

ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни

„ҐРУНТОЗНАВСТВО ТА МЕХАНІКА ҐРУНТІВ”

**для студентів напряму 0921 “Будівництво”,
фахове спрямування “Автомобільні дороги та
аеродроми”, “Мости і транспортні тунелі”,
“Будівництво та експлуатація аеродромів”,
(в рамках кредитно-модульної системи
організації навчального процесу)**

Лектор:

професор, доктор технічних наук

Мозговий Володимир Васильович

**(завідувач кафедри дорожньо-будівельних
матеріалів і хімії)**

Вхідний контроль

1. Обчислити: $\frac{1}{5} \left(\frac{1}{5} + \frac{3}{8} \right) \div \frac{5}{6}$

2. Знайти похідну $\frac{dy}{dx}$ для функції $y = x^2$

3. Напишіть формули:

• для визначення площі трикутника

• для визначення об'єму конуса

4. Запишіть хімічну формулу:

• води;

• соляної кислоти;

• кухонної солі.

5. Запишіть закони фізики:

• другий закон Ньютона;

• закон Ома;

• закон Архімеда.

6. Що твердіше мармур чи кварцит?

Лекція №1

**Фізичні властивості ґрунтів.
Фазовий склад ґрунтів та його
характеристики**

План

1. Структура дисципліни
2. Література
3. Ґрунт, як об'єкт транспортного будівництва (С/Р)
4. Фізичні властивості ґрунтів
5. Фазовий склад ґрунтів та його характеристики
6. Походження нескельних ґрунтів (С/Р)
7. Фазовий склад ґрунту і його характеристики

План вивчення курсу:

Курс розрахований на 1 семестр і складається з 18 годин лекції, та 36 годин (для БД т/ск), або 18 годин (для МТ), - лабораторних робіт.

По закінченні курсу – залік для МТ, іспит для БД т/ск .

РОЗПОДІЛ БАЛІВ ЗА ЕЛЕМЕНТАМИ ЗМІСТОВНИХ МОДУЛІВ ПРИ ПОТОЧНОМУ ОЦІНЮВАННІ ЗНАНЬ

- відвідування лекцій – 0,5 бала за 1 лекцію,**
- активність на лекції – 2 бала за 1 лекцію,**
- відвідування лабораторних занять – 0,5 бала за 1 заняття,**
- активність на лабораторних заняттях – 1 бал за ретельність виконання робіт на занятті,**
- захист лабораторних робіт - до 2 балів за 1 модуль, до 1 бала за 2 модуль,**
- модульний контроль № 1 до 16 балів,**
- модульний контроль № 2 до 17,5 балів**
- наукова робота - до 15 балів.**

РАЗОМ 115 БАЛІВ

2. Література:

Бабков В.Ф., Безрук В.М. – “Основи ґрунтознавства та механіки ґрунтів”, М., 1986.

- 1. Зоценко М.Л., та ін. “Інженерна геологія, механіка ґрунтів, основи і фундаменти”. – К.: Вища школа, 1992. – 404с.**
- 2. Конспект лекцій.**
- 3. Методичні вказівки з лабораторних робіт.**
- 4. Періодичні видання: Журнал “Основи, фундаменти та механіка ґрунтів”, Журнал “Автошляховик України”, Вісник НТУ та ін**
- 5. Нормативні документи.**
- 6. Інтернет-інформація.**

3. Ґрунт, як об'єкт транспортного будівництва

Ґрунтознавство та механіка Ґрунтів – наукова дисципліна, яка вивчає фізичні та механічні властивості Ґрунтів, а також процеси, що в них відбуваються під впливом природно-кліматичних факторів та навантажень відносно проектування, будівництва та експлуатації інженерних споруд.

Ґрунтознавство та механіка Ґрунтів є базовою дисципліною для наступного вивчення спеціальних дисциплін.

