খুঁটি পুঁতে ইমারতের দেয়াল হতে নিরাপদ দূরত্বে টান টান করে রশি বেঁধে দেয়া হয় (রশি কেন্দ্রীয় রেখার উপর রাখবার জন্য খুঁটির মাথায় পেরেক বসিয়ে পেরেকের সহিত রশি বাঁধতে হয়)। লম্বিকা ভাবে সংযুক্ত দেয়ালের ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় রেখার উপর স্থাপিত রশিদ্বয় সমকোণ সৃষ্টি করেছে কি না যাচাই করে নেয়া হয়। এ ক্ষেত্রে ৩, ৪, ৫ পদ্ধতি (সাধারণ ইমারতের জন্য) বা থিওডোলাইটের সাহায্যে লম্বিক সংযোগ দেয়া হয়। বহির্দেয়ালের কেন্দ্রীয় রেখা বরাবর রশি বাঁধনের কাজ সমাপ্ত করার পর অন্যান্য দেয়ালের কেন্দ্রীয় রেখা বরাবর রশি টানা হয় এবং খুঁটির মাথায় পেরেক বসিয়ে কেন্দ্রীয় রেখার উপর রশি বাঁধা হয়। এটির পর প্রত্যেকটি কক্ষের কোনাকুনি মাপ নিয়ে কক্ষের অবস্থানের সঠিকতা যাচাই করে নেয়া

হয়। খুঁটিগুলো বসানোর সময় দেয়াল হতে নিরাপদ দূরত্বে (যেন ভিত্তির মাটি-খননের সময় মাটির নিচে বা ধ্বসে না পড়ে এবং খনন এলাকায়ও না পড়ে) ও সমতলে প্লিন্থ উচ্চতায় উপরিতল রেখে বসানো বাঞ্ছনীয়। এটিতে মাটি খননের গভীরতা মাপা সহজ হয়। খুঁটিগুলোর মাথা সমতলে রাখার জন্য লেভেল যন্ত্র ব্যবহার করা হয়ে থাকে। তবে সাধারণ ছোটখাটো ইমারতের ক্ষেত্রে স্পিরিট লেভেলও ব্যবহার করা যায়। গুরুত্বপূর্ণ ও বৃহদাকার ইমারতের ক্ষেত্রে খুঁটির পরিবর্তে পাকা পিলার নির্মাণ করাই উচিত এবং কাঁচা অবস্থায় এটিতে কেন্দ্রীয় রেখা বরাবর দাগাঙ্কিত করতে হবে এবং পিলারের নির্দিষ্ট বিন্দুর আর.এল চিহ্নিত করতে হবে, যাতে পরবর্তীতে বিভিন্ন গভীরতায় (প্রয়োজনে) ভিত্তির মাটি খননে সুবিধা হয়। তারপর কেন্দ্রীয় রেখায় স্থাপিত রশি হতে কিছু দূর পর পর ওলন ঝুলিয়ে ভূমিতে কেন্দ্রীয় রেখার অবস্থান জেনে ভিত্তির প্রস্থের অর্ধেক কেন্দ্রীয় রেখার উভয় পাশে রেখে মাটিতে চুন বা কোদালের সাহায্যে দাগ কেটে ভিত্তির প্রস্থ চিহ্নিত করতে হয়। এ চিহ্নিতকরণকে ডাগ বেলিং (Dug belling) বলা হয়। এটির পর চিহ্নিত চওড়ায় প্রদত্ত গভীরতায় (নকশার সেকশান চিত্রানুযায়ী) ভিত্তির জন্য মাটি খনন করতে হয় এবং ভিত্তির তলদেশের সমতলতা পরীক্ষার জন্য লেভেলিং যন্ত্র বা স্পিরিট লেভেল ব্যবহার করা হয়। এ খননকৃত ভিত্তির গর্তেই ভিত্তির নির্মাণকাজ করা হয় (ভিত্তির মাটি খননের সময় মাটি ধ্বসের সম্ভাবনা থাকলে সিটিং ও ব্রেসিং করবার প্রয়োজন দেখা দিতে পারে)।



O, L = বহিঃরশি

চিত্র ঃ ১০.২

অনুরূপভাবে, যে কোন কাঠামোর ভিত্তির মাটি খননের পূর্বেই কেন্দ্রীয় রেখা নির্ধারণ করে ভিত্তির প্রস্থানুযায়ী কেন্দ্রীয় রেখার উভয় পার্শ্বে ভিত্তির চওড়ার অর্ধেক নিয়ে দাগ দিয়ে ভিত্তির প্রস্থ চিহ্নিত করে নিতে হয় এবং বৃত্তাকার ভিত্তির ক্ষেত্রে বৃত্তের কেন্দ্র চিহ্নিত করে নকশায় উদ্ধৃত ব্যাসের বৃত্ত ভূমিতে স্থাপন করতে হয়। এতদভিন্ন যে কোন আকার আকৃতির ভিত্তির ক্ষেত্রেও প্রথমে প্ল্যান চিত্রানুযায়ী ভূমিতে স্থাপন করে নিতে হয়। সকল ভিত্তির ক্ষেত্রেই সেকশন নকশা অনুযায়ী (গভীরতায়) মাটি খনন করতে হয়।

১০.৩ ছোট ইমারতের ভিত্তি খনন প্রক্রিয়া (Method of Excavation of Foundation for Small Building) ঃ

সকল ইমারতের ভিত্তিই মৃত্তিকার অভ্যন্তরে নির্মাণ করতে হয়। তাই ভিত্তিতলের উপরের মাটি অপসারণ করতে হয়। ছোটখাটো ইমারতের ক্ষেত্রে ভিত্তির মৃত্তিকা খননে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি ও আনুষঙ্গিক বিষয়ে সাধারণত প্রকৌশলীগণের উপর দায়িত্ব বর্তায় না। কিন্তু বৃহৎ কাঠামো নির্মাণের ক্ষেত্রে ভিত্তির মৃত্তিকা খনন নির্মাণ পদ্ধতি ও ডিজাইন পরস্পরের সহিত ওতপ্রোতভাবে জড়িত। তাই এ ক্ষেত্রে মৃত্তিকা খনন, নির্মাণকৌশল ইত্যাদিতে প্রকৌশলীকে দিকনির্দেশনা দান করতে হয় বিধায় উপরোক্ত বিষয়গুলোও প্রকৌশলীগণের কাজের আওতাভুক্ত হওয়া উচিত।

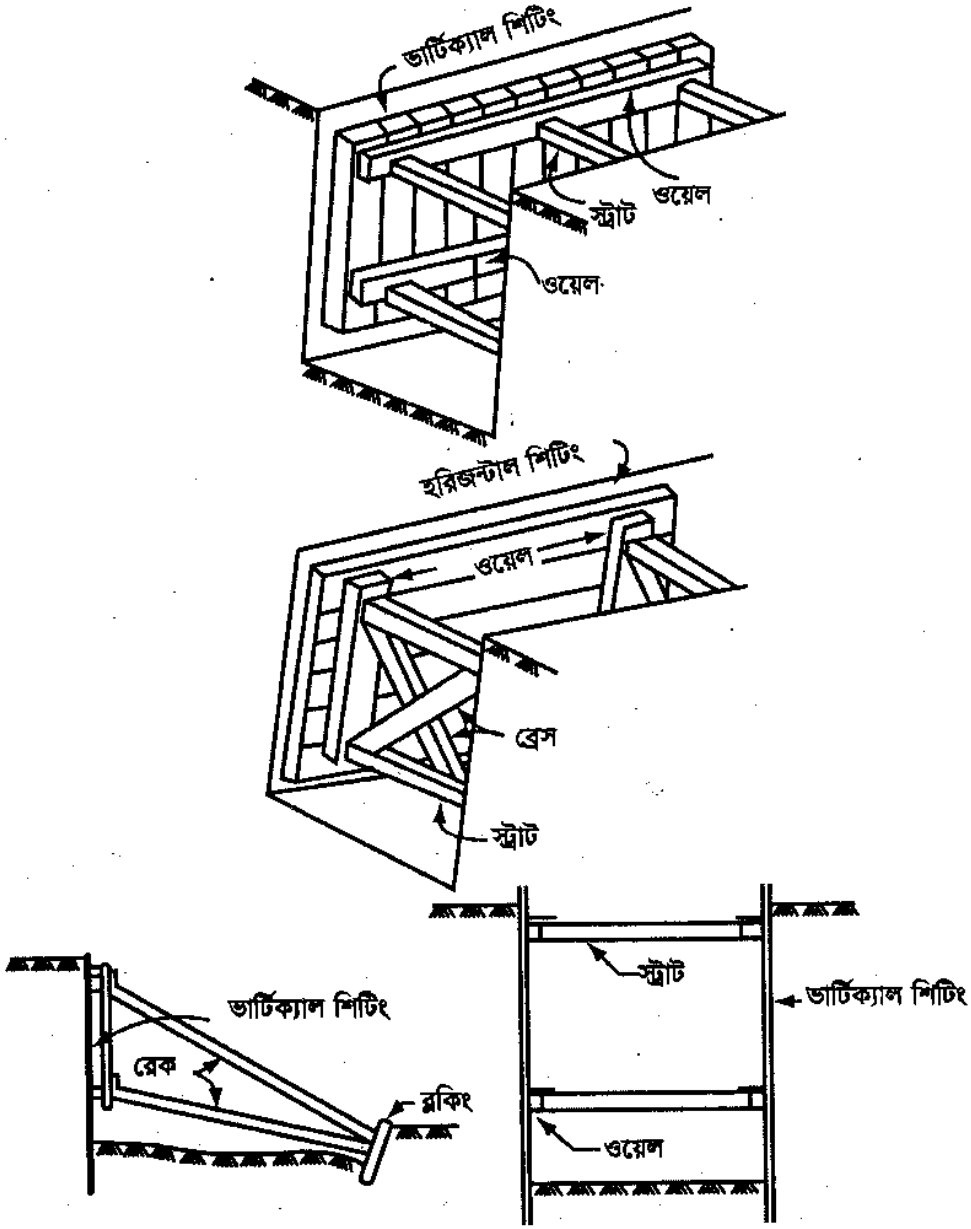
ছোট ইমারতের ভিত্তির গভীরতা কম হলে এবং ভিত্তির মৃত্তিকা সংসক্তি প্রবণ ও শুষ্ক হলে বিনা ঢালে ঠেসহীন অবস্থায় সরাসরি উল্লম্বভাবে মৃত্তিকা খনন করা যায়। এরূপ ক্ষেত্রে যদিও পাড় ধ্বসে দু' এক খণ্ড মৃত্তিকা ভিত্তির তলায় পতিত হয়, তা অপসারণে ঠেস দেয়ার খরচ অপেক্ষা কম খরচ পড়ে এবং পরিশ্রমও কম লাগে। ছোট ইমারতের ভিত্তির জন্য অগভীর ভিত্তি খননকালে যদি ভিত্তির পাশে পর্যাপ্ত পরিমাণ জায়গা থাকে, তবে বিনা ঠেসে সন্তোষজনক ঢালে ভিত্তি খনন করা যায়। ঢালের মাত্রা মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য, ধরন, ভিত্তির গভীরতা, ভিত্তির মাটি খননের পর ভিত্তি নির্মাণের জন্য মুক্ত অবস্থায় ফেলে রাখার সময়কাল, জলবায়ু ও আবহাওয়ার উপর নির্ভর করে। মূলত কোন এলাকায় মৃত্তিকা খননের ঢাল বাস্তব অবস্থার প্রেক্ষিতে অভিজ্ঞতার মাধ্যমেই নির্ধারণ করতে হয়। ছোট ইমারতের ভিত্তির মৃত্তিকা খননে উপরোক্ত বিষয়াদি বিবেচনা করে যতদূর সম্ভব খাড়া ঢালে খননকার্য সম্পাদন করাই বাঞ্ছনীয়। এতে যদিও পাড়ের মৃত্তিকার দু' এক খণ্ড ধ্বসে পড়বার সম্ভাবনা থাকে, তাহলেও অপসারণে যে পরিমাণ খরচ ও শ্রমের দরকার হবে তা অধিকতর শায়িত ঢালে মৃত্তিকা খননের খরচ অপেক্ষা কম হবে।

অনেক সময় সীমানার খুবই নিকটে ইমারত তৈরি করতে হয় বিধায় ভিত্তির মৃত্তিকা খননকালে ঢাল রাখা সম্ভব হয় না। এরূপ ক্ষেত্রে বাস্তব পরিস্থিতির প্রেক্ষিতে শিটিং ও ব্রেসিং (Sheeting & Bracing) প্রয়োগের মাধ্যমে ভিত্তির মৃত্তিকা খনন করতে হয়। সাধারণত সংসক্তিহীন মৃত্তিকায় বিশেষ করে বালি মৃত্তিকায় কিয়ৎপরিমাণ কাদাজাতীয় বাঁধনী গুণসম্পন্ন পদার্থের উপস্থিতি থাকলে এবং বালি আংশিক সম্পৃক্ত হলে ছোট ইমারতের জন্য অগভীর ভিত্তি খননে অধিকতর খাড়া ঢালে খননকার্য সম্পাদন করলেও খননের পাশের পাড় ধ্বসে পড়ে না। যদি এরূপ ক্ষেত্রে অল্প সময়ের মধ্যে ভিত্তির নির্মাণকাজ করা হয়, তবে অধিকতর খাড়া ঢালেও ভিত্তির মৃত্তিকা খনন করা যায়। যদিও বালি মৃত্তিকায় ঢালের স্থায়িত্বের জন্য ঢালের মাত্রা ১ ঃ ১$\frac{১}{২}$ (উল্লম্বঃঅনুভূমিক) হওয়া উচিত। কিন্তু ভিত্তি খননের ক্ষেত্রে প্রায়শই ১ ঃ $\frac{১}{২}$ ঢালে খননকার্য করা হয়ে থাকে। কর্দম মৃত্তিকায় ভিত্তি খননে ঢালের মাত্রা ভিত্তির গভীরতা ও মৃত্তিকার শিয়ার প্রতিরোধের মাত্রার উপর নির্ভর করে। নরম কাদা মৃত্তিকায় অধিকতর শোয়া ঢালে ভিত্তি খনন করতে হয় নতুবা পাড়ের মৃত্তিকা ধ্বসে না পড়লেও ধীরে ধীরে তলদেশ ভরাট হয়ে যাবে। এতদভিন্ন শুষ্ক কাদা মৃত্তিকায় খননের পর পাড়ে ফাটল দেখা দিতে পারে। যদি কোনভাবে ফাটলগুলো পানিতে পূর্ণ হয়ে যায় তবে হাইড্রোস্ট্যাটিক চাপের প্রভাবে সংসক্তি নিষ্ফল হয়ে ধ্বসে পড়বে। এরূপ ক্ষেত্রে মৃত্তিকায় ভিত্তি খনন কালে অবশ্যই শিটিং ও ব্রেসিং এর দরকার হবে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, ভেদ্য মৃত্তিকায় (Permeable soil) পানি সমতার নিচে ভিত্তির খননকার্য করতে হলে খননের পূর্বেই পানি সমতা (Water level) ভিত্তিতলের নিচে নামিয়ে নিতে হবে। এটির জন্য পাম্পিং ও ড্রেইনেজের দরকার হতে পারে।

১০.৪ অগভীর খননে শিটিং ও ব্রেসিং এর মধ্যে স্বাতন্ত্রীকরণ (Distinguish Between Sheeting of Bracing of Shallow Excavation) ঃ

সীমানার ধার ঘেঁষে বা পূর্বনির্মিত ইমারতের পাশে নতুন ইমারত নির্মাণের উদ্দেশ্যে ভিত্তির মৃত্তিকা খননকালে বিনা ঢালে সরাসরি উল্লম্বভাবে মৃত্তিকা খননের প্রয়োজনীয়তা দেখা দেয়। উল্লম্বভাবে মৃত্তিকা খননকালে খননকৃত গর্তের পাড় ধ্বসে পড়বার হাত হতে রক্ষার নিমিত্তে কাঠ বা ধাতব পাতের সাহায্যে পাড়ের খনন দিকের পৃষ্ঠকে আবৃত করে দেয়ার নামই শিটিং (Sheeting) এবং এ তক্তা বা ধাতব পাতকে মৃত্তিকার চাপে স্থানচ্যুত হতে না দেয়ার জন্য যে ঠেস দেয়া হয় তার নামই ব্রেসিং (Bracing)। শিটিং ও ব্রেসিং পরস্পর ওতপ্রোতভাবে জড়িত। শিটিং করা কালে যদি তক্তা বা পাতগুলো উল্লম্বভাবে সংস্থাপন করা হয় তবে এটিকে ভার্টিক্যাল শিটিং (Vertical Sheeting) আর যদি অনুভূমিকভাবে সংস্থাপন করা হয় তবে তাকে হরিজন্টাল শিটিং (Horizantal sheeting) বলা হয়।



চিত্র ঃ ১০.৪(ক)

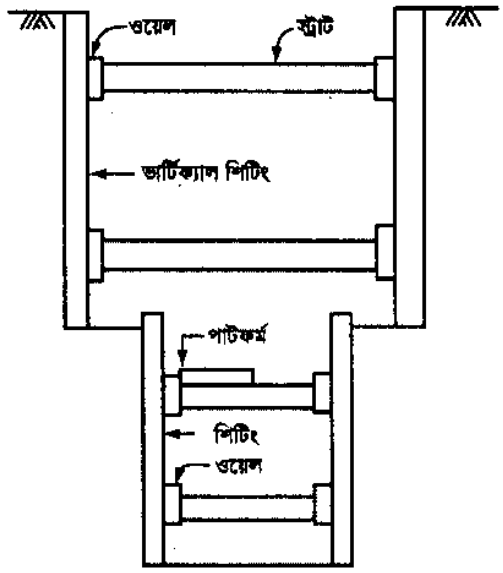
শিটিং এ ব্যবহৃত তক্তা বা ধাতব পাতগুলো মৃত্তিকা খননের সাথে সাথে খননতল পর্যন্ত বা খননতলের কিয়ৎ নিচ পর্যন্ত প্রবেশ করান হয় এবং এগুলো যেন পাশাপাশি নড়াচড়া করতে না পারে তার জন্য এদের পৃষ্ঠে আড়াআড়ি দিকে (হরিজন্টাল শিটিং এ উল্লম্ব দিকে এবং ভার্টিক্যাল শিটিং এ অনুভূমিক দিকে) যে বীম দেয়া হয়, তাকে ওয়েল (wale) বলা হয়। ওয়েলগুলো এমনভাবে দেয়া হয় যেন গর্তের দু' বিপরীত পাশের ওয়েলদ্বয় একই স্ট্রাট দিয়ে পরস্পরকে ঠেস দিতে পারে। স্ট্রাটগুলো সাধারণত উৎকৃষ্টমানের কাঠে তৈরি, তবে খননকৃত গর্তের প্রস্থ ১.৫ মিটারের কম হলে ধাতব পাইপও ব্যবহার করা যায়। এগুলোকে ট্রেঞ্চ ব্রেস (Trench braces) বলা হয়। যদি খননকৃত গর্তের প্রস্থ অধিক হয়, তবে ওয়েলগুলোতে রেক্স (Rakes) বা রেকার (Raker) দিয়ে হেলানভাবে ঠেস দেয়া হয়। এ ক্ষেত্রে লক্ষণীয় যে, রেক্স বা রেকারের গোড়ার মৃত্তিকা যথেষ্ঠ শক্তিশালী হতে হবে নতুবা এটি মৃত্তিকার চাপে দেবে যাবে।

খননের গভীরতা ৬ মিটারের অধিক হলে অর্থাৎ গভীর খননের ক্ষেত্রে কাঠের তক্তা ব্যবহার না করে বিভিন্ন ধরনের ধাতব পাইল ব্যবহৃত হয়। এদের মধ্যে (ক) ফ্ল্যাট ওয়েব (Flat web) খ) আর্চ ওয়েব (Arech web) ও (গ) জেড পাইল (Z pile) প্রধান। সাধারণত "ফ্ল্যাট ওয়েব" পাইলের চেয়ে 'আর্চ ওয়েব" পাইলের শক্তি বেশি। সচরাচর আর্চ ওয়েব পাইল অগভীর খননে এবং Z পাইল গভীর খননে ব্যবহৃত হয়। মৃত্তিকা খননকালে খননের গভীরতা শিটিং এর জন্য সন্তোষজনক হলে ওয়েল ও স্ট্রাট লাগিয়ে পাইলগুলোকে আটকিয়ে দিতে হয় এবং পরবর্তী খননকার্য চলতে থাকে। পুনরায় আবার উপযোগী অবস্থায় আরেক সেট পাইলকে ওয়েল ও স্ট্রাট এর মাধ্যমে আটকিয়ে দিতে হয়। এভাবে পুরো গভীরতায় শিটিং ও ব্রেসিং এর কাজ করতে হয়। নিচের দিকে খননকার্য চলাকালে উপরের শিটিং ও ব্রেসিং এর ওজন বহন করার জন্য সাধারণত পাইলগুলোর নিচে কাঠের খুঁটি ফেলে রাখা হয়। গভীর খননে অনেক সময় ১.৫ হতে ৩ মিটার পর পর H আকারে উল্লম্ব পাইল ব্যবহার করা হয় এবং এগুলোর সাথে অনুভূমিকভাবে কাঠের তক্তা লাগান হয়। এ কাঠের তক্তাগুলোকে লগিং বলা হয়।

চিত্র ঃ ১০.৪(খ)

১০.৫ গভীর খননে ব্যবহৃত শিটিং ও ব্রেসিং এর বিভিন্ন অংশ (Different parts of Sheeting & Bracing for Deep Excavation) ঃ

নিচের চিত্রে গভীর খননে ব্যবহৃত শিটিং ও ব্রেসিং এর বিভিন্নাংশ দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ ১০.৫(ক)

অনুশীলনী-১০

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ভিত্তি সংস্থাপন বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ কাঠামো বা ইমারতের নকশা অনুযায়ী ভিত্তির প্রস্থ, গভীরতা ইত্যাদি সংক্রান্ত কার্যক্রম সরজমিনে ভূমিতে সঠিকভাবে চিহ্নিতকরণই ভিত্তিস্থাপন।

২। **ড্যাগ বেলিং কী?**

উত্তর ঃ ইমারতের ভিত্তির প্রস্থ চিহ্নিতকরণে কোদাল দিয়ে মাটিতে দাগ কেটে বা চুন দিয়ে চিহ্নিতকরণই ড্যাগ বেলিং নামে পরিচিত।

৩। **হরিজন্টাল শিটিং বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ শিটিং করা কালে যদি তক্তা বা পাতগুলো অনুভূমিকভাবে স্থাপন করা হয়, তখন তাকে হরিজন্টাল শিটিং বলা হয়।

