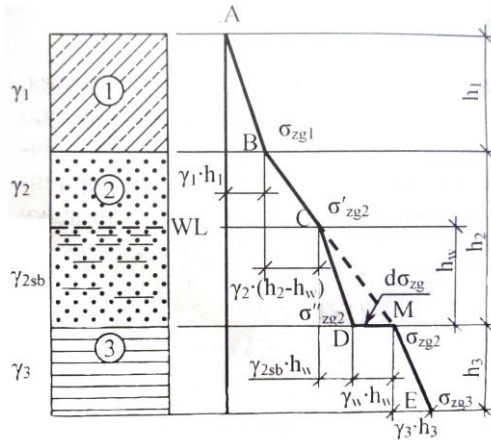


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДА “БУДІВЕЛЬНІ, ДОРОЖНІ МАШИНИ ТА БУДІВНИЦТВО”



МЕХАНІКА ҐРУНТІВ, ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання

Кропивницький 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДА “БУДІВЕЛЬНІ, ДОРОЖНІ МАШИНИ ТА БУДІВНИЦТВО”

МЕХАНІКА ҐРУНТІВ, ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання

*“Затверджено”
на засіданні кафедри “Будівельні,
дорожні машини та будівництво”
Протокол № 11 від 16.06.2020 р.*

Кропивницький 2020

Укладачі: С.О. Карпушин - канд. техн. наук, доцент;
І.О. Скриннік - канд. техн. наук, доцент;
В.В. Дарієнко - канд. техн. наук, доцент;
М.В. Пашинський – канд. техн. наук, ст. викл.

Рецензент: В.М. Сало, доктор технічних наук, професор (Центрально-український національний технічний університет, м. Кропивницький).

Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів спеціальності: 192 «Будівництво та цивільна інженерія», усіх форм навчання.

/Укл.: С.О. Карпушин, І.О. Скриннік, В.В. Дарієнко, М.В. Пашинський – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 54 с.

Методичні вказівки розроблені у відповідності до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» та робочої програми курсу «Механіка ґрунтів, основи і фундаменти» для спеціальності – 192 «Будівництво та цивільна інженерія» для усіх форм навчання.

Студенти денної форми навчання (курс лекцій читається на четвертому курсі у VII семестрі) у відповідності до даних методичних вказівок виконують ряд практичних робіт передбачених робочою програмою з даної дисципліни.

Для студентів заочної форми навчання передбачено виконання деяких практичних робіт (за вказівкою викладача), що представляються у вигляді контрольних робіт.

Зміст лекційного матеріалу, методичне забезпечення, засоби тестового контролю, у відповідності до структури викладання курсу «Механіка ґрунтів, основи і фундаменти», наведено на сайті дистанційного навчання ЦНТУ moodle.kntu.kr.ua/

© Механіка ґрунтів, основи і фундаменти

/Укладачі: С.О. Карпушин,

І.О. Скриннік, В.В. Дарієнко,

М.В. Пашинський 2020.

© РВЛ ЦНТУ, тиражування, 2020

Практична робота №1

Тема: Визначення напружень в ґрунті від дії власної ваги.

Мета: Отримати практичні навички щодо визначення напружень в ґрунтах від дії власної ваги.

Завдання:

- 1) ознайомитись і навести в звіті основні поняття, терміни, визначення;
- 2) ознайомитися з методикою визначення напружень від власної ваги ґрунтів;
- 3) за завданням викладача, використовуючи вихідні дані у вигляді інженерно-геологічного розрізу (додаток 1), виконати розрахунок напружень в ґрунті від його власної ваги, та за результатами розрахунку побудувати епюру σ_{zg} . Для побудови епюри у визначеному масштабі застосовувати графічний редактор (AutoCAD, КОМПАС, Corel, ...). Скласти звіт з даної роботи.
- 4) Висновок.

Короткі теоретичні відомості.

Однією із задач механіки ґрунтів, що має важливе значення для встановлення умов міцності і стійкості ґрунтів та їхніх деформацій від дії зовнішніх сил і власної ваги, є визначення напружень у ґрунтовому масиві.

У ґрунтовому масиві постійно діють напруження від власної ваги ґрунту, що спричиняють його деформації. У більшості ґрунтів такі деформації завершуються, як правило, задовго до початку будівництва в процесі формування ґрунтових відкладів. Окрім того, в ґрунті виникають напруження від дії зовнішніх навантажень – будівель та споруд, що призводять до його додаткової деформації.

Для вивчення напружено-деформованого стану дисперсних ґрунтів використовують спрощену модель ґрунтового середовища, згідно якої шари ґрунту основи вважаються однорідними як за мінералогічним і гранулометричним складом, так і за фізичними й механічними властивостями. Залягання шарів ґрунту при цьому вважають горизонтальним за сталої потужності.

Розподіл напружень від власної ваги ґрунту.

Вертикальні напруження, що виникають у ґрунтовому масиві від власної ваги ґрунту, приймаються зростаючими пропорційно глибині шару z , який розглядається [1]. У зв'язку з цим епюра напружень по глибині однорідного шару ґрунту матиме вигляд трикутника, а при декількох неоднакових шарах буде зображена ламаною лінією, як показано на рис.1.1 (лінія $ABCDME$).