Мета вивчення дисципліни - засвоїти принципи визначення умов роботи ґрунту в основах інженерних споруд, методи визначення властивостей та прогнозування поведінки ґрунтів під дією навантаження шляхом проведення відповідних розрахунків, а також способи поліпшення ґрунту для підвищення опору дії навантаження.

На початку 21 століття інженерними спорудами покрито біля 15% поверхні земної суші. В світі приблизно 1,5 млн км залізничних та 12 млн. км автодоріг з твердим покриттям. Будуються все більш високі будинки та важкі споруди. Споруди все більше заглиблюють в ґрунт.

Ґрунтом називають будь-яку гірську породу або відходи виробничої діяльності людини, які використовуються в будівництві як ґрунтова основа, середовище або матеріал.

Ґрунтова основа – частина ґрунтового масиву, яка безпосередньо через фундаменти будівельних споруд або через дорожнє чи аеродромне покриття сприймає навантаження деформується під його дією.

Фундамент – заглиблена в ґрунт

Вартість земляного полотна автомобільної дороги та аеродрому становить 20 – 30% від вартості дороги, при спорудженні земляного полотна середня дальність возки ґрунту 5 км і більше.

На підземну частину моста припадає приблизно 30% його вартості і 40% затраченого на будівництво часу.

4. Фізичні властивості ґрунту

Фізичними називаються властивості, які характеризують склад і стан ґрунту (це - щільність, вологість, фільтраційна здатність і інші).

Розділ даного предмету, що вивчає фізичні властивості ґрунту називається ґрунтознавство.

Від фізичних властивостей залежать механічні властивості ґрунту.

Механічними називаються властивості, які характеризують поведінку ґрунту під дією навантаження. До механічних властивостей відносять деформативність (здатність змінювати розмір і форму під дією навантаження) і міцність (здатність протистояти дії навантаження без руйнування).

Розділ даного предмету, що вивчає механічні властивості ґрунту називається механіка ґрунтів.

5. Фазовий склад ґрунту і його характеристики

До складу ґрунту входять три фази (компоненти), які знаходяться в різних агрегатних станах: твердому, рідкому, газоподібному.

Тверда фаза представлена уламками гірських порід або окремих її мінералів, рідка – водою, газоподібна – повітрям.

Трьохфазна система характерна для поверхневих шарів ґрунту в природному заляганні або насипі.

Двохфазна: водонасичений ґрунт із заповненими водою порами на 95-98% (ґрунти нижче рівня ґрунтових вод); ґрунт, пори якого на 95-98% заповнені повітрям (висушений ґрунт).

Однофазні ґрунти - ґрунти у вакуумі (наприклад, на Місяці).

Від вмісту фаз, їх властивостей і міжфазних взаємодій, залежать всі фізико-механічні властивості ґрунту.

При визначенні фазового складу ґрунту виходять із трьох основних показників: щільність ґрунту, щільність часток ґрунту, вологість ґрунту.

Основні показники фізичних властивостей ґрунту

До основних показників ґрунту відносять:

- щільність ґрунту ρ ,
- щільність часток ґрунту ρ_s ,
- вологість ґрунту W .

Вони є вихідними для розрахунку ряду інших показників фізичних властивостей ґрунту.

Щільність ґрунту – це маса ґрунту M в одиниці об'єму V , який він займає

$$\rho = \frac{M}{V}, \text{ гр / см}^3.$$

Щільність ґрунту використовується: при розрахунку тиску від вище розташованого ґрунту; визначенні просадки ґрунтового масиву під фундаментом; при інших розрахунках

Щільність часток ґрунту – це усереднена щільність матеріалу його часток.

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}, \text{ г/см}^3.$$

Щільність часток залежить від мінерального складу $\rho_s=2.60-2.85$ г/см³. В середньому $\rho_s=2,7$ г/см³.

Вологість ґрунту – відношення маси води до маси твердих часток ґрунту

$$W = \frac{M_W}{M_S},$$

у %, або долях одиниці.