৪। **ভার্টিক্যাল শিটিং বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ শিটিং করা কালে যদি তক্তা বা পাতগুলো উল্লম্বভাবে স্থাপন করা হয়, তবে তাকে ভার্টিক্যাল শিটিং বলা হয়।

৫। **ট্রেনস্ ব্রেস কী?**

উত্তর ঃ খননকৃত গর্তের প্রস্থ ১.৫ মিটারের কম হলে দু' বিপরীত দিকের ওয়্যালদ্বয়কে ধাতব পাইপ দিয়ে ঠেস দেয়া যায়। এ ধরনের ঠেসকে ট্রেঞ্চ ব্রেস বলা হয়।

৬। **ফ্ল্যাট ওয়েব ও আর্চ ওয়েব পাইলের চিত্র আঁক।**

উত্তর ঃ চিত্র ঃ ১০.৪ (খ) দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। **কাদা মৃত্তিকায় অগভীর ভিত্তি খননে শিটিং ও ব্রেসিং এর দরকার হয় কেন?**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৪ দ্রষ্টব্য।

২। **শিটিং ও ব্রেসিং কী? বুঝিয়ে লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮, ০৯, ১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৪ দ্রষ্টব্য।

৩। **গভীর ভিত্তি খননে ব্যবহৃত শিটিং ও ব্রেসিং এর পরিচ্ছন্ন চিত্র আঁক।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৫ দ্রষ্টব্য।

৪। **সমতল ভূমিতে ভিত্তি সংস্থাপন করতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামালের তালিকা দাও।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.১ দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **সমতল ভূমিতে ভিত্তি সংস্থাপন পদ্ধতি চিত্রসহ আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.২ দ্রষ্টব্য।

২। **বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্র উল্লেখ পূর্বক ছোট ইমারতের ভিত্তি খনন প্রক্রিয়া আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০০১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৩ দ্রষ্টব্য।

৩। **শিটিং ও ব্রেসিং এর মধ্যে স্বাতন্ত্রীকতা আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৪ দ্রষ্টব্য।

পলিটেকনিকের সকল বই ডাউনলোড করতে
ভিজিটঃ
www.BDeBooks.Com/polytechnic

ব্যবস্থাপনা

এতে আছে

- চুল্লীতে শুকানো পদ্ধতিতে মাটির জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয়করণ
- পিকনোমিটার পদ্ধতিতে মাটির আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়করণ
- চালুনি বিশ্লেষনের মাধ্যমে মাটির কণার আকার নির্ণয়করণ
- হাইড্রোমিটার পদ্ধতিতে মৃত্তিকা কনার আকার বিশ্লেষণ
- ক্যাসাগ্রেন্ডির এপারেটস্ এর সাহায্যে মাটির তারল্য সীমা নির্ণয়করণ
- মৃত্তিকার নম্যতা সীমা নির্ণয় করণ
- কনস্ট্যান্ট হেড টেস্টের মাধ্যমে মাটির ভেদ্যতা সহগ নির্ণয়করণ
- ওয়াশ বোরিং পদ্ধতিতে মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহকরণ ও আদর্শ পেনিট্রেশন পদ্ধতিতে মাটির বহনক্ষমতা নির্ণয়করণ
- আদর্শ প্রকটর টেস্টের মাধ্যমে মাটির দৃঢ়করণের প্রতিমান ও জলীয়াংশের পরিমান নির্ণয়করণ
- কনসলিডেশন টেস্ট সম্পাদন

জব নং-১	তারিখ ঃ .....
জবের নাম ঃ	**চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতিতে মাটির জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয়করণ (Determination of water content of soil by over drying method)**

উদ্দেশ্য ঃ মাটিতে জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয়করণের অভিজ্ঞতা অর্জন।

সংক্ষিপ্ত তত্ত্ব ঃ মৃত্তিকায় বৃহত্তর বিবেচনায় দু' ধরনের পানি থাকে। যথা– (i) মুক্ত পানি (Free water) (ii) ধারণকৃত পানি (Held water)। এর ধারণকৃত এর মধ্যে আছে (a) মৃত্তিকা কণার গঠন কাঠামোর পানি (Structural water) (b) শোষ্য পানি (Adsorbed water) ও (c) কৈশিকতার পানি (Capillary water)। স্বাভাবিক মৃত্তিকায় সাধারণত $110° \pm 5°$ সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মৃত্তিকার গঠন কাঠামোর পানি ব্যতীত অন্যান্য জলীয়াংশ বাষ্পীভূত হয়। জিপসাম ও জৈব গঠিত মৃত্তিকায় এ তাপে কাঠামোগত গঠনের পানিতে আঘাত হানে তাই এ জাতীয় মৃত্তিকায় তাপমাত্রা 60° হতে 80° সেন্টিগ্রেড এর মধ্যে রেখে জলীয়াংশ মুক্ত করতে হয়। মৃত্তিকার জলীয়াংশের পরিমাণ (Water content – ω) বলতে মৃত্তিকার ধারণকৃত পানির কাঠামোগত পানি ব্যতীত) ওজন (W_w) ও মৃত্তিকা কণার ওজনের (W_s) অনুপাতকে অর্থাৎ $\omega\% = \frac{W_w}{W_s}$। এ জলীয় অংশ (ω) সাধারণত শতকরা হারে প্রকাশ করা হয় অর্থাৎ $\omega\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$। মৃত্তিকার জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয়করণের পদ্ধতিগুলোর মধ্যে চুল্লিতে শুকানো পদ্ধতিটি সর্বাধিক নিখুঁত ও নির্ভরযোগ্য পদ্ধতি। যেহেতু মৃত্তিকা সংক্রান্ত সকল পরীক্ষণই আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত বিভিন্ন আদর্শ গবেষণা প্রতিষ্ঠান কর্তৃক আদর্শায়িত তাই মৃত্তিকায় যে কোন ধরনের পরীক্ষণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতিও মৃত্তিকায় নমুনা সংগ্রহণ, সংরক্ষণ, পরীক্ষণের জন্য নমুনার পরিমাণ, পরীক্ষণ প্রক্রিয়াসহ সকল বিষয়ই নির্দিষ্ট প্রতিষ্ঠানের বিনির্দেশাবলি অনুযায়ী করতে হয়।

সংগৃহীত মৃত্তিকা নুমনার কিনারা অংশে জলীয়াংশের তারতম্য ঘটার সম্ভাবনা থাকে বিধায় কেন্দ্রীয় অংশ হতে পরীক্ষণের নমুনা নেয়া, পিন্ডাকার বা স্তুপীকৃতভাবে নমুনায় তাপ দিলে সমতালে শুকানোতে বিঘ্ন ঘটে বিধায় পরীক্ষণকালে সমভাবে শুকানোর জন্য নমুনা বিস্তৃত করে দেয়া, সন্তোষজনক প্রতিনিধিত্বমূলক ফলাফল পাওয়ার জন্য স্থূলদানা ও সূক্ষ্মদানার পরীক্ষণ নুমনার ন্যূনতম পরিমাণ নির্ধারণ ইত্যাদি বিষয়গুলোসহ তাপমাত্রা নির্ধারণ সবই গবেষণা প্রতিষ্ঠানের বিনির্দেশভুক্ত।

যন্ত্রপাতি ও মালামাল ঃ

(i) নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রার ওভেন।

(ii) ব্যালেন্স (যাতে 0.1 গ্রাম পর্যন্ত মাপা যায়)।

(iii) কৌটা (Container) (সচরাচর অ্যালুমিনিয়ামে তৈরি, তাপে নন করোডিবল এবং ঢাকনা বন্ধকালে এয়ার টাইট)

(iv) টিমিং নাইফ

(iv) স্পেটুলা

(vi) স্কুপ

(vii) নমুনা মাটি।

পরীক্ষণ কাজের ধারা ঃ

(i) প্রতিটি মৃত্তিকা নমুনা পরীক্ষণের জন্য কমপক্ষে তিনটি কৌটা (ঢাকনাসহ) পরিষ্কার ও শুষ্ক করে পরিচিতি চিহ্ন দিই। (A_1, A_2 ..... ইত্যাদি)

(ii) ঢাকনা বা লিডসহ প্রত্যেকটি কৌটার ওজন লই এবং ছকের নির্দিষ্ট স্থানে লেখি।

(iii) নমুনা মৃত্তিকার ধরন অনুযায়ী নিম্নের নির্দেশনা অনুযায়ী একই নমুনার কেন্দ্রীয় অংশ হতে তিনটি কৌটায় নমুনা লই। (কৌটার বাইরের দিকে নমুনা মাটি লেগে থাকলে মুছে পরিষ্কার করে নিই। ঢাকনা আটকে দিই।

(iv) নমুনা হতে পানি বাষ্পীভূত হওয়ার সুযোগ না দিয়ে ঢাকনা বা লিড ও নমুনা মাটিসহ দ্রুত কৌটার ওজন লই। ছকের নির্দিষ্ট স্থানে লেখি।

(v) এবার কৌটা তিনটি (লিড, নমুনা মাটিসহ) ওভেনে দিই।

(vi) ওভেনের তাপমাত্রা 60° হতে 80° সেন্টিগ্রেড এর মধ্যে রাখি যদি জৈব গন্ধ বের হয় তবে তাপমাত্রা আর বাড়ানো যাবে না। যদি জৈব গন্ধ অনুভূত না হয় তবে–

(vii) তাপমাত্রা 110° ±5° সেন্টিগ্রেডে স্থির করে 24 ঘন্টা রেখে দিও।

(viii) 24 ঘন্টা পর ওভেন হতে বের করে শুষ্ক আর্দ্রতামুক্ত ডেসিকেটরে ঢাকনা লাগিয়ে রেখে ঠাণ্ডা করি।

(ix) ঠাণ্ডা হওয়ার পর ডেসিকেটর হতে বের করে কৌটা (লিড, নমুনা মাটিসহ) তিনটির ওজন লই এবং ছকের নির্দিষ্ট স্থানে লেখি।

(x) ছকে দেয়া নিয়মে জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয় করি। প্রাপ্ত ফলাফল তিনটির গড় করি। গড় ফলই উক্ত নমুনার জলীয়াংশের পরিমাণ।

নমুনা সংগ্রহের স্থান	তারিখ .....
নমুনা নং	
পরীক্ষার নাম	পরীক্ষক.....

নমুনা নং	A			B	
কৌটা নং	A_1	A_2	A_3	B_1	
লিডসহ কৌটার ওজন = W_1 গ্রাম					
ভিজা মাটি লিডসহ কৌটার ওজন = W_2 গ্রাম					
শুষ্ক মাটি লিডসহ কৌটার ওজন = W_3 গ্রাম					
পানির পরিমাণ, $W_w = (W_2 - W_s)$ গ্রাম					
শুষ্ক মাটির ওজন, $W_s = (W_3 - W_1)$ গ্রাম					
জলীয়াংশের % হার = $\omega\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$					
গড় $\omega\%$					

জব নং-২	তারিখ ঃ .....

জবের নাম ঃ পিকনোমিটার পদ্ধতিতে মাটির আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়করণ (Determination of specific gravity of soil by phcnometer & method)

উদ্দেশ্য ঃ পিকনোমিটারের সাহায্যে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়করণের অভিজ্ঞতা অর্জন।

সংক্ষিপ্ত তত্ত্ব ঃ পিকমিটার পদ্ধতিতে মৃত্তিকা কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে নির্দিষ্ট আয়তনের মৃত্তিকা কণার ওজনের সাথে মৃত্তিকা কণার সম আয়তনের পানির ওজনের অনুপাত হিসাব করে নির্ণয় করা হয়। অর্থাৎ নমুনার মৃত্তিকা কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব

$(G_s) = \frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের মৃত্তিকা কণার ওজন}}{\text{মৃত্তিকা কণার সম আয়তনের পানির ওজন}}$। মৃত্তিকা নমুনার বিভিন্নাংশে দানার আকারের ভিন্নতা, পরিমাপে সূক্ষ্মতা, নিখুঁতার মাত্রা, পানির তাপমাত্রা, পানিতে মিশ্রিত অপদ্রব্য ইত্যাদি কারণে ফলাফলে কিঞ্চিৎ ভিন্নতা হতে পারে বিধায় একই মৃত্তিকার তিন বা ততোধিক নমুনা পরীক্ষণে প্রাপ্ত ফলাফলের গড় নিলে ফলাফলে তেমন কোন ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয় না। সাধারণত বেলে, পলিযুক্ত বেলে, অজৈব কাদা ও জৈব মাটির আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে (2.56 হতে 2.(67); (2.67 হতে 2.(70); (2.70 হতে 2.80) এবং 2 এর কম হয়ে থাকে। যদিও সকল ধরনের মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে পিকনোমিটার পদ্ধতিটি বেশ উপযোগী। তবে মৃত্তিকা কণার আকার অবশ্যই 2 মিলিমিটারের কম হওয়া উচিত। 2 মিলিমিটারের চেয়ে আকারে বড় কণা অবশ্যই ভেঙ্গে দিতে হবে। পরীক্ষণের নমুনা অবশ্যই প্রতিনিধিত্বমূলক নমুনা হওয়া বাঞ্ছনীয়।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি ঃ

(i) পিকনোমিটার (কনিক্যাল ব্রাস ক্যাপ, ওয়াসার, উপরে আটকানোর প্যাঁচসহ) মোটামুটি 900 মিলিলিটার ক্যাপাসিটর।

(ii) ব্যালেন্স (যাতে 1 গ্রাম ও মাপা যায়)

(iii) নমুনা মৃত্তিকা মোটামুটি 200 গ্রাম হতে 400 গ্রাম (সম্পূর্ণরূপে শুকানো– প্রতি পরীক্ষণের জন্য)

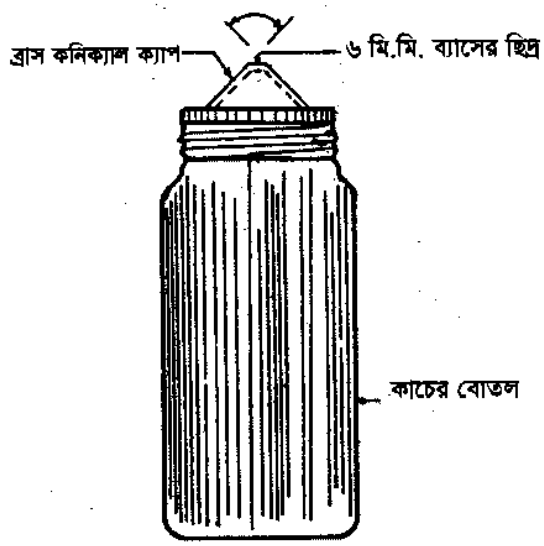
(iv) গ্লাস রড

(v) ডিসটিলড ওয়াটার (ডিএয়ার্ড)

পরীক্ষণের ধারা ঃ

(i) আনুষাঙ্গিকসহ পিকনোমিটার ধুয়ে পরিষ্কার করে শুষ্ক করি এবং আনুষাঙ্গিকসহ ওজন করি (W_1 গ্রাম), ছকের যথাস্থানে লেখি।

(ii) এবার এতে 200 গ্রাম হতে 400 গ্রাম সম্পূর্ণ শুকানো মৃত্তিকা নিয়ে ওজন করি (W_2 গ্রাম) (অর্থাৎ $W_2 = W_1$ + শুষ্ক মাটি), ছকের যথাস্থানে লেখি।



পিকনোমিটার

(iii) শুষ্ক মাটি নেয়া পিকনোমিটারে ডিসটিলড ওয়াটার দিয়ে অর্ধেক পরিমাণ পূর্ণ করে গ্লাস রডের সাহায্যে উত্তমরূপে নেড়ে মিশ্রিত করি আরো ডিসটিলড ওয়াটার দিই, নাড়ি। পিকনো মিটারের উপরের প্যাঁচে ওয়াসার সমেত কনিক্যাল ক্যাপ দৃঢ়ভাবে আটকে দিই। কনিক্যাল ক্যাপের ছিদ্র পথে সতর্কতার সাথে ডিসটিলড ওয়াটার দিই যেন এক ফোটাও না উপচায়। এমনভাবে কনিক্যাল ক্যাপের শীর্ষ পর্যন্ত পূর্ণ করি। সম্পূর্ণ পূর্ণ হয়েছে কি না যাচাই করার জন্য কনিক্যাল ছিদ্রে হাতের তালু দিয়ে চাপ দিয়ে ধরে উপুড় করি। কোন বুদবুদ না দেখা গেলে সম্পূর্ণ পূর্ণ হয়েছে। পিকনোমিটারের (আনুষাঙ্গিক অঙ্গসহ) বাইরের দিক ভালভাবে মুছে শুকিয়ে ফেলি এবং এবং ওজন (W_3 গ্রাম) করি, ছকের যথাস্থানে লেখি।

(iv) কনিক্যাল খুলে পিকনোমিটার খালি করে ভালভাবে (সকল অঙ্গসহ) ধুয়ে পরিষ্কার করে ধাপ (iii) এ বর্ণিত অবস্থায় ডিসটিলড ওয়াটার দিয়ে সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ করে বাইরের দিক ভালভাবে মুছে শুকিয়ে ওজন (W_4 গ্রাম) করি, ছকের যথাস্থানে লেখি।

(v) আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করি এবং ছকের যথাস্থানে লেখি।

(vi) উপর্যুক্ত ধাপ অনুসরণ করে একই মাটির তিন নমুনার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করে গড় মান ছকের যথাস্থানে লিখ।

নমুনা সংগ্রহের স্থান ঃ	তারিখ ঃ .....
নমুনা নং ঃ	
পরীক্ষা নাম ঃ	পরীক্ষক

নমুনা নং	A			B		
পিকনোমিটার নং	P_1	P_1	P_1			
পিকনোমিটারে ওজন (W_1 গ্রাম)						
শুষ্ক মৃত্তিকাসহ পিকনোমিটারের ওজন (W_2 গ্রাম)						
মৃত্তিকাসহ পানিভর্তি পিকনোমিটারের ওজন (W_3 গ্রাম)						
পানিভর্তি পিকনো মিটারের ওজন (W_4 গ্রাম)						
মৃত্তিকা কণার আপেক্ষিক গুরুত্ব, G_s						
গড় G_s						

জব নং-৩	তারিখ ঃ .....
জবের নাম ঃ	**চালুনি বিশ্লেষণের মাধ্যমে মাটির কণার আকার নির্ণয়করণ (Determination of Particle size of soil by sieve analysis)**

উদ্দেশ্য ঃ চালুনি বিশ্লেষণের মাধ্যমে মৃত্তিকা কণার আকার নির্ণয়ের অভিজ্ঞতা অর্জন।

সংক্ষিপ্ত তত্ত্ব ঃ মৃত্তিকা কণার আকার বিশ্লেষণ যান্ত্রিক বিশ্লেষণ (Mechanical analysis) নামেও পরিচিত। মৃত্তিকা কণার আকারের উপর ভিত্তি করে মৃত্তিকাকে পৃথক পৃথক শ্রেণির মৃত্তিকায় ভাগ করার জন্য এটিও পদ্ধতি। যান্ত্রিক বিশ্লেষণ দুধাপে করা হয়ে থাকে। স্থূল দানার (75 মাইক্রন এর চেয়ে বড় আকারের) মৃত্তিকা কণাকে একসেট চালুনির মাধ্যমে এবং সূক্ষ্মদানার (75 মাইক্রন হতে ছোট আকারের) মৃত্তিকা কণাকে তলানি বিশ্লেষণের (Sedimentation analysis) মাধ্যমে বিশ্লেষণ করা হয়। কোন মৃত্তিকায় উভয় ধরনের কণা বিদ্যমান থাকলে উভয় ধরনের বিশ্লেষণের দরকার হয়। উল্লেখ্য যে 0.2 মাইক্রনের চেয়ে ছোট আকারের মৃত্তিকা কণার আকার তলানি বিশ্লেষণেও নির্ণয় করা যায় না, এক্ষত্রে ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপ বা এক্সরে ডিফ্রেকশন (X-ray diffraction) কৌশলের দরকার হয়।

যে সকল স্থূল কণার আকার 4.75 মিলিমিটার এর চেয়ে বড় এগুলো গ্র্যাভেল কণা এবং এগুলো বিশ্লেষণে 4.75 মিলিমিটার এর চেয়ে বড় ছিদ্রের চালুনি এবং স্থূলদানার যে সকল মৃত্তিকার কণার আকার 75 মাইক্রনের চেয়ে বড় কিন্তু 4.75 মিলিমিটারের চেয়ে ছোট এগুলোর বিশ্লেষণে 0.075, 0.106, 0.150, 0.212, 0.250, 0.300, 0.425, 0.600, 0.850, 1.18, 1.70, 2.00, 2.36, 3.36, 4.75 মিলিমিটার যথাক্রমে U.S. standard sieve number 200, 140, 100, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 16, 12, 10, 8, 6, 4 চালুনির সেট ব্যবহৃত হয়। তবে কোন নির্দিষ্ট মৃত্তিকা কণার বিশ্লেষণে সকল চালুনির দরকার হয় না। তবে ভালমানের কণার আকার বিশ্লেষণ কার্ভ আঁকার জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক চালুনি নিচ হতে ক্রমান্বয়ে বড় ছিদ্রের সেটে নমুনা চালতে (Seiveing) হবে এবং চালার পূর্বে নিচে নিশ্ছিদ্র প্যান এবং উপরে ঢাকনি দিতে হবে। কণার আকার বিশ্লেষণ কার্ভ হতে D_{10}, D_{30}, D_{60} এবং বিভিন্ন আকারের কণার পরিমাণ, সাম্যতা সহগ, বক্রতার সহগসহ প্রয়োজনীয় তথ্যাদি জানা যাবে।

যন্ত্রপাতি ও মালামাল ঃ

(i) ব্যালেন্স (0.1 গ্রাম নিখুঁততা মাপা যায়)

(ii) B.S সিভ সেট (সিভ নং 4,8, 16, 30, 50 ও 100 এর সেট)

(iii) নিয়ন্ত্রিত তাপের ওভেন।

(iv) বৃহৎ আকারে ২টি ট্রে বা প্রয়োজনীয় সংখ্যক (ধাতব পাতে বা প্লাস্টিক এর তৈরি ওয়াটার টাইট)

(v) পেস্টেল (প্রান্তে রবার আবৃত)

(vi) সিভ ব্রাস এবং ওয়্যার ব্রাস

(vii) সিভ সেকার

(viii) রিফলার

পরীক্ষণের ধারা ঃ

(i) সরেজমিনে সংগৃহীত নমুনা হতে রিফলার এর মাধ্যমে প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা লই। চুল্লিতে শুকাই।

(ii) প্রয়োজনীয় পরিমাণে শুষ্ক নমুনা ট্রে এ লই এবং পানি দিয়ে ভিজাই।

[গ্র্যাভেলভুক্ত স্থূলদানার নমুনা হলে–

সর্বোচ্চ আকার 63 মিলিমিটার নমুনার পরিমাণ 50 কেজি

সর্বোচ্চ আকার 20 মিলিমিটার নমুনার পরিমাণ 6.50 কেজি

সর্বোচ্চ আকার 10 মিলিমিটার নমুনার পরিমাণ 1.50 কেজি

সর্বোচ্চ আকার 4.75 মিলিমিটার নমুনার পরিমাণ 0.375 কেজি

নমুনা বালিভুক্ত স্থূল দানার হলে নমুনার পরিমাণ 500 গ্রাম হতে 1000 গ্রাম]

(iii) ভিজানো নমুনা উত্তমরূপে মন্থন করে স্লারি তৈরি করি এবং স্লারি 4,75 মিলিমিটার চালুনিতে পানিজেট এর সাহায্যে ধৌত করি। চালুনিতে অবশিষ্ট অর্থাৎ গ্র্যাভেলকে চুল্লিতে শুকাই এবং পৃথক পাত্রে রাখি। এবং অতিক্রান্ত নমুনা পৃথক পাত্রে নিই।

(iv) এবার অতিক্রান্ত নমুনা 75 মাইক্রন চালুনিতে অতিক্রম করালে পলি ও কাদা কণা অতিক্রম করবে এবং বালিজাতীয় কণাগুলো চালুনিতে অবশেষ থাকবে। পৃথককৃত নমুনাদ্বয় পৃথক পৃথক পাত্রে রাখি; চুল্লিতে শুকাই।

(v) ধাপ (iii) এ প্রাপ্ত গ্র্যাভেল কণা গ্র্যাভেল চালুনি সেটে (4.75 মিলিমিটার এর চেয়ে বড় ছিদ্রের চালুনি সেট), ধাপ (iv) এ প্রাপ্ত বালি চালনি সেটে (4.75 হতে 75 মাইক্রন আকারের চালুনি সেটে) চেলে প্রত্যেকটি চালুনিতে অবশিষ্টের পরিমাণ ওজন করি লিখে রাখি।

প্রত্যেকটি চালুনিতে পুঞ্জীভূত অবশেষের পরিমাণ (শতকরা হারে) এবং পুঞ্জীভূত অতিক্রমের (শতকরা হারে) পরিমাণ নির্ণয় করি এবং কণার আকার বিশ্লেষণ কার্ভ আঁকি। অংকিত কার্ভ হতে D_{10}, D_{30}, D_{60} নির্ণয় করি এবং সমতার সহগ, বক্রতার সহগ হিসাব করে বের করি।

চালুনি বিশ্লেষণে ডাটা এবং অবজারবেশন শীটের নমুনা

নমুনা নম্বর ঃ ..... 4.75 মিলিমিটার চালুনিতে অবশেষের পরিমাণ ঃ ..... গ্রাম

নমুনার ওজন ঃ ..... 75 মাইক্রন চালুনিতে অতিক্রান্তের পরিমাণ ঃ ..... গ্রাম

ক্রমিক নং	চালুনি	কণার আকার (D) মিমি	অবশেষ এর ওজন (গ্রাম)	% অবশেষ	পুঞ্জীভূত % অবশেষ	পুঞ্জীভূত % অতিক্রান্ত (N)

জব নং-০৪	তারিখ ঃ .....