Природна вологість піску – 1-36%, глини – 5-100%.

Похідні показники фізичних властивостей ґрунту

До похідних показників ґрунту відносять:

- щільність скелета ґрунту ρ_d ;
- пористість ґрунту n ;
- коефіцієнт пористості ;
- міра вологості S_r ;
- вологоємністю;
- об'ємна доля твердих часток C_s ;
- об'ємна доля води в ґрунті C_w ;
- об'ємна доля повітря в ґрунті C_a .

Щільність скелета ґрунту (щільність сухого ґрунту) – відношення маси сухого ґрунту до об'єму , який займав ґрунт до висушування

$$\rho_d = \frac{M_s}{V}, \quad \text{гр/см}^3$$

Іншими словами – це маса твердих часток, зосереджених в одиниці об'єму сухого ґрунту.

Змінюється в межах:

$$\rho_d = 1,3 - 2,1 \text{ гр / см}^3$$

Зв'язок щільності скелету ґрунту ρ_d з основними показниками його фізичних властивостей

Зробимо викладки:

$$M = M_S + M_W + M_a \approx M_S + M_W = M_S \left(1 + \frac{M_W}{M_S}\right) = M_S(1 + W),$$

$$M = M_S(1 + W), \quad \frac{M}{V} = \frac{M_S}{V}(1 + W),$$

$$\rho = \rho_d(1 + W), \quad \rho_d = \frac{\rho}{1 + W}$$

Застосування характеристики ρ_d для оцінки якості ущільнення ґрунту

Щільність скелета ґрунту ρ_d залежить від щільності розташування часток та характеризує щільність упакування ґрунту. Тому використовується для оцінки якості ущільнення ґрунту при визначенні коефіцієнта ущільнення;

$$K_y = \frac{\rho_d}{\rho_{d \max}},$$

де ρ_d - фактичне значення щільності скелета ґрунту контрольованої проби;

$\rho_{d \max}$ - максимальна щільність скелета ґрунту при стандартному ущільненні.

Пористість ґрунту n – відношення об'єму пор, заповнених водою і повітрям, до загального об'єму ґрунту

$$n = \frac{V - V_s}{V}.$$

Зробимо викладки

$$\frac{V - V_s}{V} = 1 - \frac{V_s}{V} = 1 - \frac{M_s}{V \cdot \rho_s} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s},$$

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}.$$

Коефіцієнт пористості e – відношення об'єму пор, зайнятих водою і повітрям, до об'єму твердих часток:

$$e = \frac{V - V_s}{V_s}.$$

Зробимо викладки

$$\frac{V - V_s}{V_s} = \frac{V}{V_s} - 1 = \frac{\rho_s \cdot V}{M_s} - 1 = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

Зв'язок між n і e

$$e = \frac{n}{1-n}, \quad n = \frac{e}{1+e}.$$

Пісок має $n \approx 25-50\%$, глина $n = 35-70\%$.

Міра вологості S_r – відношення об'єму води в порах до об'єму пор (включаючи об'єму води і повітря):

$$S_r = \frac{V_W}{V - V_S}.$$

$$\frac{V_W}{V - V_S} = \frac{M_W}{(V - V_S) \cdot \rho_W} = \frac{V_S \cdot \rho_S \cdot W}{(V - V_S) \cdot \rho_W},$$

$$S_r = \frac{\rho_S \cdot W}{e \cdot \rho_W}, \quad S_r \approx 2,7 \frac{W}{e}.$$

Абсолютно сухий ґрунт має $W=0$, $S_r=0$.

Повністю водонасичений ґрунт має $S_r=1$ – двохфазна система: ґрунт - вода.

Вологоємкістю ґрунту називається вологість при $S_r=1$:

$$W_0 = \frac{M^0_w}{M_s} = \frac{\rho_w \cdot V^0_w}{\rho_s \cdot V_s} = \frac{\rho_w}{\rho_s} \cdot e,$$

де M^0_w V^0_w відповідно маса та об'єм води, що повністю заповнює пори ґрунту

За мірою вологості крупноуламкові і піщані ґрунти поділяються на:

мало вологі : $0 < S_r < 0.5$;

водонасичені $0,8 < S_r < 1$.

Фазовий склад ґрунту

Об'ємна доля твердих часток C_s –
відношення об'єму твердих часток до
всього об'єму ґрунту.

$$C_s = \frac{V_s}{V};$$

$$V = \frac{M_s}{\rho_d};$$

$$V_s = \frac{M_s}{\rho_s};$$

$$C_s = \frac{M_s / \rho_s}{M_s / \rho_d};$$

$$C_s = \frac{\rho_d}{\rho_s}.$$

Об'ємна доля води в ґрунті C_w – відношення об'єму, зайнятого водою до об'єму ґрунту.

$$C_w = \frac{V_w}{V}.$$

$$\frac{V_w}{V} = \frac{M_w / \rho_w}{V} = \frac{M_w}{V \cdot \rho_w} = \frac{W \cdot M_s}{\rho_w \cdot V} = \frac{\rho_d}{\rho_w} \cdot W$$

$$C_w = \frac{\rho_d}{\rho_w} \cdot W.$$

**Об'ємна доля повітря в ґрунті C_a –
відношення об'єму, зайнятого повітрям, до
всього об'єму ґрунту.**

$$C_a = 1 - C_s - C_w = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} - \frac{\rho_d}{\rho_w} \cdot W.$$

Приклад.

Дано: Щільність ґрунту $\rho = 1,97 \text{ г/см}^3$;

Вологість $W = 20\%$.

Знайти: Щільність скелету ґрунту ρ_d ,
пористість n , ступінь вологості S_r і об'ємні
долі фаз C_s, C_w і C_a .

Рішення: приймаємо $\rho_s = 2,7 \text{ г/см}^3$, $\rho_w = 1$
 г/см^3 , маємо $W = 0,2$.

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} = \frac{1,97}{1+0,2} = 1,64 \text{ г/см}^3; \quad n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} = 1 - \frac{1,64}{2,7} = 0,393;$$

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,70}{1,64} - 1 = 0,647;$$

$$S_r \approx 2,7 \frac{W}{e} = 2,7 \cdot \frac{0,20}{0,647} = 0,835; \quad \text{(грунт насыщен водой)}$$