জবের নাম ঃ হাইড্রোমিটার পদ্ধতিতে মৃত্তিকা কণার আকার বিশ্লেষণ

উদ্দেশ্য ঃ 200 নং চালুনিতে অতিক্রান্ত মৃত্তিকা কণার আকার বিশ্লেষণে অভিজ্ঞতা অর্জন।

সংক্ষিপ্ত তত্ত্ব ঃ তাত্ত্বিক অংশ দেখ।

যন্ত্রপাতি ও রাসায়নিক দ্রব্যাদি ও অন্যান্য ঃ

১। 1000 সিসি আয়তনের সিলিন্ডার

২। হাইড্রোমিটার

৩। স্টপ ওয়াচ

৪। থার্মোমিটার

৫। মেল্ট মিক্সার মেশিন

৬। সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট ($NaPO_3$) বা সোডিয়াম সলিকেট (Na_2SiO_3)

৭। গৃহীত হাইড্রোমিটারের জন্য তৈরিকৃত হাইড্রোমিটার রিডিং এর বিপরীতে কার্যকরী গভীরতার ক্যালিব্রেশন গ্রাফ (তাত্ত্বিক অংশ দ্রষ্টব্য)।

৮। 200 নং চালুনিতে অতিক্রান্ত চুল্লীতে শুকানো ভালভাবে গুঁড়া করা নমুনা মাটি।

পরীক্ষণের ধারা ঃ

১। 1000 সিসি বিশুদ্ধ পানিতে 40 গ্রাম সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট মিশিয়ে দ্রবণ তৈরি করি। অন্য একটি জারে এ দ্রবণ হতে 125 মিলিলিটার নিয়ে এতে চুল্লিতে শুকানো ৫০ গ্রাম নমুনা মাটি মিশিয়ে উত্তমরূপে নাড়িয়ে মিশ্রণী তৈরি করে এক ঘন্টা রেখে দেই। (বিভিন্ন গবেষণা প্রতিষ্ঠানের বিনির্দেশে ভিন্ন সময়ের উল্লেখ থাকতে পারে) অন্য একটি সিলিন্ডারে 125 মিলিলিটার সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট ও পানির তৈরিকৃত দ্রবণ দিই এবং প্রয়োজনীয় পরিমাণে পানি মিশিয়ে 1000 সি.সি. করি।

২। এ মিশ্রণকে মিক্সার মেশিনের কাপে দেই। কোন মৃত্তিকা কণা যেন জারে না থাকে তার জন্য জার ধুয়ে কাপে দেই এবং প্রয়োজনে আরো পানি দিয়ে মেশিনের কাপের দুই-তৃতীয়াংশে পূর্ণ কর এবং 3 হতে 5 মিনিট মিশ্রণ করি।

৩। এবার মিশ্রণকে হাইড্রোমিটার সিলিন্ডারে ঢেলে দেই এবং কাপ ধুয়ে পানি সিলিন্ডারে দেই। আরো পানি দিয়ে সিলিন্ডারে মিশ্রণের পরিমাণ 1000 সিসি করি।

৪। সিলিন্ডারের মুখ হাতের তালু দিয়ে অথবা রাবারের ছিপি দিয়ে বন্ধ করে সিলিন্ডারের উপরের দিক নিচে এবং নিচের দিক উপরে এবাবে এক মিনিট ব্যাপী করার পর স্বাভাবিকভাবে সমতল প্ল্যাটফর্মের উপর রাখি এবং স্টপ ওয়াচ চালু করে দিয়ে 0.25, 0.50, 1, 2, 5, 10, 20, 40, 50, 60, 120, 240, 480, 960, 1440 মিনিট পর হাইড্রোমিটার পাঠ (Rh′) নিই। প্রত্যেক বার হাইড্রোমিটারের পাঠ নেয়ার সময় অন্য সিলিন্ডারের দ্রবণ (মৃত্তিকাহীন দ্রবণ) ও পাঠ নেই এবং তা (RW) দিয়ে লিখ।

৫। এক মিনিট পর্যন্ত পাঠ নেয়ার ক্ষেত্রে হাইড্রোমিটার দ্রবণে রাখা যায়। অন্যান্য পাঠ নেয়ার পর হাইড্রোমিটার সাধারণ পানিতে রাখি। পাঠে নেয়া 20 সেকেন্ড পূর্বে হাইড্রোমিটার দ্রবণে দিতে হবে।

৬। প্রত্যেকটি পাঠ নেয়ার সময় থার্মোমিটারের পাঠ নিও।

৭। নিচের ছকে পাঠগুলো লিখ। কণার আকার ও সূক্ষ্মতার শতকরা হার (N%) বের করি।

হাইড্রোমিটার বিশ্লেষণের তথ্যাদি

১। নমুনা নং . . . . .

২। নমুনার ওজন ৫০ গ্রাম . . . . .

৩। আপেক্ষিক গুরুত্ব , G . . . . .

৪। হাইড্রোমিটার নং . . . . .

৫। মিনিসকাস সংশোধনী . . . . .

তারিখ	সময়	পাঠ গ্রহণের সময় (T)	হাইড্রোমিটার রিডিং (Rh′)	তাপমাত্রা (°C)	সংশোধনী (c_t)	সংশোধিত পাঠ Rh = R′h + Cm	কার্যকরী গভীরতা (He)	কানার আকার D মিমি	% সূক্ষ্মতা (N%)

জব নং-০৫	তারিখ ঃ .....
জবের নাম ঃ	**ক্যাসাগ্রান্ডির অ্যাপারেটাস্ এর সাহায্যে মাটির তারল্য সীমা নির্ণয়করণ (Determination of liquid limit of soil by Casagrande's apparatus)**

উদ্দেশ্য ঃ মাটির তারল্য সীমা নির্ণয়ের অভিজ্ঞতা অর্জন।

সংক্ষিপ্ত তত্ত্ব ঃ সূক্ষ্মদানার সংশক্তি প্রবণ মৃত্তিকায় সর্বোচ্চ যে পরিমাণ জলীয়াংশ থাকলে তার নম্যতাগুণের সমাপ্তি ঘটে বা সর্বনিম্ন যে পরিমাণ জলীয়াংশ থাকলে এতে তরলের গুণ দেখা দেয়, ঐ পরিমাণ জলীয়াংশের পরিমাণকে ঐ মাটির তারল্য সীমা বলা হয়। কোন সংসক্তি প্রবণ সূক্ষ্মদানার (কাদা জাতীয় মৃত্তিকার) তারল্য সীমা নির্ধারণে সচরাচর ক্যাসাগ্রান্ডির অ্যাপারেটাস ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এতে মৃত্তিকা কণায় পানির যথাযথভাবে ওয়েদারিং এর জন্য মৃত্তিকা নমুনায় পানি উত্তমরূপে মিশানোর জন্য ২৪ ঘন্টা রেখে দিতে হয় এবং এ সময় নমুনাকে ভেজা কাপড় দিয়ে ঢেকে রাখা হয় যেন মৃত্তিকা হতে পানি বাষ্পীভূত হতে না পারে। যেহেতু বালি মাটি সংসক্তি প্রবণ নয় তাই বালি মাটিতে এ পরীক্ষা করা যায় না। যন্ত্রটির কাপে তৈলাক্ততা বর্জনীয়, কেননা মাটি পিছলিয়ে কম সংখ্যক ঘা (Blow) তে গ্রুভ মিশে যাবে। এতে কাপের ঘা এর উচ্চতা ১ সেন্টিমিটার এবং এ উচ্চতার ২৫ ঘাতে গ্রুভ মিলনের কালের জলীয়াংশ তারল্য সীমা হিসাবে আদর্শায়িত করা। তাই কাপের ড্রপ উচ্চতা কম/বেশি হলে ফলাফলে ভ্রান্তি আসবে।

যন্ত্রপাতি ও মালামাল ঃ

১। ক্যাসাগ্রান্ডির অ্যাপারেটাস।

২। গ্রুভিং টুলস্

৩। গ্লাস সীট

৪। আর্দ্রতা পরিমাপের সকল মালামাল ও উপকরণ (জব-১ দেখুন)

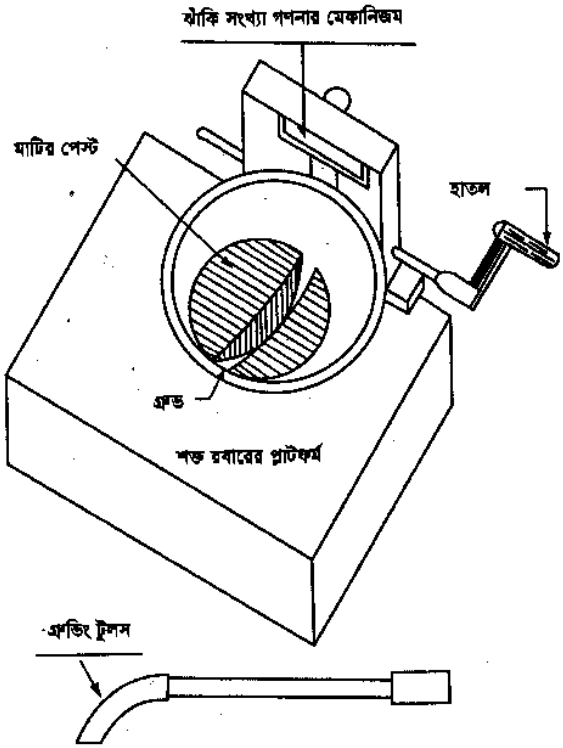
৫। ডিসটিল্ড ওয়াটার

৬। চুল্লীতে শুকানো ২০০ নং চালুনিতে অতিক্রান্ত নমুনা মাটি (কাদামাটি)-প্রয়োজনীয় পরিমাণে

৭। পলিথিন ব্যাগ (ছোট আকারের)

৮। স্পেটুলা (ব্লেড ৮ সেমি. লম্বাও ২ সেমি. প্রশস্ত)।

পরীক্ষণের ধারা ঃ



১। ক্যাসাগ্রান্ডি অ্যাপারেটাস এর কাপ, ড্রপ মেকানিজম, ড্রপ উচ্চতা, ড্রপ কাউন্টার ইত্যাদি সকল অংশ যথাযথভাবে অবস্থায় আছে কিনা দেখে নিই। প্রয়োজনে যথাযথ অবস্থায় ঠিক করে নিই।

২। গ্লাস সিটের উপর শুষ্ক নমুনা মাটি নিই এবং ডিসটিল্ড ওয়াটার মিশিয়ে স্পেটুলা ব্যবহার করে সমসত্ত্ব পেস্টে তৈরি করে পেস্ট ভেজা ন্যাকড়া ঢেকে রাখি।

৩। কাপকে বেস ব্লকের উপর স্বাভাবিকভাবে রাখি (এতে আটকানো দিক উপরে থাকবে) এবং স্পেটুলা দিয়ে কাপে ভূমির সমান্তরালে তৈরিকৃত পেস্ট দিয়ে (প্রায় ১ সেন্টিমিটার) পেস্টের উপরের পৃষ্ঠ সমান করে দিই।

৪। এবার গ্রুভিং টুলস দিয়ে (কাপের আটকানো দিক হতে মুক্ত দিকে) মাঝ বরাবর সোজাসুজি পূর্ণ গভীরতায় গ্রুভ (চিত্র দ্রষ্টব্য)।

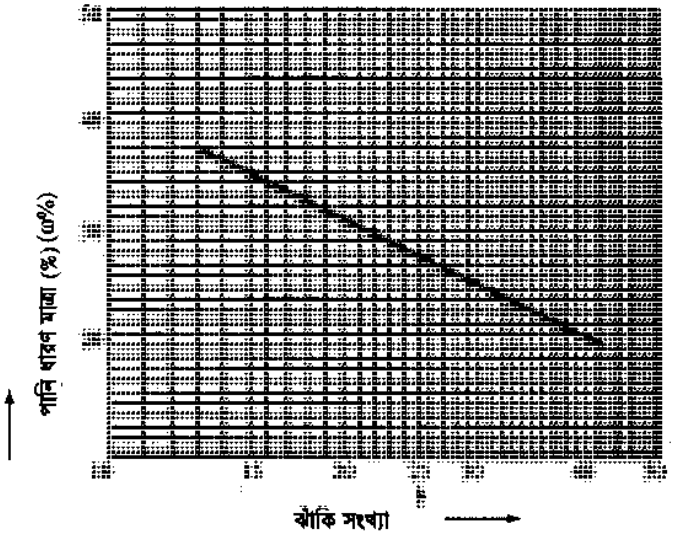
৫। গ্রুভের ১২ হতে ১৫ মিলিমিটার মিশে না যাওয়া পর্যন্ত যন্ত্রের সংযুক্ত হাতলের সাহায্যে যান্ত্রিক উপায়ে বা হাতে প্রতি সেকেন্ডে বিরামহীনভাবে ২ বার ঝাঁকি দেই।

৬। এ অবস্থায় জলীয়াংশ জানার জন্য গ্রুভের মিলনের স্থান হতে নমুনা দিয়ে কৌটায় নেই এবং এতে ঝাঁকি সংখ্যা লিখে রাখি। কৌটার ঢাকনা বন্ধ করি।

৭। এবার কাপের নমুনা মাটি পুনঃ গ্লাস সীটের পেস্টের সাথে রাখি, কাপ মুছে পরিষ্কার করি এবং পেস্টে আরো কিছু পরিমাণ ডিসটিল্ড ওয়াটার মিশাই। স্পেটুলার সাহায্যে উত্তমরূপে পেস্ট তৈরি করি। ভালভাবে মিশিয়ে পেস্ট সমসত্ত্ব করি।

৮। ধাপ ২ হতে ৭ অনুসরণ করে বিভিন্ন ঝাঁকি সংখ্যার সংযুক্তস্থল হতে নমুনা সংগ্রহ করে ঝাঁকি সংখ্যার বিপরিতে জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয় করি।

৯। ঝাঁকি সংখ্যাকে (লগ স্কেলে) ভূমি এবং জলীয়াংশের পরিমাণকে লম্ব ধরে প্রবাহ চিত্র আঁকি। ২৫ ঝাঁকি বরাবর জলীয়াংশের চিহ্নিত করি। (তারল্য সীমার ফ্লো কার্ভটি দ্রষ্টব্য)



তারল্য সীমার ফ্লো-কার্ভ

প্রথমে পানি মেশানোর সময় অল্প পরিমাণে পানি মেশাতে হয়, ফলে গ্রুভ সংযুক্তিতে অধিক ঝাঁকি দরকার হয়। ক্রমান্বয়ে পানি মেশানোর পরিমাণ বাড়াতে থাকলে গ্রুভের সংযুক্তিতে ঝাঁকির সংখ্যা কমতে থাকবে। ঝাঁকির সংখ্যা ১০ হতে ৪০ এর মধ্যে রাখাই ভাল।

জব নং-০৬	তারিখ ঃ .....
জবের নাম ঃ	**মৃত্তিকার নম্যতাসীমা নির্ণয়করণ (Determination of Plastic limit of soil)**

উদ্দেশ্য ঃ মৃত্তিকার নম্যতা সীমা নির্ণয়ের অভিজ্ঞতা অর্জন।

সংক্ষিপ্ত তত্ত্ব ঃ সংসক্তি প্রবণ মাটিতে সর্বনিম্ন যে পরিমাণ জলীয় অংশ থাকলে তা দিয়ে বিনা ফাটলে ও বিনা ভাঙ্গনে ৩ মিলিমিটার ব্যাসের রশি তৈরি করা যায়, ঐ পরিমাণ জলীয়াংশকে এর নম্যতাসীমা বলা হয়। অর্থাৎ কাদাজাতীয় সংসক্ত প্রবণ মৃত্তিকায় সর্বনিম্ন যে পরিমাণ জলীয় অংশ থাকলে এর নম্যতা গুণের বিলুপ্তি ঘটার প্রবণতা দেখা দেয় ঐ পরিমাণ জলীয়াংশকে এর নম্যতাসীমা বলা হয়। শুধুমাত্র সংসক্তি প্রবণ মৃত্তিকারই নম্যতাসীমা থাকে এবং নম্যতাগুণ থাকে।

যন্ত্রপাতি ও মালামাল ঃ

১। সমতল গ্লাস শীট

২। স্পেটুলা

৩। আর্দ্রতা নির্ণয়ের সকল যন্ত্রপাতি (জব-১)

৪। ডিসটিলড ওয়াটার

৫। পলিথিন ব্যাগ

৬। ৩ মিলিমিটার ব্যাসের গ্লাস রড

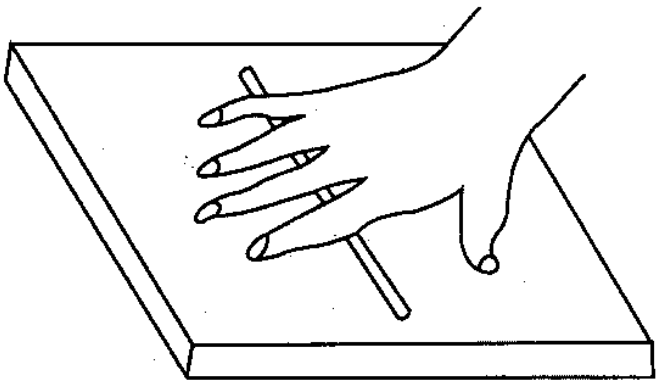
৭। নমুনা মাটি (২০০ নং চালুনিতে অতিক্রান্ত সংসক্তি প্রবণ চুল্লীতে শুকানো কাদাজাতীয় মাটি।)

পরীক্ষণের ধারা ঃ

১। গ্লাস শীটের উপর (৩০ গ্রাম – ৫০ গ্রাম) নমুনা মাটি নিই।

২। এতে কিছু পরিমাণ ডিসটিলড ওয়াটার দিয়ে উত্তমরূপে মিশ্রণ করে পেস্ট তৈরি করি।

৩। এবার এ পেস্ট দিয়ে ৩ মিলিমিটার ব্যাসের রশির ন্যায় তৈরি করি। যদি এতে ফাটল বা ভাঙ্গন দেখা দেয় তবে ফাটল বা ভাঙ্গনের স্থান হতে নমুনা নিয়ে জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয় করি। আর যদি ফাটল বা ভাঙ্গন না দেখা দেয় তবে রশি বিমোল্ড করি এবং রশি তৈরি করি। (চিত্র-দ্রষ্টব্য)



৪। রশি তৈরিকালে ফাটল বা ভাঙ্গন দেখা না দেয়া পর্যন্ত রিমোল্ড ও রশি তৈরির কাজ পুনঃপুন করতে থাকি। যে সময় ফাটল দেখা দেয় তখন ফাটলের স্থান হতে নমুনা নিই। জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয় করি।

৫। একই নিয়মে দুই বা ততোধিক নমুনা সংগ্রহ করে জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয় করে গড় ফলাফলের শতকরা হারই নম্যতাসীমা।

জবের নাম-৭	তারিখ .....
জবের নাম ঃ কনস্ট্যান্ট হেড টেস্টের মাধ্যমে মাটির ভেদ্যতা সহগ নির্ণয়করণ	

৫.২নং অনুচ্ছেদের কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষণ অংশ দ্রষ্টব্য।

জব নং-৮ ও ৯	তারিখ .....
জবের নাম ঃ ওয়াশ বোরিং পদ্ধতিতে মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহকরণ ও আদর্শ পেনিট্রেশন পদ্ধতিতে মাটির বহনক্ষমতা নির্ণয়করণ	

উদ্দেশ্য : ওয়াশ বোরিং পদ্ধতিতে মৃত্তিকা নমুনা সংগ্রহকরণে অভিজ্ঞতা অর্জন।

সংক্ষিপ্ত তত্ত্ব : এ পদ্ধতিতে বোরিং করাকালে ভূ-অভ্যন্তরের বিভিন্ন স্তর বিন্যাস ভূনিম্নের পানির তলের (Water level) অবস্থান জানা যায়। তাছাড়া অক্ষত ও বিক্ষত নমুনা সংগ্রহ করে বিশ্লেষণের মাধ্যমে ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় ও পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স নম্বর (N) হতে মাটির আপেক্ষিক ডেনসিটি এবং ভারবহন ক্ষমতা সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়।