$$C_s = \frac{\rho_d}{\rho_s} = \frac{1,64}{2,7} = 0,607;$$

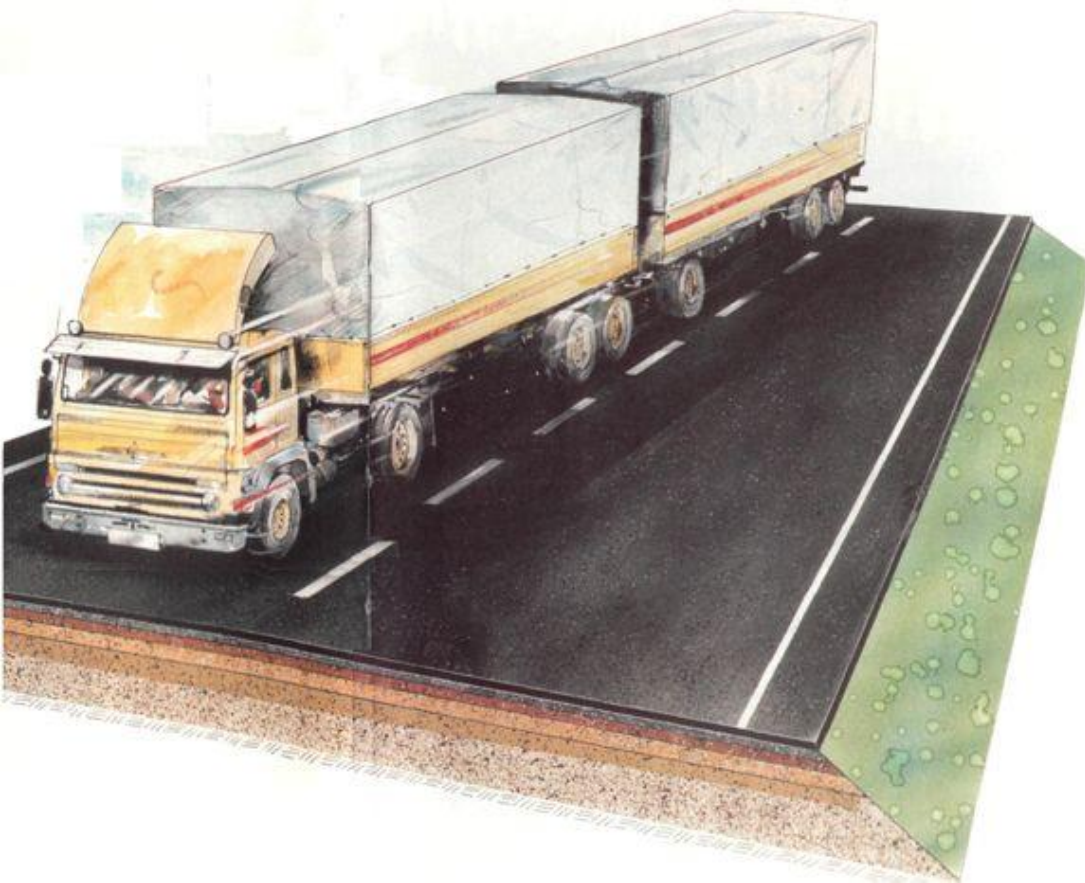
$$C_w = \frac{\rho_d}{\rho_w} \cdot W = \frac{1,64}{1} \cdot 0,2 = 0,328;$$

$$Ca = 1 - C_s - C_w = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} - \frac{\rho_d}{\rho_w} \cdot W = 1 - 0,607 - 0,328 = 0,065.$$

Приклади застосування ґрунту у транспортному будівництві



**Земляне полотно
аеродрому**



**Земляне
полотно
автомобільної
дороги**











Характерні ознаки неякісного земляного полотна і їх наслідки для транспортних споруд

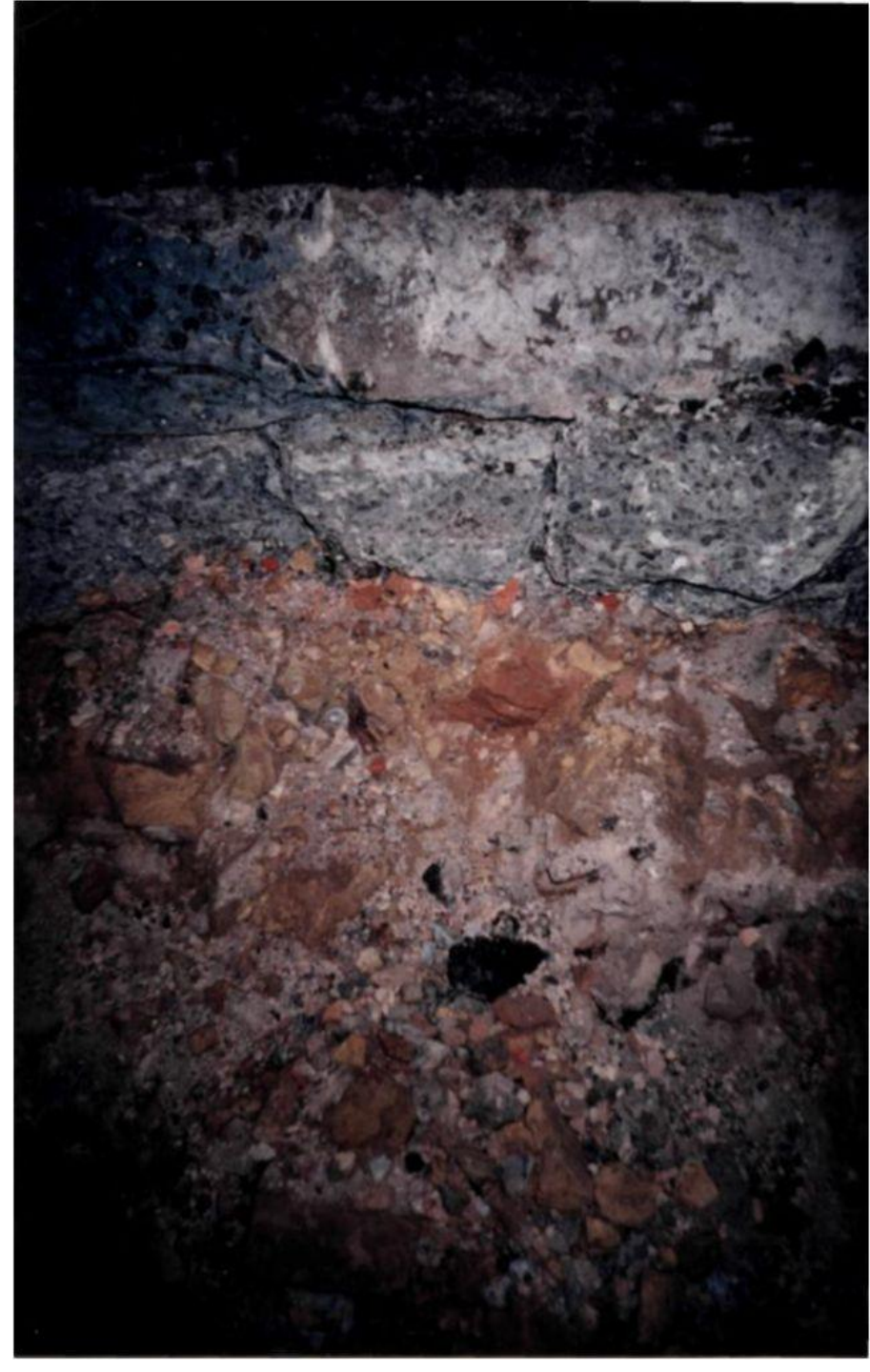














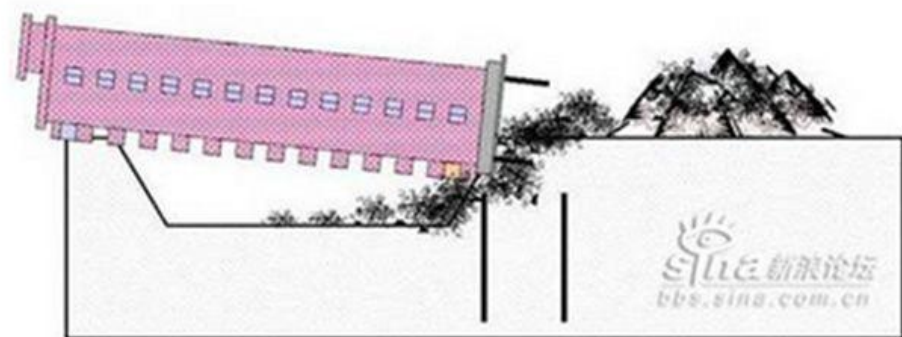
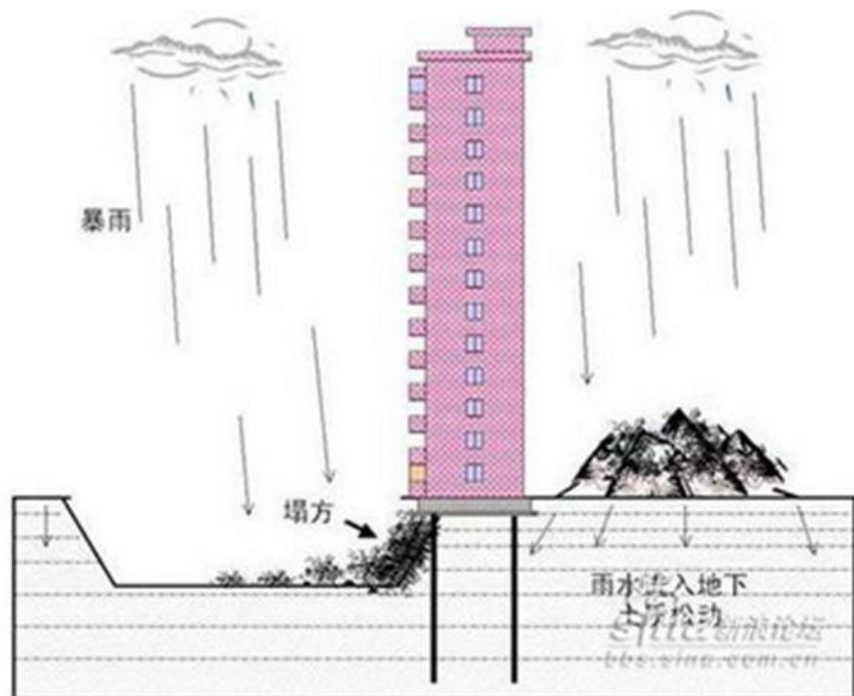
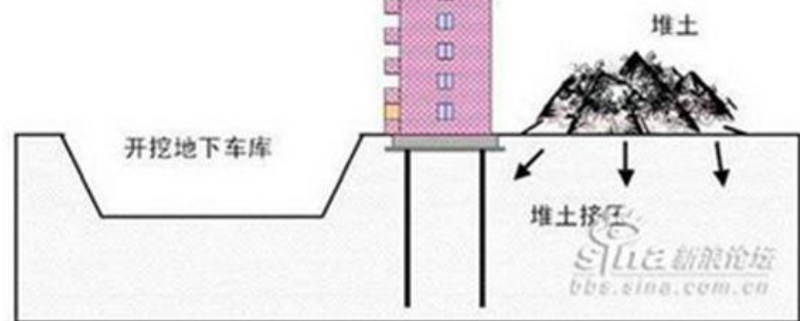








莲花河畔景苑施工方案
先造楼，后造地下车库





6. Походження нескельних ґрунтів (С/Р)

Нескельні ґрунти утворюються в наслідок руйнування скельних ґрунтів (гірських порід), що виходять на денну поверхню, а також наступного переносу та осідання.

Природні процеси поступового руйнування і зміни складу та стану гірських порід на місці їх залягання називається вивітрюванням. Розрізняють фізичне, хімічне та біологічне вивітрювання. Всі види вивітрювання практично відбуваються одночасно.

Фізичне вивітрювання – руйнування порід під впливом зміни температури та дії води до дрібних частинок з розміром близько 0.1 мм. При цьому утворюються такі види частин: глиби, щебінь, жорства. Вони залишаються на місці або переносяться під дією льодовиків та води, набуваючи округлої форми. Утворюються із глиб – валуни, із щебеня – галька, а також більш мілкі – гравій, пісок. Мінералогічний склад вихідної породи не змінюється.

Хімічне вивітрювання відбувається за рахунок:

- розчинення та видалення речовин водою, що знаходяться в породі;
- взаємодія речовин, які містяться в мінералах з киснем, вуглекислим газом та водою.

З первинних мінералів (кварц, польовий шпат, слюда та інші) утворюються вторинні глинисті мінерали (монтморилоніт, каолініт, гідрослюди). В результаті хімічного вивітрювання утворюються найдрібніші частинки нескельного ґрунту – глинисті (менше 0.001мм). Глинисті частинки складаються із уламків первинних та вторинних мінералів.