যন্ত্রপাতি ও মালামাল :

(i) তেপায়া বিশিষ্ট মাচা বা ডেরিক

(ii) ওয়েল কেজিং

(iii) ড্রিল রড

(iv) চপিং বিট

(v) পাম্প ও ডেলিভারি হোজ পাইপ

(vi) ওয়েল কেজিং এর ড্রাইভিং হেড

(vii) বালতি, কোদাল, শাবল ইত্যাদি

(viii) ড্রফ হেমারসহ আনুষঙ্গিক (প্রয়োজনে)।

কাজের ধারা :

(i) বোরিং কাজ সম্পাদনের জন্য বোরিং বিন্দুর উপর ডেরিক স্থাপন করি।

(ii) বোরিং বিন্দুতে 5 সেমি হতে 7 সেমি ব্যাসের কেজিং পাইপ হাতুড়ির সাহায্যে উল্লম্বভাব 2 মিটার হতে 3 মিটার বসাই।

(iii) ওয়াশ পাইপের নিচের প্রান্তে চপিং বিট লাগাত এবং তা কেজিং পাইপের ভিতরে প্রবেশ করাই।

(iv) ওয়াশ পাইপের উপরের প্রান্তের মুখে পাম্পের ডেলিভারি হোজ পাইপ সুইভেল জয়েন্টের মাধ্যমে সংযোগ দিই।

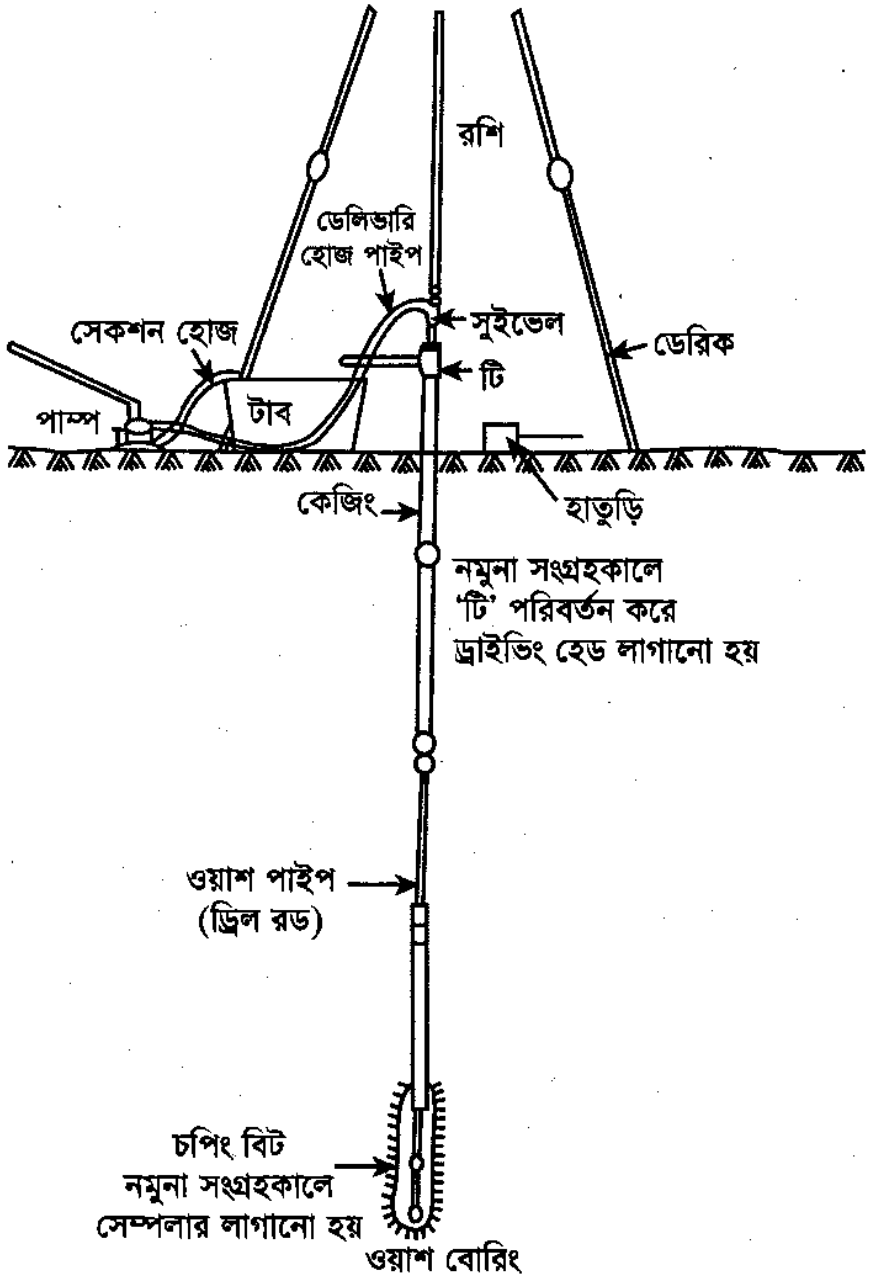
(v) ডেরিকের সাথে রশির সংযোগে কেজিং-এর উঠা-নামা ও কেজিং ইচ্ছামতো ঘুরানো যায় কি না দেখি।

(vi) কেজিং এর উপরের অংশে 'T' ফিটিং সংযোগ করি। (T-এর অনুভূমিক প্রান্ত খোলা থাকবে।)

(vii) পাম্প হতে পানি সরবরাহ করি। (পানি ওয়াশ পাইপের ভিতর দিয়ে চপিং বিটের ছিদ্রপথে মাটিতে ধাক্কা দিবে এবং মাটি নরম হয়ে পানির সাথে মিশে কেজিং পাইপে সংযুক্ত 'T' ফিটিং এর খোলামুখ দিয়ে বের হবে এবং চপিং বিট গভীরে প্রবেশ করতে থাকবে।) ঈপ্সিত গভীরতায় পৌঁছানোর পর নমুনা সংগ্রহের জন্য ওয়াশ পাইপ তুলে চিং বির খুলে নিই।

(viii) নরম নমুনা সংগ্রহে স্ক্রেপার বাকেট সেম্পলার, সংসক্তিহীন সমুনা সংগ্রহে স্পিং কোর কেচার, সেম্পলারে যথানিয়মে নমুনা সংগ্রহ করি।

(ix) শক্ত মৃত্তিকা স্তরের ক্ষেত্রে ড্রিলিং পাইপের নিম্নপ্রান্তে সিজেল বিটের সংযোগ দিই। (সিজেলের আঘাতে খণ্ডিত মাটি পানির সজোরের ধাক্কায় পানিসহ ড্রিলিং পাইপ ও মৃত্তিকা দেয়ালের মাঝ দিয়ে উপরে আসবে)।



(x) বিভিন্ন স্তরের বিক্ষত পানি মিশ্রিত নমুনা সংগ্রহ করে। ঈপ্সিত স্তরে মাটির পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স নম্বর জানতে হবে।

(xi) ড্রিল পাইপ উঠায়ে এর নিম্নপ্রান্তের চিজেল খুলে তার স্থানে স্পিলিট ব্যারেল সেম্পার সংযোগ দিই এবং ড্রিলিং পাইপের ছিদ্রে নামাই।

(xii) ড্রিলিং পাইপের উপরের মাথায় হ্যামারিং সকেট (এনভিল, গাইড রড স্থাপন) লাগাই।

(xiii) সেম্পার বোরের নিম্নপ্রান্তে স্পর্শ করার পর ড্রিলিং পাইপে (চিহ্নিত ভূমিতল হতে) 150 মিলিমিটার পর পর 450 মিলিমিটার পর্যন্ত দাগ দিই।

(xiv) এবার 65 কেজি ওজনের হেমার 150 মিলিমিটার উপর থেকে ড্রিলিং রডে লাগানো হ্যামারিং সকেটে স্থাপিত এনভিলের উপর ফেলি। প্রথম 150 মিলিমিটার প্রবেশের জন্য হেমারের আঘাত সংখ্যা গণনা করে লিখে রাখি।

(xv) একইভাবে পরবর্তী 150 মিলিমিটার এবং তৎপরবর্তী 150 মিলিমিটার প্রবেশের জন্য হেয়ারের আঘাতের সংখ্যা লিখে রাখি। (প্রথম 150 মিলি প্রবেশের আঘাতের সংখ্যা বাদ দিয়ে পরবর্তী 300 মিলিমিটার প্রবেশের আঘাত সংখ্যাকে স্ট্যান্ডার্ড পেনিট্রেশন নম্বর (N) বলা হয়।)

(xvi) সেম্পারসহ ড্রিলিং রড উঠিয়ে আনি। সেম্পলার খুলে 'এয়ার টাইপ' অবস্থায় (অক্ষত নমুনা হিসাবে অন্যান্য পরীক্ষার জন্য) গবেষণাগারে প্রেরণ করি।

(xvii) 'N' হতে মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ের পদ্ধতি তাত্ত্বিক অংশে দেখি।

জব নং-১০	তারিখ .....
জবের নাম ঃ আদর্শ প্রকটর টেস্টের মাধ্যমে মাটির দৃঢ়করণের পরিমাণ ও জলীয়াংশের পরিমাণ নির্ণয়করণ	

উদ্দেশ্য : ৬.৮নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

জব নং-১১	তারিখ .....
জবের নাম ঃ কনসলিডেশন টেস্ট সম্পাদন	

উদ্দেশ্য : তাত্ত্বিক অংশে দেয়া আছে দ্রষ্টব্য।

সুপার সাজেশনস্

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি :

১। প্রকৌশলীদের মতে মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ১২]
অথবা, মৃত্তিকার (Soil) সংজ্ঞা দাও।
অথবা, Soil engineering মতে Soil কাকে বলে?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। পাথর কী?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। জিওলজিক্যাল সাইকেল কী? [বাকাশিবো-২০০৯, ১১, ১৩, ১৪]
অথবা, অতান্ত্রিক চক্র কী? অথবা, জিওলজিক চক্র কী?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। SW মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ১০, ১৪]
অথবা, SW প্রতীকটি কী ধরনের মৃত্তিকা নির্দেশ করে?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মাটির ঔদক ধর্মগুলো (Hydraulic Propertis) লিখ। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ১২, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৬। MIT বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। টারজাগির মতে মৃত্তিকার সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মোটা বালির আকার মিলিমিটারে লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। AASHO পদ্ধতিতে A–৭ (১০) বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০। সাম্যতা গুণাঙ্ক বা সমতাসহগ (C_u) কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১। স্থূলদানাদার মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২। সুবিন্যস্ত মৃত্তিকা (Well graded soil) কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। মাটি শনাক্তকরণের মাঠ পরীক্ষা (Field test) কী কী? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৮, ১০, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মাটির কার্যাকরী আকার বা D_{10} বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৪, ০৮, ১০, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। Cohesive ও Non-Cohesive soil বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। AASHO এর পূর্ণ শব্দ লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ASTM কর্তৃক নির্ধারিত মোটা দানার আকারের সীমাগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫০ নং দ্রষ্টব্য।

২০। সূক্ষ্মদানার মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫১ নং দ্রষ্টব্য।

২১। স্থূলদানার মৃত্তিকা বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। 4 নং চালনির বৈশিষ্ট্য কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। G.W. প্রত্যেকটি কী ধরনের মৃত্তিকা নির্দেশ করে? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ভয়েড রেশিও কী? [বাকাশিবো-২০১১, ১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। পরোসিটি বা সরন্ধ্রতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো ২০০১, ০৪, ১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। ডিগ্রি অফ স্যাচুরেশন বা সম্পৃক্ততার বা পরিপৃক্ততার মাত্রা সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো- ১৯৯৯, ০২, ০৬, ০৮, ১২, ১৩]
অথবা, সম্পৃক্ততার মাত্রা কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। সম্পৃক্ততার মাত্রা কখন ১ এবং কখন ০ (শূন্য) হয়? [বাকাশিবো- ২০১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। মৃত্তিকার শুষ্ক একক ওজন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো- ১৯৯৯, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। পরোসিটি (n) এর সাথে ভয়েড রেশিও (e) এর সম্পর্ক লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। মৃত্তিকার মোট একক ওজন বলতে কী বুঝায়?
অথবা, মৃত্তিকার আয়তনিক ঘনত্ব বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। পিকনোমিটারের সাহায্যে কী করা হয়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। সম্পৃক্ত একক ওজন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। মৃত্তিকার সূচক ধর্মগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। 'স্টোকস ল' এ অনুমান' সত্যগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০৭, ১০, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। মাটি কণার হাইড্রোমিটার বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ডিসপার্সিং এজেন্টের কাজ কী? [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। স্টোকস-এর সূত্রটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। মৃত্তিকার সূচক ধর্ম বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। মৃত্তিকার তারল্য সীমার সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০১, ২০০৪, ২০০৬, ২০১০, ২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। নম্যতা সূচক কী? [বাকাশিবো-২০১০, ২০১১, ২০১৪]

অথবা, প্লাস্টিসিটি ইনডেক্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। ফ্লো ইনডেক্স (প্রবাহ সূচক) কী? [বাকাশিবো-২০০০, ৯৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। টাফনেস ইনডেক্সের সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। থিক্সোট্রপি কী? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৬, ০৮, ০৯, ১০, ১৪]

অথবা, মাটির থিক্সোট্রপি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। মৃত্তিকায় শোষ্য পানি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। এটারবার্গ লিমিটগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। এটারবার্গ সীমা বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৬, ০৭, ০৮, ০৯, ১০, ১২]

অথবা, কনসিসটেন্সী সীমা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। ফ্লো কার্ভ কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। নম্যতা সীমা বা প্লাস্টিক লিমিট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ০৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। প্লাস্টিক লিমিট (Plastic limit) বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, নম্যতা সীমা কী?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। মৃত্তিকার ভেদ্যতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৯, ১২]
অথবা, Permeability of soil বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। 'হাইড্রোলিক হেড' কী? [বাকাশিবো-২০০৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। নিঃসরণ বেগের সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৯]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। প্রবাহ রেখা বা চুয়ানো রেখা কী? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০৯]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। সমবিভব রেখা বা ইকুয়িপটেনশিয়াল লাইনের সংজ্ঞা লেখ। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৮, ০৯, ১২, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। ফ্লো-নেট কী? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০০, ০৬, ০৯, ১০, ১৩]
অথবা, প্রবাহ জালিকা কী?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। ভেদ্যতা সহগ কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০২, ১০, ১১]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। চোরাবালি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ১৩]
অথবা, Quick condition of sand বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। নিঃসরণ চাপ ও চরম ঔদক ঢালুতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০৬, ১১, ১২]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬০। মাটির ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে? [বাকাশিবো-২০০৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৬১। ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৯, ১০, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

৬২। কী কী কারণে মৃত্তিকা সংনমিত হয়? [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। মৃত্তিকার কনসলিডেশন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪, ২০০৬, ২০১১, ২০১৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। কনফাইনিং প্রেসার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। কনসলিডেশনের ধাপগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯, ২০১০, ২০১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। শূন্য এয়ার ভয়েড রেখা কী? [বাকাশিবো-২০১১]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। রিবাউন্ড কার্ভ ও রিলোডিং কার্ভ বলিতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। আদর্শ প্রষ্টর পরীক্ষা কেন বা কী উদ্দেশ্যে করা হয়? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। e log P কার্ভ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৭০। মাটির দৃঢ়াবদ্ধতার হার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭১। সংনমন সূচক কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭২। মৃত্তিকার কম্প্যাকশন বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭৩। কম্প্যাকশন ও কনসলিডেশনের পার্থক্য কী কী, লেখ। [বাকাশিবো-২০২২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭৪। মাটির পরিমিত জলীয় অংশ কেন নির্ণয় করা হয়? [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

৭৫। পরিমিত জলীয় অংশ (OMC) বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

৭৬। ওয়াশ বোরিং এ ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০১১, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। মৃত্তিকার বিক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৪, ০৭, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। মৃত্তিকার অক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৭, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। পেনিট্রেশন সংখ্যা বা পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৭, ১০]
অথবা, SPT বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৮০। বোরিং লগ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮১। কী ধরনের মৃত্তিকার ক্ষেত্রে আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা উপযোগী? [বাকাশিবো-২০১৪]
অথবা, কোন ধরনের মৃত্তিকার ক্ষেত্রে SPT করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮২। ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮৩। স্পিলিট ব্যারেল সেম্পলার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮৪। প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮৫। ভরাটিকৃত সামগ্রী বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, Back fill বলতে কী বুঝ?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮৬। সারচার্জ ও সারচার্জ কোণ কী? [বাকাশিবো-২০১২]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৮৭। মৃত্তিকার পার্শ্ব চাপকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮৮। নিশ্চল চাপের সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮৯। মৃত্তিকার সক্রিয় চাপ কী? [বাকাশিবো-২০০১, ০২, ০৪, ০৫, ০৭, ০৮, ০৯]
অথবা, Active pressure বলতে কী বুঝ?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯০। মৃত্তিকার নিশ্চেষ্ট চাপ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৯]
অথবা, Passive pressure বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯১। মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতার সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০২, ২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯২। কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট কী? [বাকাশিবো-২০০৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৯৩। নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৯, ১০, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৯৪। পানির তল উপরে চলে আসলে ভারবহন ক্ষমতার উপর কোন প্রভাব পড়ে? [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯৫। মাটির চরম ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯৬। ভিত্তি সংস্থাপন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি :

১। গ্রুপ ইন্ডেক্স কী? বুঝিয়ে লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকা প্রকৌশল এর পরিধিগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৬, ১২, ১৩]
অথবা, মৃত্তিকা প্রকৌশল এর সীমাবদ্ধতা কী কী?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মাটির ঝাঁকুনি পরীক্ষা বলতে কী বুঝায়। [বাকাশিবো-২০০২]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪। গঠন প্রকৃতি অনুসারে মাটির ভৌত ধর্মগুলোর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। AASHO পদ্ধতিটি কী? [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং এর কোন কোন ক্ষেত্রে জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং অনুশীলনের প্রয়োজন হয়? [বাকাশিবো-২০০০, ১০, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। মাটি মাঠে শনাক্তকরণ পরীক্ষাগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১০, ১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮। যদি $D_{10} = 0.10$ মিমি, $D_{30} = 0.30$ মিমি এবং $D_{60} = 1.9$ মিমি হয় তাহলে মাটির সমতাসহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মৃত্তিকার সাধারণ ধর্মগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০। $D_{10} = .16$ mm, $D_{30} = .30$ mm এবং $D_{60} = 1.50$ mm হয় তবে মাটির সমতার সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১১। এয়ার কনটেন্ট ও সম্পৃক্ততার মধ্যে সম্পর্ক কী? [বাকাশিবো-২০০০, ০৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ঘনত্ব সূচক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]
অথবা, ভয়েড রেশিও ইনডেক্স কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ভয়েড রেশিও ও পরোসিটি এর সম্পর্ক লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। এয়ার কনটেন্ট ও সম্পৃক্তার মাত্রার সম্পর্ক লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ভয়েড রেশিও এর ভিত্তিতে তিন পেজ (three phase) এর চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। মৃত্তিকাকে স্বাভাবিক ক্ষেত্রে ত্রি-উপাদান বা ত্রি-দশা পদ্ধতির সামগ্রী বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। দেখাও যে, $n = \frac{e}{1+e}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৬, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। দেখাও যে, $e = \frac{n}{1-n}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত) [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$ [বাকাশিবো- ১৯৯৯, ০৭, ০৯, ১০, ১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

২০। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব ২.০১ গ্রাম/ঘনসেমি ও পানির হার ৩০% হলে এর শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২১। মৃত্তিকার সূচক ধর্মাবলি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০১, ০২, ০৯, ১১, ১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। পানিতে ভাসমান মৃত্তিকা কণার ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, প্রান্তীয় বেগ, $v = \frac{1}{18}\frac{D^2}{\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$.[বাকাশিবো-২০০৪, ১১, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। মাটির দানার আকার বিতরণ নির্ণয়ে চালনি বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রতি চালনিতে ক্রম পুঞ্জীভূত অবশিষ্টাংশের শতকরা হার নির্ণয়ের পদ্ধতি উদ্ধৃত কর। [বাকাশিবো-২০০১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। মাটি কণার চালনি বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং কীভাবে D_{10}, D_{30}, D_{60} বের করা হয় বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৯, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। এটারবার্গের নম্যতা সীমার সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০১, ০৪, ০৫, ০৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। এটারবার্গ লিমিট বা কনসিসটেন্সী লিমিট সংক্ষেপে লিখ। [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ১০, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। স্পর্শকাতরতার উপর মাটির শ্রেণিবিন্যাস কর। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। ফ্লো কার্ভ (flow Curve) কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। এটারবার্গ লিমিট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০, ০১, ০২, ০৪, ০৭, ০৮]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। মৃত্তিকার স্পর্শকাতরতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। স্পর্শকাতরতার মানের উপর ভিত্তি করে মাটির শ্রেণিবিন্যাস কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৯, ১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। মৃত্তিকার ভেদ্যতায় প্রভাব বিস্তারকারী উৎপাদকগুলোর তালিকা তৈরি কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০২, ০৪, ০৫, ০৯, ১২, ১৩]
বা, কোন কোন বিষয়ের উপর মাটির ভেদ্যতা নির্ভর করে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। প্রবাহ জালির পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। কুইক কন্ডিশনের ক্ষেত্রে দেখাও যে, চরম ঔদক ঢালুতা, $I_C = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$. [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। নিঃসরণ বেগ ও পরোসিটির মধ্যে সম্পর্ক দেখাও। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। নিঃসরণ চাপ সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১১, ১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। প্রবাহ জালিকা এর বৈশিষ্টগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। দেখাও যে, নিমজ্জিত মৃত্তিকার উপরের পানির গভীরতার উপর কার্যকরী চাপ নির্ভর করে না। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। মৃত্তিকার কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মধ্যে পার্থক্যগুলো লেখ।
[বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০০, ০২, ০৪, ০৭, ০৮, ০৯, ১১, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা সংক্ষেপে আলোচনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০২, ২০০৪, ০৯, ১০, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। পরিমিত জলীয় অংশ (Optimum moisture) বুঝিয়ে লেখ। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০২, ০৪, ০৬, ১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। e log P রেখচিত্র হতে দেখাও যে, $C_c = \dfrac{e_1 - e_0}{\log_{10}\dfrac{P_2}{P_1}}$ [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। ভূ-স্তর তদন্তকরণের উদ্দেশ্যাবলি উদ্ধৃত কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০০, ০১, ০৫, ০৮]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। ভূ-স্তর উদঘাটনের জন্য পরিদর্শনকালে কী কী তথ্যাদি সংগ্রহ করা হয়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। পিস্টন সেম্পলারের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। মৃত্তিকার প্রতিনিধিত্বকারী নমুনাগুলো সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। ভূ-স্তর উদঘাটনের পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লিখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। সক্রিয় ও নিশ্চেষ্ট চাপ সংক্রান্ত র‍্যানকিনের তত্ত্বের অনুমান সত্য বা মৌলিক ধারণাগুলো উদ্ধৃত কর।
[বাকাশিবো-২০০১, ২০১১, ২০১২, ১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। কুলম্বের ওয়েজ তত্ত্বের অনুমান সত্য বা মৌলিক ধারণাগুলো উদ্ধৃত কর। [বাকাশিবো-২০০০, ০২, ০৪, ০৬, ০৭, ০৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। মৃত্তিকার নিশ্চেষ্ট চাপ বা পরোক্ষ চাপ বুঝিয়ে লেখ। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। মৃত্তিকার চরম ভারবহন ক্ষমতাও নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৪, ০৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। শিটিং ও ব্রেসিং কী? বুঝিয়ে লেখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮, ০৯, ১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। সমতল ভূমিতে ভিত্তি সংস্থাপন করতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামালের তালিকা দাও। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি :

১। মৃত্তিকা প্রযুক্তিবিদ্যার সীমাবদ্ধতাগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০১, ০২, ০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকা প্রকৌশলীদের সীমাবদ্ধতাগুলো ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩। AASHO পদ্ধতিতে মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগ পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০৯৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪। কার্যক্ষেত্রে মৃত্তিকা শনাক্তকরণের বিভিন্ন পরীক্ষাগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮, ১০, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০০, ০৪, ০৯, ১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মোট একক ওজন বা আয়তনিক একক ওজন বা আয়তনিক ঘনত্ব (Bulk density) কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। আপেক্ষিক ঘনত্ব (Density Index) বা ঘনত্ব সূচক কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পিকনোমিটারের সাহায্যে মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১০, ১১, ১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯। 'স্টোকস্, ল' এর ভিত্তিতে প্রমাণ কর যে, $D = M\sqrt{\frac{He}{t}}$ যখন $M = \frac{3000\eta}{(G-1)\gamma_w}$ [বাকাশিবো-২০০০, ০৫, ০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। চিত্রসহ কাদা মৃত্তিকার নম্যতা সীমা ও তারল্য সীমা সম্পর্কে আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। কনসিসটেন্সী পরিমাপ প্রক্রিয়া আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। কনসিসটেন্সী লিমিটগুলোর ব্যবহার আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। কাদামাটির প্লাস্টিক লিমিট নির্ণয়ের পরীক্ষা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষাটি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের ক্ষেত্রে ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষার মাধ্যমে দেখাও যে, $k = \frac{2.3aL}{At}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০০০, ০৪, ১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। মাটির ভেদ্যতা নির্ণয়ের পরীক্ষাগুলো কী কী? অপরিবর্তনীয় হেড পারমিয়্যামিটারের সাহায্যে ভেদ্যতা নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ০০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নিরূপণের ক্ষেত্রে আনকনফাইন্ড একুইফারের জন্য পাম্পিং আউট পরীক্ষার মাধ্যমে দেখাও যে, $k = \frac{2.3q}{p(h_2^2 - h_1^2)} \log_{10} \frac{r_2}{r_1}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ নিরূপণের প্রক্রিয়া আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৬, ০৭, ০৯, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। অপ্রবেশ্য সীট-পাইলের নিচের ভেদ্যস্তরে পানি প্রবাহের ফ্লো-নেট অংকন কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২০। মৃত্তিকার কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২১। পূর্ব হতে চাপিত মাটির জন্য e log P কার্ভের বৈশিষ্ট্য চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ভূ-স্তর তদন্তকরণের ধাপগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ ওয়াশ বোরিং এর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০০, ০১, ০২, ০৯, ১০, ১১, ১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৫, ০৬, ০৮, ১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। মাটির পার্শ্ব চাপের পরিবর্তনীয় চিত্র অঙ্কন করে সক্রিয় এবং নিষ্ক্রিয় চাপের মধ্যে পার্থক্য বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ের প্লেটলোড পরীক্ষাটি বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪, ১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। প্লেট লোড পরীক্ষার সীমাবদ্ধতাগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ০০, ১১, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। ভিত্তি দেবে যাওয়ার কারণগুলো আলোচনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯, ২০০২, ০৮, ১০, ১১, ১৩]
অথবা, মাটি বসে যাওয়ার ৪টি কারণ লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। ভিত্তি ব্যর্থ হওয়ার কারণগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০২, ১০, ২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা হতে মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্র উল্লেখ পূর্বক ছোট ইমারতের ভিত্তি খনন প্রক্রিয়া আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

গাণিতিক সমস্যাবলি :

১। $D_{10} = 0.10$ মিমি, $D_{30} = 0.30$ মিমি, এবং $D_{60} = 1.9$ মিমি হলে মাটির সমতা সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ১০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-১ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

২। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার জলীয়াংশের শতকরা হার ৪৫ এবং G_s = ২.৭০। নমুনার ভয়েড রেশিও, পরোসিটি এবং সম্পৃক্ত একক ওজন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১১, ১২, ১৪]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। চাঁদপুরের জলাঞ্চলে সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত নমুনা কাদা মৃত্তিকায় জলীয়াংশের পরিমাণ ৪০০%। যদি উক্ত মৃত্তিকার $G_s = ২.৫$ হয় তবে γ_{sat}, e ও n এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব 1.98 gm/cm^3 ও পানির হার 25% শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে। [বাকাশিবো-২০০২, ১০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫। একটি মৃত্তিকা নমুনার জলীয় অংশ 15% এবং আয়তনিক একক ওজন 2000 kg/m^3 এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.65 হলে γ_d, e, n, S_r এবং a_c এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৬। একটি মাটির নমুনার ওজন ৬৩৩ gm, আয়তন ৩০০ cm^3 এবং জলীয় অংশের পরিমাণ ১১%, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৮ হলে ভয়েড রেশিও, সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর। সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত অবস্থায় নমুনামাটির জলীয় অংশের পরিমাণই বা কত হবে, যখন আয়তন অপরিবর্তনীয়। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২০ নং দ্রষ্টব্য।

৭। একটি মৃত্তিকা নমুনার জলীয় অংশ 10% এবং ভিজা অবস্থায় একক ওজন 20KN/m^3। যদি কঠিন অংশের আঃ গুঃ 2.7 হয় তবে শুষ্ক একক ওজন, ভয়েড রেশিও এবং সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত 150 gm মৃত্তিকা নমুনার আয়তন 80 cm^3 উহাকে চুল্লিতে শুকানোর পর আয়তনের কোন পরিবর্তন ছাড়া 120 gm পাওয়া গেল। ঐ মৃত্তিকার নির্ণয় কর–(ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব; (খ) ভয়েড রেশিও; (গ) পোরোসিটি; (ঘ) শুষ্ক একক ওজন। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। একটি মৃত্তিকা নমুনার আয়তন 0.001 m3 এবং প্রাকৃতিক অবস্থায় ওজন 1.75 kg, সম্পৃক্ততায় মাত্রা 61.4%। নমুনাটিকে 100°C তাপমাত্রায় শুকানোর পর পাওয়া গেল 1.45 kg। নমুনাটি vold ratio, porosity, dry density, saturated unit weight এবং water content বাহির কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৫]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০। এক খণ্ড মৃত্তিকা নমুনার শতকরা অংশের পরিমাণ 30% এবং $G_s = 2.65$ উক্ত নমুনার আয়তন এবং ওজন যথাক্রমে 500 cc এবং 750 gm হলে বের কর–(ক) ভিজা একক ওজন; (খ) শুষ্ক একক ওজন; (গ) ভয়েড রেশিও; (ঘ) পরোসিটি; (ঙ) সম্পৃক্ততার মাত্রা। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১। একটি সম্পৃক্ত কাদামাটির নমুনার ভয়েড রেশিও ২.৫। এটির জলীয় অংশের পরিমাণ এবং শুষ্ক একক ওজন বের কর। আঃগুঃ ২.৬ [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। একটি মৃত্তিকা নমুনার জলীয় অংশ 15%, আয়তনিক একক ওজন 1800 kg/m^3 এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.7 হলে γ_d, e, n, S_r এবং a_c এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত 140 gm নমুনা মৃত্তিকায় আয়তন 65 cm^3 ঐ নমুনাকে চুল্লিতে শুকানোর পর অবিকল আয়তনে শুষ্ক অবস্থায় 114 gm পাওয়া গেল। ঐ মৃত্তিকার (ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব, (খ) ভয়েড রেশিও; (গ) পরোসিটি; (ঘ) শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব 1.98 gm/cm^3 পানির হার 25% হলে শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। একটি নমুনা মৃত্তিকার সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ভয়েড রেশিও যথাক্রমে .85 ও .25, যখন এর ভয়েড রেশিও .40 তখন ঘনত্ব সূচকের মান কত হবে? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মাটি মৃত্তিকার জলীয়াংশের শতকরা হার = 45%, G_s = 2.90 হলে নমুনাটির ভয়েড রেশিও, পরোসিটি ও V_{sat} নিরূপণ কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-৩০ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। 0.60 মি. মি. এবং 0.01 মি.মি. এর মধ্যে কোন মাটির একটি নমুনাকে 6 মি. গভীর স্থির পানির একটি ট্যাংকের পানি তলের উপর ছেড়ে দেয়া হল। স্থূলদানা ও সূক্ষ্মদানা মাটিকণা থিতাইয়া পড়তে কত সময় নিবে? মনে কর G = 2.66 এবং η = 0.01 পয়েজ। [বাকাশিবো- ১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। 0.6 mm আকারের কণাবিশিষ্ট একটি মাটির নমুনাকে 4.5m গভীর একটি ট্যাংকের স্থির পানি তলে রাখা হল। G = 2.66 এবং η = 0.01 পয়েজ হলে ঐ কণাটি টাংকের তলায় থিতিয়ে পড়তে কত সময় লাগবে নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২, ১১]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ-৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় ব্যবহৃত পারমিয়্যামিটারের অন্তঃব্যাস ৫ সেমি. এবং খাড়া পাইপের অন্তঃব্যাস ০.২ সেমি.। নমুনা মৃত্তিকার দৈর্ঘ্য ৮ সেমি.। এতে ৬ মিনিটে হেড ১০০ সেমি. হতে ৫০ সেমি. নেমে আসে। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-৫ নং দ্রষ্টব্য।

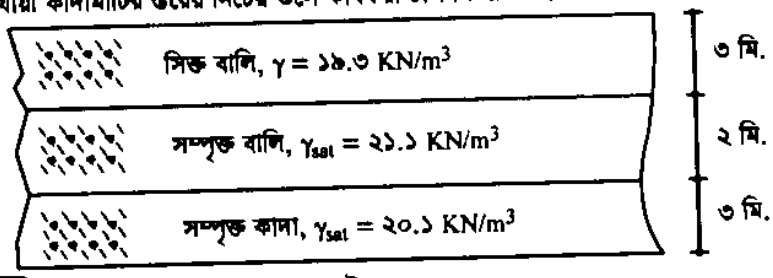
২০। একটি ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় দেখা যায় যে, প্রারম্ভিক সময়ের হেড ৪০ সেমি. এবং প্রতি ১০ মিনিটে ৫ সেমি. হেডের অবনতি ঘটে। যদি উক্ত পরীক্ষায় ব্যবহৃত নমুনা মৃত্তিকার দৈর্ঘ্য ৬ সেমি. এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ৫০ সেমি.^{2} হয় এবং খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ০.৫ সেমি.^{2} হয়, তবে কত সময় পরে হেড ২০ সেমি. এ পৌছবে। উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক মিটার/ঘন্টা ও মিটার/দিন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-৬ নং দ্রষ্টব্য।

২১। একটি পাথুরে স্তরের উপর ১৬ মিটার পুরু বেলে কর্দম স্তরে পানি সমতা ভূতলে অবস্থান করে। এ স্তরে পাম্পিং কূপ হতে ৩ মিটার ও ৮ মিটার দূরে দুটি পর্যবেক্ষণ কূপ আছে। পাম্পিং কূপ হতে প্রতি মিনিটে ১২০০০ লিটার পানি উত্তোলন করায় পর্যবেক্ষণ কূপদ্বয়ের পানি তল ২ মিটার ও ০.৫ মিটার নিচে নেমে যায়। উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-০৪]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-৮ নং দ্রষ্টব্য।

২২। নিচের চিত্র অনুযায়ী কাদামাটির স্তরের নিচের তলে কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯]



উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-১২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। কোন নমুনা মৃত্তিকার শিথিল ও গোলাকার মৃত্তিকা কণার কার্যকরী আকার ০.২৫ মিমি হলে উক্ত মৃত্তিকার ভেদ্যতার সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-১৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি কাদামাটির স্তরের উপর 5.5 m পুরুত্বের বালি মাটির স্তর আছে। বালি মাটির উপরিতল হতে 2.5m নিচে পানি তল আছে। e = 0.52, S_r = 37%, w = 42% এবং G = 2.65 হলে ভূমি তল হতে 9.6 m গভীরতায় মোট চাপ, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। পরীক্ষাগারে ভেদ্যতা পরীক্ষণ কালে 10 mm একটি খাড়া পাইপের পানির উচ্চতা 40 cm হতে কমে 25 cm হল। যদি নমুনার উচ্চতা 10 cm, ব্যাস 5 cm এবং খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল 0.5 cm^2 হয়, তবে ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ০৯, ১০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট কোন শিথিল বালির নমুনার কণার কার্যকরী আকার D_{10} = 0.28 mm. ভেদ্যতার সহগ k এর মান কত? [বাকাশিবো-২০০২, ১৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-১৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি ফলিং হেড পারমিয়েবিলিটি পরীক্ষায় 21 cm দীর্ঘ এবং 12 cm ব্যাসবিশিষ্ট কোন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহিত করে 190 সেকেন্ডে 60 cm উচ্চতা থেকে 40 cm উচ্চতায় নেমে আসল। যদি খাড়া পাইপের ব্যাস 1.88 cm হয় তাহলে উক্ত মাটির ভেদ্যতার সহগ কত? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-১৯ নং দ্রষ্টব্য।

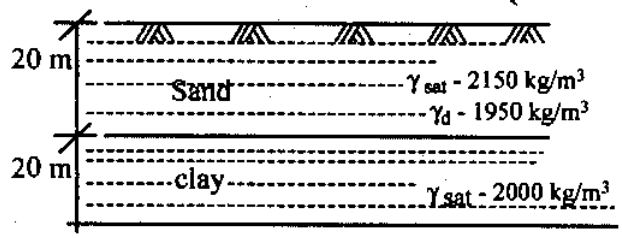
২৮। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট কোন বালি নমুনার কার্যকরী আকার 0.35 mm হলে 0 এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ১৪]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২০ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। মৃত্তিকা লগের চিত্র হতে 30 মিটার গভীরে কার্যকরী চাপের মান বের কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১২]

(ক) যখন পানিতল ভূমি সমতলে থাকে।

(খ) নিষ্কাশনের সাহায্যে পানির তল যখন 10 মিটার নিচে নামানো হয় এবং সম্পৃক্ততার মাত্রা 30%.



উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। একটি ফিলিং হেড পারমিয়্যামিটার পরীক্ষায় 20 cm দীর্ঘ এবং 12 cm বিশিষ্ট কোন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়া পানি প্রবাহিত করে। 190 সেকেন্ডে 45 cm উচ্চতা হতে 32 cm উচ্চতা পাওয়া গেল। যদি পাইপের ব্যাস 1.8 cm হয় তাহলে মাটির ভেদ্যতার সহগ কত হবে? [বাকাশিবো-২০০৫, ১২]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। একটি শিথিল ও গোলাকৃতি নমুনার কার্যকরী আকার 0.06 mm হলে এলেন হেজেনের ভেদ্যতা সহগের মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ১০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। একটি কাদামাটির স্তরের উপর 6m পুরুত্বের বালির স্তর আছে। বালির উপরিতল হতে 2m নিচে পানি তল আছে e = 0.50, S_r = 35%, w_c = 41% এবং G = 2.65 হলে ভূমিতল হতে 9 m গভীরতায় মোট চাপ, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। একটি ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় পারমিয়্যামিটারে 6 cm^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট নমুনা মৃত্তিকায় 40 মিনিটে হেড 30 cm হতে 10 cm এ নেমে আসে। যদি নমুনা মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ 1×10^{-4} cm/sec. হয়, তবে খাড়া পাইপের ব্যাস কত? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। ৮ মিটার পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরী চাপ 200 কিলো নিউটন/বর্গমিটার এবং ভয়েড রেশিও ০.৫৩। ০.২০ কিলো নিউটন বর্গমিটার হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশনের শেষে নমুনাটির বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনাটির লিকুইড লিমিট ৩৮% বিবেচনা কর। [বাকাশিবো-১৯৯৯]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। একটি সম্পৃক্ত কাদামাটির নমুনার ক্ষেত্রে 100 কি. নিউটন/বর্গমিটার (KN/M^2) আদি চাপে ভয়েড রেশিও 0.95 এবং 200 কি. নিউটন/বর্গমিটার (KN/M^2) চূড়ান্ত চাপে ভয়েড রেশিও 0.85 হলে নমুনাটির সংনমন সূচক নির্ণয় কর। নমুনাটির তারল্য সীমা 38% হলে সংনমন সূচক কত হবে? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। 5m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির কার্যকরী চাপ 10,000 kg/m^2 এবং ভয়েড রেশিও 0.55। 20kg/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে নমুনাটির সংগমন সূচক 0.35 হলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। অরক্ষিত সংনমন পরীক্ষায় একটি সিলিন্ডার আকৃতির মাটির নমুনা 160 KN/m^2 উল্লম্ব অক্ষীয় চাপে ব্যর্থ হয়। ধ্বংস তল অনুভূমিকের সাথে 50° কোণ উৎপন্ন করলে C এবং ϕ এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। 5m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যে বিন্দুতে চাপ 100 kg/m^2 এবং ভয়েড রেশিও .53 ; 0.20 kg/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটি বসন নির্ণয় কর। নমুনাটি সংনমন সূচক .25 ডাবল ড্রেনেজ বিবেচনা করতে হবে। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। 9m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মাঝ বিন্দুতে কার্যকরী চাপে 210 KN/m^2 এবং ভয়েড রেশিও .54 । .22 KN/m^2 হারে চাপ বাড়ালে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটি বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনাটি লিকুইড লিমিট 38% বিবেচনা করতে হবে। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-১১ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। 6m পুরু সাধারণভাবে চাপানো একটি কাদামাটির মাঝ বিন্দুতে কার্যকরী চাপ 105 KN/m^2 এবং ভয়েড রেশিও .54 । .25 KN/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটি বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনার নমন সূচক .29 [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-১২ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

তৃতীয় পর্ব (১৯৯৮-৯৯ শিক্ষাসন), সমাপনী পরীক্ষা-১৯৯৯

সিভিল ও সিভিল (উড) টেকনোলজি

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (সিটি-৩৩৩)

[সময় ঃ ৩ ঘন্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। মৃত্তিকার (Soil) সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। মাটির ঔদক ধর্ম (Hydraulic property)-গুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩। শুষ্ক একক ওজন এবং সম্পৃক্ততার মাত্রা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ ও ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪। কার্যকরী আকার (D_{10}) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মাটির কণার হাইড্রোমিটার বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ডিসপার্জিং এজেন্টের (সোডিয়াম হেক্সামেথা ফসফেট) কাজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মাটির পরিমিত জলীয় অংশ (OMC) কেন নির্ণয় করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

৭। "ফ্লো ইনডেক্স" ও "টাফনেছ ইনডেক্স" বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ ও ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮। নিঃসরণ চাপ ও চরম ঔদক ঢালুতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯। নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। প্রবাহ রেখা ও সমবিভব রেখা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ ও ১১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। AASHO পদ্ধতিতে মাটির শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ ১.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। প্রমাণ কর ঃ $\gamma_d = \frac{\gamma}{১ + \omega}$

উত্তর সংকেত ঃ ২.১ এর (জ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। ভূ-স্তর উদঘাটনের ৪টি উদ্দেশ্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। কুইক কন্ডিশনের ক্ষেত্রে দেখাও যে, চরম ঔদক ঢালুতা, $ic = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$

উত্তর সংকেত ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

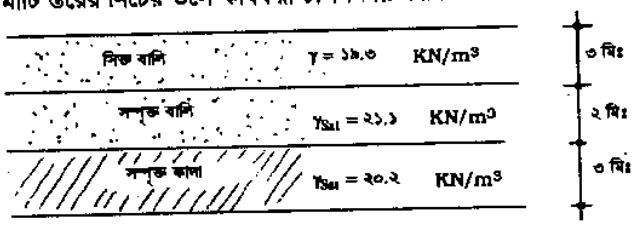
১৫। কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মধ্যে পার্থক্যগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

উত্তর সংকেত ৫.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। ১নং চিত্র অনুযায়ী কাদামাটি স্তরের নিচের তলে কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর।



উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ভয়েড রেশিও এর ভিত্তিতে তিন ফেজ (Three phase)-এর চিত্র অংকন কর।

উত্তর সংকেত চিত্র ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। মাটি বসে যাওয়ার ৪টি কারণ লিখ।

উত্তর সংকেত ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। একটি কাদামাটির নমুনায় ৫ মিটার গভীরে গড় আদর্শ পেনিট্রেশন নাম্বার পাওয়া গেল ১২। ঐ স্থানে মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা কত হবে?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৯ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষাটি চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। ০.৬০ মিমি এবং ০.০১ মিমি এর মধ্যে কোন মাটির একটি নমুনাকে ৬ মি. গভীর স্থির পানির একটি ট্যাংকের পানি তলের উপরে ছেড়ে দেওয়া হল। স্থূল দানা ও সূক্ষ্ম দানা মাটির কণা থিতিয়ে পড়তে কত সময় নিবে? মনে কর, G = ২.৬৬ এবং η = ০.০১ পয়েজ।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। পূর্ব হতে চাপিত মাটির জন্য e-logp কার্ভের বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ৬.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি মাটির নমুনার ওজন ৬৩৩gm, আয়তন ৩০০cm^3 এবং জলীয় অংশের পরিমাণ ১১%, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৮ হলে ভয়েড রেশিও ও সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর। সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত অবস্থায় নমুনাটির জলীয় অংশের পরিমাণই বা কত হবে; যখন আয়তন অপরিবর্তনীয়।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২০ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। মাটি ভেদ্যতা নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলো কী কী? অপরিবর্তনীয় হেড পারমিয়োমিটারের সাহায্যে ভেদ্যতা নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৬। ৮ মি. পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরী চাপ ২০০ কি. নিউটন/ব. মি. এবং ভয়েড রেশিও ০.৫৩। ০.২০ কি. নিউটন ব.মি. হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনাটির লিকুইড লিমিট ৩৮% বিবেচনা কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ১ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

তৃতীয় পর্ব (১৯৯৯-২০০০ শিক্ষাসন), সমাপনী পরীক্ষা-২০০০

সিভিল ও সিভিল (উড) টেকনোলজি

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (সিটি-৩৩৩)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪ (চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। জৈব মাটিকে শনাক্ত করার উপায় কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২। এয়ার কনটেন্ট ও সম্পৃক্ততার মাত্রার মধ্যে সম্পর্ক কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। দৃঢ়াবদ্ধতার হার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। AASHO পদ্ধতিতে A – 7 (10) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ফ্লো-ইনডেক্স ও ফ্লো-নেট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং এবং অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। অক্ষত নমুনা ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ ও ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। "রিবাউন্ড কার্ভ" এবং "রিলোডিং কার্ভ" দ্বারা কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। সূক্ষ্মদানা মাটির সূচক ধর্মগুলোর নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। "এটারবার্গ সীমা" বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G.\gamma\omega}{1+e}$

উত্তর সংকেত ঃ ২.১ এর (জ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। ভূ-স্তর অনুসন্ধানের উদ্দেশ্যগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং এর কোন কোন ক্ষেত্রে জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং অনুশীলনের প্রয়োজন হয়?