Біологічне вивітрювання – відбувається під впливом рослин та мікроорганізмів. Механічна дія рослин проявляється за рахунок клиновидного втілення коренів і призводить до роздрібнення порід з розширенням тріщин, що підсилюється розгойдуванням високих дерев. Відмирання та розкладання рослин, накопичення органічних залишків – живильне середовище для мікроорганізмів, що додатково руйнують гірські породи.

Біологічне вивітрювання переважає при утворенні ґрунту. Ґрунти містять органічні залишки рослин та тварин у вигляді торфу або ґумусу.

Торф – маса залишків рослин, які розкладаються. ґумус – перегнійна сполука – результат біохімічних процесів.

В залежності від умов переносу та накопичення континентальні відкладення продуктів вивітрювання поділяється на: льодовикові, елювіальні, делювіальні, алювіальні, еолові та болотні.

Льодовикові відкладення – накопичились в результаті розповсюдження стародавніх льодовиків (морени), а також утворюються в горах при переміщенні льодовиків.

Елювіальні відкладення залишилися на місці вивітрювання. Це здебільшого неокруглі уламки, пісок та глина. Наприклад, в районі українського кристалічного щита в місцях виходу магматичних порід зустрічається елювій у вигляді жорстви (слабо зцементований матеріал із гострокутних зерен з розмірами 2...10 мм).

Міцність елювіальних відкладень залежить від ступеню вивітрилості. Широко використовуються в дорожньому будівництві для влаштування основи та покриття на місцевих дорогах.

Делювіальні відкладення –
накопичуються на схилах підвищених
місць та їх підніжжях в результаті
змивання частинок атмосферними
опадами. Найбільш поширеними
відкладеннями є суглинки, що широко
застосовуються для ґрунту земляного
полотна.

Алювіальні відкладення утворилися від дії води річок. Їх здебільшого представляють: пісок з включенням гальки (10-200 мм), гравій (2-10 мм), піщано-гравійна суміш.

Алювіальні відкладення – якісний матеріал для шарів основи дорожнього одягу і широко використовується як місцевий матеріал для будівництва автомобільних доріг

Схема розповсюдження континентальних відкладень



Еолові відкладення утворилися в результаті дії вітру: дюни - піщані горби на берегах морів та озер; бархани — в пустелях до 20м та більше.

В дюнах пісок із водяного басейну – округлий, чистий. В барханах – слабо округлий. Під дією вітру переноситься на 1-10 м в рік, засипаючи канали та будинки, оголюючи берегові опори мостів та шляхопроводів. Дюни закріплюють штучними насадженнями, а бархани – щитами або в'язучими речовинами.

Широко розповсюдженими еоловими відкладеннями дрібних частинок є лес. Яскраво жовтий ґрунт із підгрупи пилуватих-глинистих частинок, який містить більше 50% по масі частинок розміром 0.05 – 0.001 мм (пилуватих). Вони слабо зв'язані карбонатом кальцію (10-20%) та солями, що легко розчиняються. Лес є дуже пористим (макропористий), при замочуванні дає просадку, а при водонасиченні може переходити в пливунний стан. Тому несе небезпечність просадки споруд.

Болотні відкладення утворюються:

- **в умовах вологого клімату (маса опадів більше за масу випаровування);**
- **в занижених місцях (береги озер, долини річок);**
- **в місцях виходу ґрунтових вод на схили підвищень.**

До болотних відкладень відносять мул та торф.

Мул – водонасичені сучасні відкладення водоймищ, які створились в наслідок мікробіологічних процесів. Прісноводний мул, який утворився на дні озер і містить більше 10% органічних речовин – сапропель.

Торф – органо-мінеральний ґрунт, який утворився в результаті відмирання і неповного розкладу болотних рослин в умовах підвищеної вологості при недостатчі кисню, з вагою долею органічних речовин не менше 50%. Мають низьку несучу здатність, високе стискання, нерівномірні осідання. Створення насипів на болотах – актуальна проблема дорожнього будівництва