উত্তর সংকেত ১.১(●)নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। $D_{10} = 0.10$ মিমি., $D_{30} = 0.30$ মিমি. এবং $D_{60} = 1.9$ মিমি. হলে মাটির সমতার সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-১ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। নিঃসরণ বেগ ও পোরসিটির মধ্যে সম্পর্ক দেখাও।

উত্তর সংকেত ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। মৃত্তিকার ভারবহন ক্ষমতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। কূলঘের ওয়েজ তত্ত্বের মৌলিক ধারণাসমূহ উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মধ্যে পার্থক্যগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। সমতল ভূমিতে ভিত্তি সংস্থান করতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামালের তালিকা দাও।

উত্তর সংকেত ১০.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। একটি শিথিল ও গোলাকৃতি নমুনার কার্যকরী আকার 0.06 মি.মি. হলে ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর। (যদি $C = 120$ হয়)

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি নমুনা জলীয় অংশ 10% এবং ভিজা অবস্থায় একক ওজন 20 কিঃ নিউটন/ঘনমিটার। যদি কঠিন অংশের আঃগুঃ 2.7 হয়, তবে শুষ্ক একক ওজন, ভয়েড রেশিও এবং সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ ভেদ্যতা সহগ নির্ণয়ের পরিবর্তনীয় হেড (Variable head) পরীক্ষাটি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি ভেরিয়েবল হেড পারমিয়্যামিটার পরীক্ষায় 6cm লম্বা এবং $50cm^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট নমুনা মৃত্তিকায় 40 মিনিটে হেড 50cm হতে 20cm-এ নেমে আসল। যদি উক্ত নমুনা মৃত্তিকায় ভেদ্যতা সহগ 1×10^{-4} cm/sec হয়, তবে খাড়া পাইপের ব্যাস কত?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি সম্পৃক্ত কাদামাটির নমুনার ক্ষেত্রে 100 কি. নিউটন/ব.মি. (KN/M^2) আদি চাপে ভয়েড রেশিও 0.95 এবং 200 কি. নিউটন (KN) চূড়ান্ত চাপে ভয়েড রেশিও 0.85 হলে, নমুনাটির সংক্রমণ সূচক নির্ণয় কর। নমুনাটির তারল্য সীমা 38% হলে সংক্রমণ সূচক কত হবে?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। প্রমাণ কর যে, $D = M\sqrt{\frac{H_0}{t}}$ যখন $M = \sqrt{\frac{0.3\eta}{(G-1)\gamma\omega}}$

উত্তর সংকেত ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৬। প্লেট লোড পরীক্ষার সীমাবদ্ধতা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৯.৪.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (২০০১-২০০২ শিক্ষাসন) সমাপনী পরীক্ষা-২০০২

সিভিল, আর্কিটেকচার, সার্ভেয়িং ও সিভিল (উড্) টেকনোলজি

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (সিটি-৪১৩)

[সময়ঃ ৩ ঘন্টা] [পূর্ণমান-৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোন ৪টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকার সম্পৃক্ততার মাত্রা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কনসলিডেশনের ধাপগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪। G.W প্রতিকটি কী ধরনের মৃত্তিকা নির্দেশ করে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মাটির সূচক ধর্ম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ভেদ্যতা সহগ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। আদর্শ পেনিট্রেশন নাম্বার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পরোক্ষ চাপ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মাটির ভারবহন ক্ষমতা কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। আটার বার্গ লিমিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। ভয়েড রেশিওর সাপেক্ষে ত্রি-উপাদান চিত্র হতে দেখাও যে, $n = \frac{e}{1+e}$

উত্তর সংকেত ঃ ২.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। আদর্শ প্রক্টর কম্প্যাকশন পরীক্ষা কী উদ্দেশ্যে করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। মৃত্তিকার সূচক ধর্মগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মাটির ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

উত্তর সংকেত ৫.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। কুলম্ব ওয়েজ তত্ত্বের মৌলিক ধারণাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। ভিত্তি ব্যর্থ হওয়ার কারণগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। $e - \text{Log}P$. লেখ হতে দেখাও যে, $C_c = \dfrac{e_1 - e_2}{\text{Log}\dfrac{P_2}{P_1}}$

উত্তর সংকেত ৬.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব 1.98 gm/cm^3 ও পানির হার 25% হলে এর শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি নমুনা মৃত্তিকার সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ভয়েড রেশিও যথাক্রমে 0.85 ও 0.25, যখন এর ভয়েড রেশিও 0.40, তখন ঘনত্ব সূচকের মান কত হবে?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ইকুইপটেন্‌শিয়াল লাইন কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। মৃত্তিকা প্রকৌশলীর সীমাবদ্ধতাগুলো ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ১.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। চালনি বিশ্লেষণের দ্বারা মৃত্তিকা শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। পরীক্ষাগারে ভেদ্যতা পরীক্ষণ কালে 10 মিনিটে খাড়া পাইপের পানির উচ্চতা 40cm হতে কমে 25cm হল। যদি নমুনার উচ্চতা 10cm, ব্যাস 5cm এবং খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল $0.5cm^2$ হয়, তবে ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত 150 gm মৃত্তিকা নমুনার আয়তন $80cm^3$, তাকে চুল্লিতে শুকানোর পর আয়তনের কোন পরিবর্তন ছাড়া 120gm পাওয়া গেল।

ঐ মৃত্তিকার নির্ণয় কর ঃ

(ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব

(খ) ভয়েড রেশিও

(গ) পোরোসিটি

(ঘ) শুষ্ক একক ওজন।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ওয়াশ বোরিং কী? ওয়াশ বোরিং এর বিস্তারিত বিবরণ দাও।

উত্তর সংকেত ৭.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (২০০১-২০০২ শিক্ষাসন) পরিপূরক পরীক্ষা-২০০২

টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড্) আর্কিটেকচার ও সার্ভেয়িং

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (সিটি-৪১৩)

[সময়ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান-৫০]

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোন ৪টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ x ১ = ১০)

১। Soil Engineering মতে Soil কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর প্রশ্নোত্তর ৪৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ASTM কর্তৃক নির্ধারিত মোটা দানার মাটির আকারের সীমাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর প্রশ্নোত্তর ৫০ নং দ্রষ্টব্য।

৪। Consistancy limit বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৫। পরিমিত জলীয় অংশ (Optimum moisture) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

৬। SPT বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। মাটির সূচক ধর্ম বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মাটির ভেদ্যতা কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। চোরাবালি (Quick condition of sand) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। D_{10} বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ x ২ = ২০)

১১। মাটির স্পর্শকাতরতা ও থিক্সোট্রপি (Sensitivity & thixotropy) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ৪.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। স্পর্শকাতরের মানের উপর ভিত্তি করে মাটির শ্রেণিবিন্যাস কর।

উত্তর সংকেত ৪.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট কোন শিথিল বালির নমুনার কণার কার্যকরী আকার $D_{10} = 0.28$ mm। ভেদ্যতার সহগ 'K' এর মান কত?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মাটির ঝাঁকুনি পরীক্ষা (Dilatancy test) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ১.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। ফ্লো-নেট ও ইকুইপটেনশিয়াল লাইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ ও ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। Consolidation এবং Compaction এর মধ্যে পার্থক্য কী?

উত্তর সংকেত ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। অক্ষত ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ ও ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। মাটির চরম ভারবহন ক্ষমতা ও নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ ও ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ছিদ্রস্থিত পানির চাপ এবং কার্যকরী পানির চাপ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। মাটির সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় চাপ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি মৃত্তিকা নমুনার আয়তন 0.001 ঘনমিটার এবং প্রাকৃতিক অবস্থায় ওজন 1.75 kg, সম্পৃক্ততার মাত্রা 61.4%। নমুনাটিকে 105°C তাপমাত্রায় শুকানোর পর পাওয়া গেল 1.45kg । নমুনাটি Void ratio; Porosity; dry density; Saturated unit weight এবং water content বাহির কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। প্রক্টর টেস্ট চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি ফলিং হেড পারমিয়েবিলিটি পরীক্ষায় 21cm দীর্ঘ এবং 12cm ব্যাসবিশিষ্ট কোন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহিত করে 190 সেকেন্ডে 60cm উচ্চতা হতে 40cm উচ্চতায় নেমে আসল। যদি খাড়া পাইপের ব্যাস 1.88 cm হয়, তাহলে উক্ত মাটির ভেদ্যতার সহগ কত?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। প্লাস্টিক লিমিট বলতে কী বুঝায়? কাদামাটির প্লাস্টিক লিমিট কীভাবে বাহির করা হয়, পরীক্ষাটি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৪.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৫। আদর্শ পেনিট্রেশন টেস্ট কীভাবে করা হয়?

উত্তর সংকেত ৭.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ সমাপনী পরীক্ষা-২০০৪

টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও সার্ভেয়িং

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (সিটি-৪১৩)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪ (চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। সম্পৃক্ত একক ওজন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

২। D_{10} বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কনসলিডেশন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। মাটির স্পর্শকাতরতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ফ্লো-কার্ভ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নিঃসরণ বেগ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপসমূহ কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মৃত্তিকার বিক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মৃত্তিকার ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। মাটির চরম ভারবহন ক্ষমতা কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। মাটির সূচক ধর্মসমূহ কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। মৃত্তিকার কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মধ্যে পার্থক্যগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G\gamma_\omega}{1+e}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

উত্তর সংকেত ঃ ২.১ এর (জ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। পরিমিত জলীয় অংশ এবং সর্বোচ্চ ঘনত্ব বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। দেখাও যে, নমুনার পানি তল এবং সঞ্চয়াগারের পানি তল একই উচ্চতায় অবস্থান করিলে কার্যকরী চাপের মান $\overline{P} = Z\gamma$

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা কাকে বলে? এটি কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। শীট পাইলের নিচ দিয়ে ফ্লো-নেট এর চিত্র অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৮ নং চিত্র দ্রষ্টব্য।

১৯। ভিত্তি সংস্থাপনের জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামালের তালিকা প্রস্তুত কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১০.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট কোন বালি নমুনার কণার কার্যকরী আকার 0.35 মিমি. হলে 'K' এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২০ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। আদর্শ প্রষ্টর পরীক্ষার সচিত্র বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। মাটির ভেদ্যতা গুণাংক নিরূপণের ক্ষেত্রে আনকনফাইন্ড একুইফারের জন্য পাম্পিং আউট টেস্টের মাধ্যমে ভেদ্যতা গুণাংক, 'K' এর মান বাহির কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। এক খণ্ড মৃত্তিকা নমুনার শতকরা জলীয় অংশের পরিমাণ 30% এবং G = 2.65.
উক্ত নমুনার আয়তন এবং ওজন যথাক্রমে 500 সিসি. এবং 750 গ্রাম হলে, বাহির কর ঃ

(ক) ভিজা একক ওজন

(খ) শুষ্ক একক ওজন

(গ) ভয়েড রেশিও

(ঘ) পরোসিটি

(ঙ) সম্পৃক্ততার মাত্রা।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

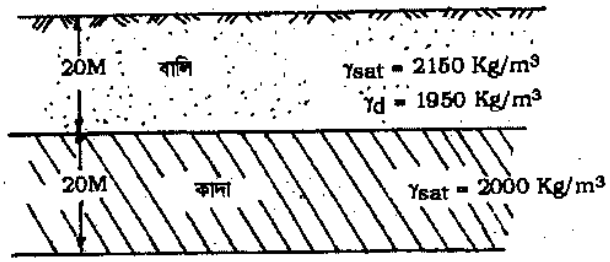
২৪। আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৫। মৃত্তিকা লগের চিত্র হতে (১ নং চিত্র) 30 মিটার গভীরে কার্যকরী চাপের মান বাহির কর ঃ

(ক) যখন পানিতল ভূমি সমতলে থাকে।

(খ) নিষ্কাশনের সাহায্যে পানির তল যখন 10 মিটার নিচে নামানো হয় এবং সম্পৃক্তার মাত্রা 30% হয়।



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২১ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০০৪

টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও সার্ভেয়িং

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (সিটি-৪১৩)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোন ৪ (চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। টারজগীর মতে মৃত্তিকার সংজ্ঞা কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। সরন্ধ্রতা (Porosity) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কনফাইনিং প্রেসার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪ মৃত্তিকার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মৃত্তিকার তারল্য সীমার সংজ্ঞা লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। হাইড্রোলিক হেড কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। বোরিং লগ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। প্লাস্টিক লিমিট (Plastic Limit) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯। কনসলিডেশন সেটেলমেন্ট কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০। মাটির ভেদ্যতা (Permeability of Soil) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। গ্রুপ ইনডেক্স কী, বুঝিয়ে লিখ।

উত্তর সংকেত ১.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। দেখাও যে, $n = \frac{e}{1+e}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

উত্তর সংকেত ২.১ এর (গ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। মাটির থিক্সোট্রপি (Thixotropy) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। পানিতে ভাসমান মাটির কণা থিতানোর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, প্রান্তিয় বেগ, $V = \frac{1D^2}{18_n}(\gamma_s - \gamma\omega)$

উত্তর সংকেত ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। এটারবার্গ লিমিট সম্বন্ধে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ৪.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় চাপ (Active & Passive Pressure) কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ভূ-স্তর উদ্‌ঘাটনের জন্য পরিদর্শনকালে কী কী তথ্যাদি সংগ্রহ করা হয়?

উত্তর সংকেত ৭.১০ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। কুলম্বের ওয়েজ তত্ত্বের অনুমান সত্য ধারণাগুলো উদ্ধৃত কর।

উত্তর সংকেত ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ (Effective & Pore Press) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। শিটিং ও ব্রেসিং কী, বুঝিয়ে লিখ।

উত্তর সংকেত ১০.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। মাটির কণার চালনি বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং কীভাবে D_{10} D_{30} D_{60} বের করা হয়, বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার জলীয়াংশের শতকরা হার ৪৫ এবং Gs = ২.৭০, নমুনার ভয়েড রেশিও, পরোসিটি এবং সম্পৃক্ত একক ওজন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। মৃত্তিকার কনফাইন্ড কম্প্রেশন টেস্ট আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ৬.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি পাথুরে স্তরের উপর ১৬ মিটার পুরু বেলে কর্দম স্তরে পানি সমতা ভূতলে অবস্থান করে। ঐ স্তরে পাম্পিং কূপ হতে ৩ মি. ও ৭ মি. দূরে দু'টি পর্যবেক্ষণ কূপ আছে। পাম্পিং কূপ হতে প্রতি মিনিটে ১০০০০ লিটার পানি উত্তোলন করায় পর্যবেক্ষণ কূপ দুটোর পানি-তল ২ মি. ও ০.৫ মি. নিচে নেমে যায়। ঐ মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ে প্লেট লোড টেস্ট (Plate Load Test) সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৯.৪.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৫

টেকনোলজি ঃ সিভিল, আর্কিটেকচার, সিভিল (উড) ও সার্ভেয়িং

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং (সিটি-৪১৩)

[সময় ঃ ৩ ঘন্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। এম.আই.টি (MIT) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ভয়েড রেশিও ইনডেক্স কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫. নং দ্রষ্টব্য।

৪। আয়তনিক ঘনত্ব (Bulk density) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫। Well graded soil বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৬। আপেক্ষিক ঘনত্ব (Density Index) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। প্লাস্টিক লিমিট (Plastic limit) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মাটির ভেদ্যতা (Permeability of soil) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মাটির চরম ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০। স্প্লিট ব্যারেল নমুনা সংগ্রাহক (Split barrel sampler) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। কী কী পদ্ধতিতে মাটির শ্রেণিবিন্যাস করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৯ নং দ্রষ্টব্য।

১২। গঠন প্রকৃতি অনুসারে মাটির ভৌত ধর্মগুলোর নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ ১.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। Cohesive soil এবং Non-cohesive soil বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ ১.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। AASHO পদ্ধতিটি কী?

উত্তর সংকেত ১.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। মাটির থিক্সোট্রপি (Thixotropy) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। মাটির কন্সিস্টেন্সী (Consistancy) মাপার পদ্ধতিগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ৪.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। মাটির ভেদ্যতা কী কী বৈশিষ্ট্যের উপর নির্ভরশীল?

উত্তর সংকেত ৫.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় চাপ (Active and Passive Pressure) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট কোন শিথিল নমুনার কণার আকার $D_{10} = 0.3$ মিমি হলে উক্ত নমুনার ভেদ্যতার সহগ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

২০। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ (effective pressure & Porewater Pressure) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। মাটির কণার চালনি বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং কীভাবে D_{10}, D_{30}, D_{60} বাহির করা হয়, তা বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। প্রমাণ কর যে, $D = F\sqrt{\frac{He}{t}}$, যখন $F = \frac{3000\eta}{(G-1)\gamma\omega}$

উত্তর সংকেত ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি মৃত্তিকা নমুনার আয়তন $0.001m^3$ এবং প্রাকৃতিক অবস্থায় ওজন 1.74kg, সম্পৃক্ততার মাত্রা 61.4%, নমুনাটি 105° তাপমাত্রায় শুকানোর পর ওজন পাওয়া গেল 1.40kg। নমুনার void ratio, শুষ্ক ঘনত্ব এবং সম্পৃক্ত ঘনত্ব বাহির কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি ফলিং হেড পারমিয়্যামিটার পরীক্ষায় 20 সে.মি দীর্ঘ এবং 12 সে.মি. ব্যাসবিশিষ্ট কোন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহিত করে 190 সেকেন্ডে 45 সে.মি. উচ্চতা হতে 32 সে.মি উচ্চতা পাওয়া গেল। যদি খাড়া পাইপের ব্যাস 1.8 সে. মি. হয়, তা হলে মাটির ভেদ্যতার সহগ কত হবে?

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ভূস্তর অনুসন্ধানের উদ্দেশ্য ও পদ্ধতিগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৭.৩, ৭.৫ ও ৭.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৬

টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও সার্ভেয়িং

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ২৪৪১)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। কার্ল টারজগীর মতে মৃত্তিকার সংজ্ঞা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। মাটির কার্যকরী আকার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সম্পৃক্ততার মাত্রা কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। তারল্য সীমা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। থিক্সোট্রপি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নিঃসরণ বেগ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭। চরম ঔদক ঢালুতা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। প্রবাহ জালিকা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। কনসলিডেশন কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিশ্চল চাপ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। পরিমিত জলীয় অংশ এবং সর্বোচ্চ ঘনত্ব বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। মৃত্তিকা প্রকৌশলের সীমাবদ্ধতাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ১.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। প্রমাণ কর যে, $e = \frac{n}{1-n}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

উত্তর সংকেত ২.১ এর (খ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। ইউনিফরমিটি সহগ (Cu) এবং বক্রতার সহগ (Cz) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ ও ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। একটি সম্পৃক্ত কাদামাটির নমুনার ভয়েড রেশিও ২.৫। এটির জলীয় অংশের পরিমাণ এবং শুষ্ক একক ওজন বের কর। আঃ গুঃ ২.৬।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। "মাটি একটি ত্রি-দশার কাঠামো" – ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ২.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। প্রবাহ জালিকার বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। e - log p কার্ভ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। কুলম্বের ওয়েজ তত্ত্বের অনুমিত সত্যগুলো (assumptions) লিখ।

উত্তর সংকেত ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৭.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ মাটির ভেদ্যতা নির্ণয়ের অপরিবর্তনীয় হেড পরীক্ষাটি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। অরক্ষিত সংনমন পরীক্ষায় একটি সিলিন্ডার আকৃতির মাটির নমুনা ১৬০ কি. নিউটন/ব.মি. অক্ষীয় উল্লম্ব চাপে ব্যর্থ হল। ধ্বংস তল অনুভূমিকের সাথে ৫০° কোণ উৎপন্ন করলে c এবং φ মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। মাটির পার্শ্ব-চাপের পরিবর্তনীয় চিত্র অংকন করে সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় চাপের মধ্যে পার্থক্য বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৮.১ নং অনুচ্ছেদের ৮.১(ঘ) নং চিত্র দ্রষ্টব্য।

২৫। ৫ মি. পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদা মাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরি চাপ ১০০ কেজি/ব.মি. এবং ভয়েড রেশিও ০.৫৩, ০.২০ কেজি/ব.মি. হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসন নির্ণয় কর। নমুনাটির সংনমন সূচক ০.২৫ ডাবল্ ড্রেনেজ বিবেচনা করতে হবে।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ১০ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

দ্বিতীয়, চতুর্থ ও ষষ্ঠ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১০

টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার (অপশনাল), সার্ভেয়িং, আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন (অপশনাল) ও এনভায়রন্‌মেন্টাল

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ২৪৪১)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। মাটির কণার কার্যকরী আকার (D_{10}) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। ভয়েড রেশিও এবং পরোসিটির মাঝে সম্পর্কটি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ভিত্তি সংস্থাপন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ভরাটকৃত সামগ্রী (Back fill) কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। পরিমিত জলীয় অংশ (O.M.C) কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নম্যতা সূচক কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ফ্লো-নেট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কনসিসটেন্সি লিমিট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। Cohesive soil এবং Non-chohesive soil বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২। সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং এর কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং অনুশীলনের প্রয়োজন হয়?

উত্তর সংকেত ঃ ১.১(ঙ)নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। কী কী কারণে মাটি সংনমিত হতে পারে, লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$ প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর সংকেত ২.১ এর (জ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। কনসলিডেশন ও কম্প্রেশনের মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। স্টোক্স্ "ল"-এ অনুমান সত্যগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। যদি $D_{10} = 0.10$ মিমি. $D_{39} = 0.30$ মিমি, এবং $D_{60} = 1.9$ মিমি. হয়, তাহলে মাটির সমতার সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-১ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ভূস্তর তদন্তকরণের চারটি উদ্দেশ্য লেখ।

উত্তর সংকেত ৭.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। কুলম্বের ওয়েজ তত্ত্বের মৌলিক ধারণগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। একটি শিথিল ও গোলাকৃতি নমুনার কার্যকরী আকার ০.০৬ মিমি, হলে এলেন হেজেনের ভেদ্যতা সহগের মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি দালানের ভিত্তি কী কী কারণে দেবে যেতে পারে, বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। কোন এলাকার জলাঞ্চলে সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত নমুনা কাদা মৃত্তিকায় জলীয় অংশের পরিমাণ 400%। যদি ঐ মৃত্তিকার G_s = 2.50 হয়, তবে γ_{sat}, e ও n এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষাটি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। ভেরিয়েব্‌ল্ হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় ব্যবহৃত পারমিয়্যামিটারের অন্তঃব্যাস 5 সেমি. এবং খাড়া পাইপের অন্তঃব্যাস 0.20 সেমি. এবং নমুনা মৃত্তিকার দৈর্ঘ্য 8 সেমি.। এতে 6 মিনিটে হেড 100 সেমি. হতে 50 সেমি. এ নেমে আসে। মৃত্তিকার ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। মাটি পরীক্ষার বহুল ব্যবহৃত আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা (S.P.T Test) পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৭.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম
৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১০
টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার (অপঃ), সার্ভেয়িং, আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন (অপঃ) ও এনভায়রন্‌মেন্টাল

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ২৪৪১)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। সম্পৃক্ততার মাত্রা কখন ১ এবং কখন ০ (শূন্য) হয়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কনসলিডেশন কয়টি ধাপে সম্পন্ন হয়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪। SW প্রতীকটি কী ধরনের মৃত্তিকা নির্দেশ করে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৫। D_{10} বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। তারল্য সীমা কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ভেদ্যতা সহগ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পেনিট্রেশন নাম্বার কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মাটির ভারবহন ক্ষমতা কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। পানি তল উপরে চলে আসলে ভারবহন ক্ষমতার কোন প্রভাব পড়ে কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১ এর (জ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। মৃত্তিকার কনসলিডেশন ও কমপ্যাকশনের মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। একটি মৃত্তিকা নমুনার আর্দ্র ঘনত্ব ২.০১ গ্রাম/ঘন সে.মি. ও পানির হার ৩০% হলে এর শুষ্ক ঘনত্ব কত হবে?
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। অপটিমাম ময়েশ্চার কনটেন্ট (Optimum moisture content) বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। এটারবার্গ লিমিট (Atterberg\s limit) সম্বন্ধে আলোচনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৪.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। প্রবাহ জালিকার বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। মাটির থিক্সোট্রপি বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ভিত্তি ব্যর্থ হওয়ার কারণগুলো উল্লেখ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। শীটিং ও ব্রেসিং বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি মাটির নমুনার ওজন ০.০২ কেজি। আয়তন ১.৪৫×১০^{-৩} ঘনমিটার চুল্লিতে শুকানোর পর ওজন হল ২.২৫ কেজি। যদি আঃ গুঃ = ২.৬৭ হয়, তবে আয়তনিক একক ওজন, জলীয় অংশ ও সম্পৃক্ততার মাত্রা নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। আদর্শ প্রক্টর টেস্ট (Proctor test) চিত্রসহ বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। ৫ সে.মি. ব্যাসবিশিষ্ট একটি ভেদ্যতা পরিমাপক যন্ত্রের সাহায্যে পরিবর্তনীয় পদ্ধতি পরীক্ষা করা হল। খাড়া পাইপের অভ্যন্তরীণ ব্যাস ২ মিমি. এবং নমুনার দৈর্ঘ্য ৪ সে.মি.। যদি ৬ মিনিট সময়ে হেড ১০০ হয়ে ৫০ সেমি.-এ নেমে আসে, তবে ভেদ্যতা সহগ কত হবে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ে প্লেট লোড (Plate load) পরীক্ষাটি চিত্রসহ বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৪(•)নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৫। মাটির মাঠ শনাক্তকরণ পরীক্ষাগুলো বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম
চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৯
টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার, সার্ভেয়িং, আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন ও এনভায়রনমেন্টাল
বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং
(বিষয় কোড ঃ ২৪৪১)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। জিওলজিক্যাল সাইকেল কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। এয়ার কনটেন্ট ও সম্পৃক্ততার মাত্রার মাঝে সম্পর্ক কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কনসলিডেশনের ধাপগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪। মাটির সূচক ধর্ম বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। প্লাস্টিক লিমিট বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নিঃসরণ বেগ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭। মাটির ভেদ্যতা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ভিত্তি সংস্থাপন বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। প্রবাহ রেখা ও সমবিভব রেখা বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ ও ১১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G\gamma_w}{1+e}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১ এর (জ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। মৃত্তিকার কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মাঝে পার্থক্যগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। স্পর্শকাতরের মানের ওপর ভিত্তি করে মাটির শ্রেণিবিন্যাস কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৪.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। মাটির ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। কুলম্ব ওয়েজ তত্ত্বের মৌলিক ধারণাগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। একটি কাদামাটির নমুনায় ৫.৫ মিটার গভীরে গড় আদর্শ পেনিট্রেশন নাম্বার পাওয়া গেল ১২। ঐ স্থানে মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা কত হবে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৯ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ফ্লো-নেট ও ইকুইপটেনশিয়াল লাইন বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ ও ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় চাপ কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২০। শিটিং ও ব্রেসিং কী বুঝিয়ে লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। মাটির কণার চালনি বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং কীভাবে D_{10}, D_{30}, D_{60} বের করা হয়, বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ ৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষার সচিত্র বর্ণনা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। ৭ মিঃ পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মাঝবিন্দুতে কার্যকরী চাপে ২১০ কি. নিউটন/ ব.মি. এবং ভয়েড রেশিও ০.৫৪। ০.২২ কি. নিউটন/ব.মি. হারে চাপ বাড়ালে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনাটির লিকুইড লিমিট ৩৮% বিবেচনা করতে হবে। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। পরীক্ষাগারে ভেদ্যতা পরীক্ষণকালে ১০ মিনিটে খাড়া পাইপের পানি উচ্চতা ৪০ সেমি. হতে কমে ২৬ সেমি. হল। যদি নমুনাটির উচ্চতা ১০ সেমি. ব্যাস ৫ সেমি. এবং খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল ০.৫ সেমি.^{2} হয়, তবে ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ওয়াশ বোরিং কী? ওয়াশ বোরিং এর বিস্তারিত বিবরণ দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১১

টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার (অপঃ), সার্ভেয়িং, আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন (অপঃ) ও এনভায়রন্মেন্টাল

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ২৪৪১)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। AASHO এর পূর্ণ অর্থ লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

২। ভয়েড রেশিও কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সূচক ধর্ম বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। নম্যতা সূচক কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নিঃসরণ চাপ বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ভেদ্যতা সহগ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কম্প্যাকশন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। সংনমন সূচক কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। জিরো এয়ার ভয়েড রেখা কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ভিত্তি সংস্থাপন কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$ ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১ (ছ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। মাটির মাঠ শনাক্তকরণ পরীক্ষাগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। প্রমাণ কর যে, $v = \frac{D^2(\gamma_s - \gamma^o\omega)}{18_\eta}$ ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। সিক্ততা সীমার প্রকৌশলগত পাঁচটি ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৪.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। প্রবাহ জালিকার পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। র‍্যানকিনের মাটির চাপ তত্ত্বের স্বতঃসিদ্ধ নিয়মগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ভূ-স্তর উদঘাটনের পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। ওয়াশ বোরিং কার্যক্রমে আটটি যন্ত্রপাতির নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। প্লেট লোড পরীক্ষার চারটি সীমাবদ্ধতা লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৪.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। ভিত্তি বসে যাওয়ার পাঁচটি কারণ লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি সম্পৃক্ত মাটির নমুনার জলীয় অংশের পরিমাণ 45% এবং আঃ গুঃ 2.69 হলে e, I, γ_d, γ_{sat} এবং γ' নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। একটি কাদামাটির স্তরের উপর 5.5m পুরুত্বের বালির স্তর আছে। বালির উপরিতল হতে 2.5m নিচে পানিতল আছে। e= 0.52, Sr = 37%, ω = 42% এবং G = 2.65 হলে ভূমিতল হতে 9.6m গভীরতায় মোট চাপ, কার্যকরী চাপ, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। পিকনোমিটারে সাহায্যে মাটির আঃ গুঃ নির্ণয় করার পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। 0.55mm আকারের কণাবিশিষ্ট একটি মাটির নমুনাকে 7.5m গভীর ট্যাঙ্কে স্থির পানিতল রাখা হল। মাটির আঃ গুঃ 2.66 এবং পানির সান্দ্রতা 0.01 পয়েজ হলে ঐ মাটির কণা ট্যাংকের তলায় থিতিয়ে পড়তে কত সময় লাগবে, তা নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। 6m পুরু সাধারণভাবে চাপানো একটি কাদামাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরী চাপ 105 KN/m^2 এবং ভয়েড রেশিও 0.54। 0.25 KN/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় করা। নমুনার সংনমন সূচক 0.29। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ১২ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১২

টেকনোলজি ঃ সিভিল, আর্কিটেকচার, সিভিল (উড), সার্ভেয়িং এনভায়রনমেন্টাল ও আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন (২০০৫ প্রবিধান)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ২৮৮১)

[সময় ঃ ৩ ঘন্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৪ (চারটি) প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১ × ১০ = ১০)

১। প্রকৌশলীদের মতে মৃত্তিকা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। মোটা বালির আকার মিলিমিটারে লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সম্পৃক্ততার মাত্রা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। মাটির সূচক ধর্ম বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। কাদামাটির তারল্য সীমা কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মাটির ভেদ্যতা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিঃসরণ চাপ বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পরিমিত জলীয় অংশ কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

৯। প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০। গ্রহণযোগ্য ভারবহন ক্ষমতা কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। মৃত্তিকা প্রকৌশলের পরিধিগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.১(●)নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। প্রমাণ কর যে, $n = \frac{e}{1+e}$ ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১এর (খ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। মাটির সাধারণ ধর্মগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। প্রমাণ কর যে, $V = \frac{D^2}{18\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$ ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। মাটির ভেদ্যতার প্রভাববিস্তারকারী বিষয়গুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। কনসলিডেশন এবং কম্প্যাকশন এর মাঝে পার্থক্যগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় চাপ সম্বলিত র‍্যানকিন তত্ত্বের অনুমিত সত্যগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৮.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। প্লেটলোড পরীক্ষার সীমাবদ্ধতাগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৪.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২০। House setting করতে কী কী যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১০.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি মাটির নমুনার জলীয় অংশ 15% এবং আয়তনিক একক ওজন 2000 kg/m^3 এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.65 হলে γ_d, e, n, Sr এবং a_c নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর উদাহরণ ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

২২। 0.6mm অকারের কণাবিশিষ্ট একটি মাটির নমুনাকে 4.5m গভীরে একটি ট্যাঙ্কে স্থির পনিতলে রাখা হল। G = 2.66 এবং n = 0.01 পয়েজ হলে ঐ কণাটি ট্যাঙ্কের তলায় থিতিয়ে পড়তে কত সময় লাগবে, তা নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। মাটির মাঠ শনাক্তকরণ পরীক্ষাগুলো বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষা হতে মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৫। 5m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরী চাপ 10000 ky/m^2 এবং ভয়েড রেশিও 0.55। 20 kg/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে নমুনাটির সংনমন সূচক 0.35 হলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসন নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা –২০১২

টেকনোলজি ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও এনভায়রনমেন্টাল (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ৬৪৪১)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান ঃ ৮০**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫(পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। মাটির কার্যকরী আকার (D_{10}) বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। ৪নং চালনির বৈশিষ্ট্য কী, লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। এটারবার্গ সীমা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৪। প্রকৌশলীদের মতে মাটি বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। কম্প্যাকশন ও কনসলিডেশন এর পার্থক্য কী কী, লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কী কী কারণে মাটি সংনমিত হয়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। সারচার্জ কোণ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ভিত্তি সংস্থাপন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। অক্ষত নমুনা ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। প্রমাণ কর, $n = \frac{e}{1+e}$ ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। মাটির ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। মাটি বসে যাওয়ার ৪টি কারণ লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। নিঃসরণ বেগ ও পরোসিটির মাঝে সম্পর্ক দেখাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। মৃত্তিকার সূচক ধর্ম কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ইকুইপটেন্সিয়াল লাইন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা কাকে বলে? এটি কয় প্রকার ও কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। প্রবাহ জালিকার বৈশিষ্ট্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। শীটিং ও ব্রেসিং কী, ব্যাখ্যা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। অপটিমাম ময়েশ্চার কন্টেন্ট বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। পিকনোমিটারের সাহায্যে মাটির নমুনার আঃ গুঃ বের করার পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

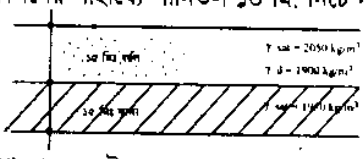
২২। ওয়াশ বোরিং বলতে কী বোঝায়? বিস্তারিত বিবরণ দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। প্রক্টর কম্প্যাকশন টেস্ট চিত্রসহ বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি ফলিং হেড পারমিয়ামিটারের ৩০ সে.মি. দীর্ঘ ও ১৫ সে.মি. ব্যাসের নমুনার ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহিত করে। ১৮০ সেকেন্ডে ৬০ সে.মি. উচ্চতা থেকে ৩৫ সে.মি. উচ্চতায় নেমে আসে। খাড়া পাইপের ব্যাস ২ সে.মি. হলে মাটির ভেদ্যতা সহগ বের কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি সম্পৃক্ত মাটির নমুনার জলীয় অংশের পরিমাণ ৪০% এবং আঃ গুঃ ২.৭২ হলে ভয়েড রেশিও (e), সম্পৃক্ত একক ওজন (γ sat), ও নিমজ্জিত একক ওজন (γ') বের কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। মৃত্তিকা লগের চিত্র হতে (১নং চিত্র) ২০ মি. গভীরে কার্যকরী চাপের মান বের কর, যখন—
(ক) পানির ভূমিতলে থাকে ; (খ) নিষ্কাশনের সাহায্যে পানিতল ১০ মি. নিচে নামানো হলে সম্পৃক্ততার মাত্রা ৩০%।



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২১ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৫ম পর্ব সমাপনী ও ৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি ঃ ৪র্থ পর্ব ঃ সিভিল, আর্কিটেকচার, সিভিল (উড) ও এনভায়রনমেন্টাল (২০১০ প্রবিধান)

৫ম পর্ব ঃ আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

বিষয় কোড ঃ ৬৪৪১

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। জিওলজিক্যাল সাইকেল কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। মাটির ঔদক ধর্মগুলো উল্লেখ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কার্যকরী আকার (D_{10}) বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। শুকনো একক ওজন এবং সম্পৃক্ততার মাত্রা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ ও ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫। অক্ষত নমুনা ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ ও ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৬। "এটারবার্গ সীমা" বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কনসলিডেশনের ধাপগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। থিক্সোট্রপি বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১০। শীটিং ও ব্রেসিং কী, ব্যাখ্যা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩, ৪ ও ৫ দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{G.\gamma_w}{1+e}$ ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১এর (জ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। মৃত্তিকা প্রকৌশলের সীমাবদ্ধতাগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। যদি $D_{10} = 0.16$ মি.মি., $D_{30} = 0.30$ মি.মি. এবং $D_{60} = 1.50$ মি.মি. হয়, তবে মাটির সমতার সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। ফ্লো-নেট ও ইকুইপটেনশিয়াল লাইন বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ ও ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ভিত্তি বসে যাওয়ার কারণগুলো উল্লেখ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। e log p কার্ভ বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। স্টোকস "ল"-এ অনুমান সত্যগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ওয়াশ বোরিং কার্যক্রমে ব্যবহৃত আটটি যন্ত্রপাতির নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। কোনো নমুনা মৃত্তিকার শিথিল ও গোলাকার মৃত্তিকা কণার কার্যকরী আকার 0.30 মি.মি. হলে ঐ মৃত্তিকার ভেদ্যতার সহগ নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর উদাহরণ ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। একটি মৃত্তিকা নমুনার জলীয় অংশ 15%, আয়তনিক একক ওজন 1800kg/m^3 এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.70 হলে, γ_d, e, n, Sr এবং a_c-এর মান নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ ভেদ্যতা সহগ নির্ণয়ের পরিবর্তনীয় হেড (Variable head) পরীক্ষাটি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি কাদামাটির স্তরের উপর 6m পুরুত্বের বালির স্তর আছে। বালির উপরিতল হতে 2m নিচে পানিতল আছে। e = 0.50, Sr = 35%, ω = 41% এবং G = 2.65 হলে ভূমিতল হতে 9m গভীরতায় মোট চাপ, ছিদ্রস্থিত পানির চাপ ও কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর উদাহরণ ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। আদর্শ প্রক্টর কম্প্যাকশন পরীক্ষাটি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৫। 8m পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরী চাপ 200KN/m^2 এবং ভয়েড রেশিও 0.50। 0.25KN/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসে যাওয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। নমুনার লিকুইড লিমিট 35% বিবেচনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। মাটির মাঠ শনাক্তকরণ পরীক্ষাগুলো বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী ও ৫ম পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি ঃ ৪র্থ পর্ব ঃ সিভিল, আর্কিটেকচার, সিভিল (উড) ও এনভায়রনমেন্টাল (২০১০ প্রবিধান)

৫ম পর্ব ঃ আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

বিষয় কোড ঃ ৬৪৪১

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। মাটির কণার কার্যকরী আকার (D_{10}) কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। Well graded soil কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৪। কনসলিডেশন কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। প্রবাহ জালিকা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। অক্ষত নমুনা ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ ও ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। থিক্সোট্রপি বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৮। কার্যকরী চাপ (Effective pressure) কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। বোরিং লগ বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং-এর প্রায়োগিক ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.১(•) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। ভয়েড রেশিও এবং পরোসিটির মাঝে সম্পর্ক স্থাপন কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১ এর (খ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। যে যে কারণে মাটির বসন (Settlement) হতে পারে তার ছয়টি কারণ লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। e-log P কার্ভ বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। মাটির ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভরশীল, লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। পানিতে ভাসমান মাটির কণা থিতানোর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, প্রান্তীয় বেগ, $V = \frac{1}{18}\frac{D^2}{\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। কোনো নমুনা মৃত্তিকার শিথিল ও গোলাকার মৃত্তিকা কণার কার্যকরী আকার 0.25mm হলে ঐ মৃত্তিকার ভেদ্যতার সহগ নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। যদি মাটির নমুনার $D_{10} = 0.10mm$, $D_{60} = 1.6mm$ হয়, তাহলে মাটির নমুনাটি কোন ধরনের হবে?
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১ এর উদাহরণ ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। মাটির নমুনার প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে তথ্যগুলো সংগৃহীত হল ঃ
$H = 5m, P_0 = 100kn/m^2, \Delta p = 0.20 KN/m^2, e_0 = 0.53, C_c = 0.25$। মাটির স্তরটির কী পরিমাণ বসন ঘটবে, তা নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। মাটির চোরাবালি (Quick condition) অবস্থায় কী ঘটে, লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত 140 গ্রাম নমুনা মৃত্তিকার আয়তন 65 ঘনসেন্টিমিটার। ঐ নমুনাকে চুল্লিতে শুকানোর পর অবিকল আয়তনে শুষ্ক অবস্থায় 114 গ্রাম পাওয়া গেল। ঐ মৃত্তিকার (ক) আপেক্ষিক গুরুত্ব; (খ) ভয়েড রেশিও; (গ) পরোসিটি; (ঘ) শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-২৭ নং দ্রষ্টব্য।

২২। একজন প্রকৌশলী মাঠপর্যায়ে কাজ করার সময় কী কী উপায়ে মাটি শনাক্ত করবে, তা বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ ১.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। মাটির কণার চালনি বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং কীভাবে D_{10}, D_{30}, D_{60} বের করা হয়, তা বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ ৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি ভেরিয়েবল হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় পারমিয়্যামিটারে 6 cm^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট নমুনা মৃত্তিকায় 40 মিনিটে হেড 30 cm হতে 10 cm-এ নেমে আসে। যদি নমুনা মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ 1×10^{-4} cm/sec. হয়, তবে খাড়া পাইপের ব্যাস কত? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। মাটির উপর বহুতল ভবন নির্মাণের ক্ষেত্রে ভূস্তর তদন্ত কার্যক্রম কেন করা প্রয়োজন এবং কী কী ধাপে সম্পন্ন করা হয়, ধাপগুলোর নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.১ ও ৭.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৬। আদর্শ প্রক্টর কম্প্যাকশন পরীক্ষাটি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৬.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৫ম পর্ব সমাপনী ও ৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা –২০১৪ (পরীক্ষার তারিখ ঃ ১৩/৭/২০১৪)

টেকনোলজি ঃ ৪র্থ পর্ব ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও এনভায়রনমেন্টাল (প্রবিধান-২০১০)

৫ম পর্ব ঃ এ আই ডি টি (প্রবিধান-২০১০)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ৬৪৪১)

সময় ঃ ৩ ঘন্টা **পূর্ণমান ঃ ৮০**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫(পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। ভয়েড রেশিও বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। SW মৃত্তিকা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩। D_{10} বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পরোসিটি কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। প্লাস্টিসিটি ইনডেক্স বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। পিকনোমিটারের সাহায্যে কী করা হয়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৭। স্টোকস-এর সূত্রটি লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৮। এটারবার্গ লিমিটগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ভূস্তর তদন্তকরণ বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কোন ধরনের মাটির ক্ষেত্রে S.P.T করা হয়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। ভিত্তি সংস্থাপনের জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির তালিকা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১০.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। প্লেট লোড টেস্টের সীমাবদ্ধতাগুলো উল্লেখ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৯.৪.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। মৃত্তিকার পার্শ্বচাপ কয় প্রকার ও কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৮.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। অক্ষত নমুনা ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ ও ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। থিক্সোট্রপি কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। কনসোলিডেশন ও কম্প্যাকশন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ ও ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Void ratio ও Porosity-এর মাঝে সম্পর্ক দেখাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ২.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। থিতানো পরীক্ষা দিয়ে মাটি শনাক্তকরণের পদ্ধতিটি আলোচনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। জিওলজিক্যাল সাইকেল কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। সূক্ষ্ম দানা মাটি ও স্থূল দানার মাটি বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫১ ও ৫২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। মাটির Texural clasification system টির বর্ণনা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মাটির মৃত্তিকার জলীয়াংশের শতকরা হার = 45%, Gs = 2.90 হলে নমুনাটির Void ratio, Porosity ও γ_{sat} নিরূপণ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

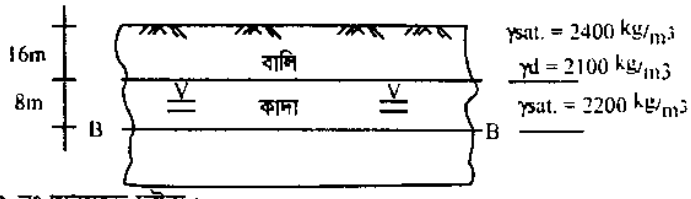
২৩। পানিতে ভাসমান মৃত্তিকা কণার ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, প্রান্তীয় বেগ, $V = \frac{1}{18}\frac{D^2}{\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$ ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। চিত্র নং-১ অবলম্বনে B – B লাইনে কার্যকরী উল্লম্ব চাপের পরিমাণ নিরূপণ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** পুরাতন সিলেবাস।

২৫। কোনো নমুনা মৃত্তিকার শিথিল ও গোলাকার কণার কার্যকরী আকার $D_{10} = 0.25$ মি. মি, C = 100 হলে ঐ মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ বের কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-২০ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। আদর্শ পেনিট্রেশন টেস্ট সম্পর্কে বিবরণ দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৭। সারচার্জহীন মৃত্তিকার ক্ষেত্রে সক্রিয় চাপ সম্পর্কিত র‍্যানকিনের তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে দেখাও যে, $P_a = \frac{1}{2}K_a \gamma H^2$



উত্তর সংকেত ঃ ৮.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী ও ৫ম পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৪ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ১৪/১/২০১৫]

টেকনোলজি ঃ ৪র্থ পর্ব ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও এনভায়রনমেন্টাল (২০১০ প্রবিধান)

৫ম পর্ব ঃ এ.আই.ডি.টি (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ৬৪৪১)

সময় ঃ ৩ ঘন্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। ভয়েড রেশিও কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মাটির থিক্সোট্রপি বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ফ্লো-নেট বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। মাটির ভেদ্যতা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। $e - \log p$ বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। অক্ষত নমুনা ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ ও ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৯। পরিমিত জলীয় অংশ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

১০। মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১১। প্রমাণ কর যে, $e = \frac{n}{1-n}$, প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২। কার্যকরী চাপ ও ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। মৃত্তিকার কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশনের মাঝে পার্থক্যগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মাটির ভেদ্যতা কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। দেখাও যে, নিঃসরণ বেগ হচ্ছে ক্ষরণ বেগের $\frac{1}{n}$ গুণের সমান। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ফ্লো-নেট-এর ৩টি বৈশিষ্ট্য লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। আদর্শ প্রক্টর পরীক্ষা কেন করা হয়? ঐ পরীক্ষায় ব্যবহৃত হ্যামারের ওজন ও ড্রপ উচ্চতা কত?
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য এবং এ পরীক্ষায় হামারের ওজন 2.5kg ও ড্রপ উচ্চত 30.5cm

১৮। ভিত্তি ব্যর্থ হওয়ার কারণগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। গোলাকৃতি সমমাত্রার কণাবিশিষ্ট বালি নমুনার কার্যকরী আকার, $D_{10} = 0.35mm$ হলে K-এর মান নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত : অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২০ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ভূ-স্তর উদঘাটনের ধাপগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২১। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৫ এবং ভয়েড রেশিও ২.৬। এটার ওয়াটার কনটেন্ট এবং শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত :*** অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। মাটির কণার চালনি বিশ্লেষণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং D_{10}, D_{30} ও D_{60} বের করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি ফলিং হেড পারমিয়ামিটারে ১০ মিনিটে খাড়া পাইপের পানি উচ্চতা ৪০ সেমি. হতে কমে ২৬ সেমি. হলো। যদি নমুনার উচ্চতা ১০ সেমি. ও ব্যাস ৫ সেমি. এবং খাড়া পাইপের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল ০.৫ বর্গসেমি. হয়, তাহলে ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত :*** অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। চিত্রসহ ওয়াশ বোরিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ৮ মি. পুরু সাধারণভাবে চাপিত একটি কাদামাটির মধ্যবিন্দুতে কার্যকরী চাপ ১০০০ kg/m^2 এবং ভয়েড রেশিও ০.৫৫। ২০ kg/m^2 হারে চাপ বর্ধিত করলে নমুনাটির সংনমন সূচক ০.৩৫ হলে প্রাথমিক কনসলিডেশন শেষে নমুনাটির বসন নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত :*** অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ১০ নং অনুরূপ।

২৬। ভিত্তি দেবে যাওয়ার কারণগুলো বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৫ম পর্ব সমাপনী ও ৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৫ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ৪/৮/২০১৫]

টেকনোলজি ঃ **৪র্থ পর্ব ঃ** সিভিল, আর্কিটেকচার, সিভিল (উড) ও এনভায়রনমেন্টাল (২০১০ প্রবিধান)

৫ম পর্ব ঃ আর্কিটেকচার অ্যান্ড ইন্টিরিয়র ডিজাইন (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ৬৪৪১)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। বক্রতার গুণাঙ্ক (Cz) বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩। গ্রুপ ইনডেক্স কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পানির পরিমাণ (Water content) এবং কঠিন অংশের আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity of solids) বলতে কী বোঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ ও ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৫। পরিমিত জলীয় অংশ (Optimum moisture content) বলতে কী বোঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নম্যতা সূচক (Plasticity index) বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ফ্লো-নেট বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পেনিট্রেশন নাম্বার কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কম্প্যাকশন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। মৃত্তিকার গঠন কাঠামোর ওপর ভিত্তি করে মৃত্তিকার শ্রেণিবিভাগগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৫ (২) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। প্রমাণ কর যে, $e = \frac{n}{1-n}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। যদি $D_{10} = 0.50$ মিমি., $D_{30} = 0.60$ মি.মি. এবং $D_{60} = 1.75$ মি.মি. হয়, তবে মাটির সমতার সহগ ও বক্রতার সহগ নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদের ১.৫ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মাটি বসে যাওয়ার চারটি কারণ লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। মাটির সূচক ধর্মগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। পানিতে ভাসমান কণা থিতানোর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $V = \frac{D^2}{18\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$, ব্যবহৃত প্রতীকগুলো তাদের নিজস্ব অর্থ বহন করে।
উত্তর সংকেত ঃ ৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। Cohesive soil এবং Non-cohesive soil বলতে কী বোঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ভয়েড রেশিও ভিত্তিতে মৃত্তিকার তিন-ফেজ চিত্র অঙ্কন কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি শিথিল ও গোলাকৃতি নমুনার কার্যকরি আকার 0.06 মিমি. হলে এলেন হেজেনের ভেদ্যতা সহগের মান নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। কার্যকরী চাপ এবং ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত একখণ্ড নমুনা মৃত্তিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.65 এবং ভয়েড রেশিও 2.6। মৃত্তিকার ওয়াটার কনটেন্ট ও শুষ্ক একক ওজন নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ১ নং দ্রষ্টব্য।

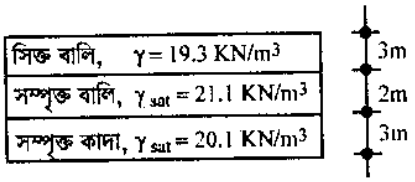
২২। মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয়ের প্লেট লোড টেস্ট সচিত্র বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ ভেদ্যতা সহগ নির্ণয়ের অপরিবর্তনীয় হেড (Constant head) পরীক্ষাটি বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ভিত্তি দেবে যাওয়ার কারণগুলো বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি কনস্ট্যান্ট হেড ভেদ্যতা পরীক্ষায় 10 সেমি. দৈর্ঘ্য, 2 সেমি. ব্যাসের বেলে মৃত্তিকায় 20 সেমি. স্থির হেডের বিপরীতে 3 মিনিটে 300 সেমি.^{3} পানি প্রবাহিত হয়। ভেদ্যতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। নিচের চিত্র অনুযায়ী কাদামাটির স্তরের নিচের তলে কার্যকরী চাপ নির্ণয় কর ঃ



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ১২ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী ও ৫ম পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৫ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ১১/১/২০১৬]

টেকনোলজি ঃ ৪র্থ পর্ব ঃ সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও এনভায়রনমেন্টাল (২০১০ প্রবিধান)

৫ম পর্ব ঃ এআইডিটি (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড ঃ ৬৪৪১)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ **(পাঁচ)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। মাটির কণার কার্যকরী আকার বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। Void Ratio বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মৃত্তিকার সক্রিয় চাপ কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পেনিট্রেশন নাম্বার বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। কুইক কন্ডিশন বা চোরাবালি বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। e – log কার্ভ বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। থিক্সোট্রপি (Thixotropy) কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৮। Porosity বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। Soil Engineering বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০। মাটির ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। প্লেট লোড টেস্টের সীমাবদ্ধতাগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। কনসলিডেশন ও কম্পাকশনের মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। প্রমাণ কর যে, $e = \frac{n}{1-n}$, এখানে e & n প্রচলিত অর্থ বহন করে। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনু-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সমতল সহগ ও বক্রতার সহগ বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনু-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ ও ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। প্রমাণ কর যে, $i_c = \frac{G-1}{1+e}$, নোটেশনগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর ঃ Z গভীরতায় কার্যকরী চাপ, $\vec{P} = Z\gamma + iZ\gamma_w$

এখানে, $\vec{P}$ = মাটির কার্যকরী চাপ

Z = মাটির গভীরতা

γ = নিমজ্জিত একক ওজন

i = হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট

γ_w = পানির একক ওজন

যখন পানির পাত্রের পানির তল কন্টেইনারের পানির তলের উপরে অবস্থান করে, তখন মৃত্তিকা নমুনার ভিতর দিয়ে পানি উপরের দিকে প্রবাহিত হবে। এক্ষেত্রে কন্টেইনারের তলায় ছিদ্রস্থিত পানির চাপ বৃদ্ধি পাবে এবং কার্যকরী চাপ হ্রাস পাবে।

এ অবস্থায় কার্যকরী চাপ হবে, $\vec{P} = Z\gamma - iZ\gamma_w$

যদি উর্ধ্বমুখী হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট (i) বাড়িয়ে নিঃসরণ চাপ $Z\gamma$ করা হয়, তবে কার্যকরী চাপের $\vec{P}$ এর মান 0 (শূন্য) হবে।

এ অবস্থায়, $Z\gamma - i_cZ\gamma w = 0$ [i_c = ক্রিটিক্যাল হাইড্রোলিক গ্রেডিয়েন্ট]

$\Rightarrow i_c = \frac{\gamma}{\gamma_w}$

আবার, আমরা জানি, $\gamma = \frac{(G-1)\gamma_w}{1+e}$

$\therefore i_c = \frac{\frac{(G-1)\gamma_w}{1+e}}{\gamma_w} = \frac{G-1}{1+e}$

অতএব, $i_c = \frac{G-1}{1+e}$

১৬। ফ্লো-নেট কী? ব্যাখ্যা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। মাটির অক্ষত ও বিক্ষত নমুনা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ ও ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। কূপের ওয়েজ তত্ত্বের মৌলিক অনুমিত সত্যগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি কাদামাটির নমুনার 4.65 মিটার গভীরে গড় আদর্শ পেনিট্রেশন নাম্বার পাওয়া গেল 14। ঐ স্থানে মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা কত? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অধ্যায়-৯ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ভূস্তর উদঘাটনের উন্মুক্ত খনন পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ।

উত্তর ঃ ভূস্তর উদঘাটনের উন্মুক্ত খনন পদ্ধতিগুলো হল–

১। আগর বোরিং (Augger boring)

২। ওয়াশ বোরিং (Wash boring)

৩। রোটারি ড্রিলিং (Rotary drilling)

৪। পারকাশন ড্রিলিং (Percussion drilling)

৫। কোর বোরিং (Core boring)।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। মাটির মাঠ পরীক্ষা বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ প্লেট লোড টেস্ট বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ ওয়াশ বোরিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। প্রমাণ কর যে, $D = F\sqrt{\frac{HC}{t}}$, যখন $F = \frac{300n}{(G-1)\gamma_w}$ যেখানে অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। পরীক্ষাগারে ভেদ্যতা পরীক্ষণকালে 12 মিনিটে খাড়া পাইপের পানির উচ্চতা 40cm হতে কমে 28cm হয়। যদি নমুনার উচ্চতা 12cm, ব্যাস 52mm এবং খাড়া পাইপের ক্ষেত্রফল $0.51cm^2$ হয়, তবে ভেদ্যতা সহগ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত : অধ্যায়-৫ এর উদারহণ-১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। একটি সম্পৃক্ত মাটির নমুনায় জলীয় পরিমাণ 42.5% এবং আঃগুঃ 2.72 হলে ভয়েড রেশিও, সম্পৃক্ত একক ওজন ও নিমজ্জিত একক ওজন বের কর।

উত্তর : আমরা জানি, ভয়েড রেশিও, $e = \frac{\omega G}{S_r} = \frac{0.425 \times 2.72}{1}$ $[\because S_r = 1]$

$= 1.156$

আবার, সম্পৃক্ত একক ওজন, $\gamma_{sat} = \frac{(G+e)\gamma_w}{1+e} = \frac{(2.72+1.156)\times 1000}{1+1.156} = 1797.77\ kg/m^3$

এবং নিমজ্জিত একক ওজন, $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1797.77 - 1000 = 797.77\ kg/m^3$

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ ও ৫ম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৬ [পরীক্ষার তারিখ : ২৮/০৬/২০১৬]

টেকনোলজি : ৪র্থ পর্ব : সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও এনভায়রনমেন্টাল (প্রবিধান-২০১০)

৫ম পর্ব : এআইডিটি (প্রবিধান-২০১০)

বিষয় : জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড : ৬৪৪১)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১। জিওলজিক্যাল সাইকেল কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। আটার বার্গ সীমা কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ভেদ্যতা সহগ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। কনসলিডেশন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। বোরিং লগ কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। AASHO পদ্ধতিতে A-7 (10) বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পরিমিত জলীয় অংশ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

৯। পেনিট্রেশন রেজিস্ট্যান্স বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ঘনত্ব সূচক বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১১। কোহেসিভ এবং আনকোহেসিভ সয়েল এর মাঝে সম্পর্ক কী? ***উত্তর সংকেত :*** পরবর্তী সিলেবাসের অন্তর্ভুক্ত।

১২। মাটির ব্যর্থতার ৪টি কারণ লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ওয়াশ বোরিং পরীক্ষায় ব্যবহৃত ৮ (আট)টি যন্ত্রের নাম লেখ।
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। প্রমাণ কর যে, $V = \frac{D^2}{18\eta}(\gamma_s - \gamma_w)$। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Terzaghir-এর মতে মৃত্তিকার মৌলিক ধারণাগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত :*** পরবর্তী সিলেবাসের অন্তর্ভুক্ত।

১৬। ভয়েড রেশিও, আঃ গুরুত্ব, ওয়াটার কনটেন্ট ও ডিগ্রি অব স্যাচুরেশন এর মাঝে সম্পর্ক লেখ।
উত্তর সংকেত : ২.১(গ) নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। চিত্রসহ ফ্লো-নেট এর ব্যাখ্যা দাও। ***উত্তর সংকেত :*** ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। দেখাও যে, নিঃসরণ বেগ হচ্ছে ক্ষরণ বেগের $\frac{1}{n}$ গুণের সমান।
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। নিঃসরণ বেগ ও পরোসিটির মাঝে সম্পর্ক কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২০। স্টকস'ল এর অনুমেয় সত্যগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২১। একটি শুষ্ক মাটির ঘনকের প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 4 সেমি এবং ওজন 110 গ্রাম। একই ধরনের ঘনক যখন সম্পৃক্ত অবস্থায় অপরিবর্তনীয় থাকে, তখন ওজন 134 গ্রাম। চিত্রসহ ঐ কঠিন বস্তুটির আঃগুরুত্ব ও ভয়েড রেশিও নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত : অধ্যায়-২ এর উদাহরণ-১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ অগার বোরিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। সিপেজ প্রেসার, সিপেজ বেগ, ইকুইপমেন্ট লাইন ও ফ্লো-নেট সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।
উত্তর সংকেত : ৫.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৪। আন-কনফাইন্ড কম্প্রেশন পরীক্ষায় প্রমাণ কর যে, $q = \frac{1.36k\,(H^2 - h^2)}{\text{Log}_{10}{}^{R}/_{r}}$, যেখানে r = কূপের ব্যাসার্ধ, H = অ্যাকুইফারের পুরুত্ব, S = কূপের ড্র-ডাউন, h = কূপের পানির গভীরতা। ***উত্তর সংকেত :*** ৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৫। পাইকোনমিটার পদ্ধতিতে আঃগুরুত্ব নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। একটি সম্পৃক্ত মাটির চাপ সূচক 0.28, 12 kN/w^2। পীড়ন-এ ভয়েড রেশিও 2.05 এবং ভেদ্যতা 3.5×10^{-7} mm/sec। যদি পীড়ন 21.6 kN/m^2 বৃদ্ধি করা হয়, তবে ভয়েড রেশিও এবং বসন কত?
উত্তর সংকেত : অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ ২ ও ১২ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৫ম পর্ব সমাপনী ও ৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৬ **[পরীক্ষার তারিখ : ০২/০১/২০১৭]**

টেকনোলজি : ৪র্থ পর্ব : সিভিল, সিভিল (উড), আর্কিটেকচার ও এনভায়রনমেন্টাল (প্রবিধান ২০১০)

৫ম পর্ব : এ.আই.ডি.টি (প্রবিধান ২০১০)

বিষয় : জিওটেকনিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং

(বিষয় কোড : ৬৪৪১)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ১২০**

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোনো ৫(পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১। জিওলজিক্যাল সাইকেল বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। SW, GW, SP ও GP-এর অর্থ ইংরেজিতে লেখ। ***উত্তর :*** SW = সুবিন্যাস্ত বালি (Well graded Sand)
GW = সুবিন্যাস্ত গ্র্যাভেল (Well graded Gravel)
SP = অবিন্যস্ত বালি (Poorly graded Sand)
GP = অবিন্যস্ত গ্র্যাভেল (Poorly graded Gravel)

৩। ভয়েড রেশিও বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। D_{10} বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। তারল্য সীমা কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ছিদ্রস্থিত পানির চাপ কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। আটারবার্গ সীমা কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মাটির ভূস্তর উদঘাটন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৭.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। প্লেট লোড পরীক্ষা কী?

উত্তর ঃ মৃত্তিকার চরম ভারবহন ক্ষমতা নিরূপণের জন্য প্লেট লোড টেস্ট করা হয়। এটি একটি ফিল্ড টেস্ট। এর মাধ্যমে প্রতি ধাপ ভার বৃদ্ধির জন্য মৃত্তিকা কী পরিমাণ দেখা যায় তাও জানা যায়।

১০। মাটির ভারবহন ক্ষমতা কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। সাধারণ প্রকৌশলগত উদ্দেশ্যে মাটির শ্রেণিবিভাগ কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.৬ নং অনুচ্ছেদের টেবিল ৩নং দ্রষ্টব্য।

১২। প্রমাণ কর যে, $e = \frac{n}{1-n}$ (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। চিত্র এঁকে হাইড্রলিক হেড, পিজোমেট্রিক হেড ও পজিশন হেড দেখাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। চিত্রসহ প্রমাণ কর যে, $K = \frac{QL}{Aht}$ (প্রতীকগুলো প্রচলীত অর্থ বহন করে)। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৫। কনসলিডেশন ও কম্প্যাকশন-এর মাঝে চারটি পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। মাটি ব্যর্থ হওয়ার কারণগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। সংসক্তি ও অসংসক্তি মাটির ক্ষেত্রে র‍্যানকিনের মাটির চাপতত্ত্বের কী কী সতঃসিদ্ধ নিয়মগুলো মেনে চলতে হয়?

উত্তর সংকেত ঃ ৮.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। মাটির সাধারণ ধর্মগুলো কী কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। প্লেট লোড পরীক্ষার ছয়টি সীমাবদ্ধতা লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। প্রমাণ কর যে, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। একটি আর্দ্র মাটির নমুনার ওজন 20.3 kg এবং আয়তন $0.012m^3$, শুকানোর পর ওজন 16.5 kg এবং G = 2.69 হলে γ, γ_d e, ω, n ও S_r নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ ২.৪ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। একটি নির্দিষ্ট আকারের কণাবিশিষ্ট মাটির নমুনাকে 5.5m গভীর ট্যাংকে স্থির পানি-তলে রাখা হলো। ঐ কণাটি ট্যাংকের তলায় তিথিয়ে পড়তে 15 সেকেন্ড সময় লাগে। G = 2.69, $\eta = 0.01$ পয়েজ হলে কণার আকার নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৩ এর উদাহরণ-৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি অক্ষত সম্পৃক্ত মাটির নমুনার আয়তন $19.9cm^3$ এবং ভর 29.2gm। শুকানোর পর ভর পাওয়া গেল 18.2gm। অপসারিত পারদ হতে শুকানো মাটির আয়তন পাওয়া গেল $8.9\ cm^3$। সংকোচন সীমা নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৪.১(খ) নং অনুচ্ছেদের সংকোচন সীমা সূত্র নং দ্রষ্টব্য।

২৪। চিত্রসহ ওয়াশ বোরিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর রচনামূরক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। 5cm ব্যাস ও 10cm উচ্চতার একটি সিলিন্ডার আকৃতির নমুনাকে অরক্ষিত সংনমন পরীক্ষা করা হল। যদি নমুনাটি 600N অক্ষীয় চাপে ফেল করে এবং দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন 2 cm হয়, তবে অরক্ষিত সংনমন শক্তি ও শিয়ার স্ট্রেংথ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৬ এর উদাহরণ-৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। আদর্শ পেনিট্রেশন পরীক্ষার মাধ্যমে মাটির ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর রচনামূরক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com