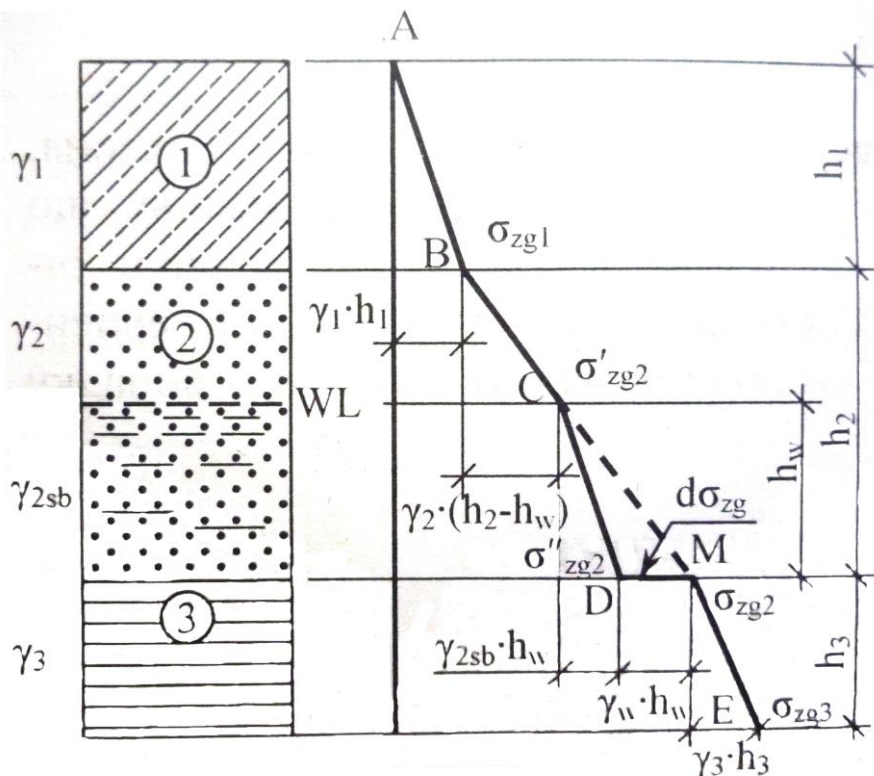


Рисунок 1.1 – Схема розподілу напружень від власної ваги ґрунту: 1 – супісок; 2 – пісок; 3 – глина водотривка.

Вертикальне напруження на глибині z

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (1.1)$$

де n - кількість різних шарів ґрунту від поверхні до глибини z ;

γ_i - питома вага ґрунту у i -му шарі;

h_i - товщина i -го шару ґрунту.

У шарах, розташованих нижче від рівня ґрунтової води, питома вага для уламкових ґрунтів, пісків, супісків і суглинків приймається зменшеною за рахунок виважуючої дії води й обчислюється за формулою

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} \quad (1.2)$$

де γ_s - питома вага частинок ґрунту, кН/м³;
 e - коефіцієнт пористості ґрунту.

За наявності водонепроникного шару ґрунту на рівні його поверхні епюра буде мати горизонтальну ділянку, яка дорівнює

$$d\sigma_{zg} = \gamma_w h_w \quad (1.3)$$

де γ_w - питома вага води;
 h_w - товщина шару води.

Для ґрунтових умов, показаних на рис.1.1 вертикальне напруження від власної ваги на нижній межі першого шару дорівнює $\sigma_{zg1} = \gamma_1 \cdot h_1$. Другий шар – пісок, є водоносним шаром, що залягає на шарі 3 – глині, що виконує роль водотриву. Оскільки питома вага ґрунту вище і нижче від рівня ґрунтової води має різне значення, напруження від власної ваги теж визначаються окремо для ділянок шару вище й нижче від рівня ґрунтової води. На рівні ґрунтової води вертикальне напруження від власної ваги дорівнює $\sigma'_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_2(h_2 - h_w)$. У нижній частині шару (точка D) вертикальне напруження від власної ваги дорівнює $\sigma''_{zg2} = \sigma'_{zg1} + \gamma_{2sb} \cdot h_w$.

На покрівлю водотриву (шар 3) передається вертикальне напруження від власної ваги ґрунту і води, що розташована в порах $\sigma_{zg2} = \sigma''_{zg2} + \gamma_w \cdot h_w$. На нижній межі шару 3 вертикальне напруження від власної ваги ґрунту дорівнює $\sigma_{zg3} = \sigma_{zg2} + \gamma_3 \cdot h_3$.

Інколи, коли це потрібно для розрахунків, епюру вертикальних напружень від власної ваги будують за осередненим значенням питомої ваги ґрунту, яке визначають з виразу

$$\gamma_m = \frac{\sum_1^n \gamma_i h_i}{\sum_1^n h_i} \quad (1.4)$$

При використанні середнього значення питомої ваги епюра напружень від власної ваги ґрунту буде обмежуватися не ламаною, а прямою лінією, і на глибини z її значення дорівнюватиме $\sigma_{zgz} = \gamma_m \cdot z$.

Горизонтальні напруження, що виникають від тиску власної ваги ґрунту, визначають з допомогою виразу

$$\sigma_{yg} = \sigma_{xy} = \xi \sigma_{zg}, \quad (1.5)$$

де ξ - коефіцієнт бокового тиску ґрунту.

Приклад. 1.1.

Визначити напруження від власної ваги ґрунту для інженерно-геологічних умов будівельного майданчика, що наведено на рис.1.2.

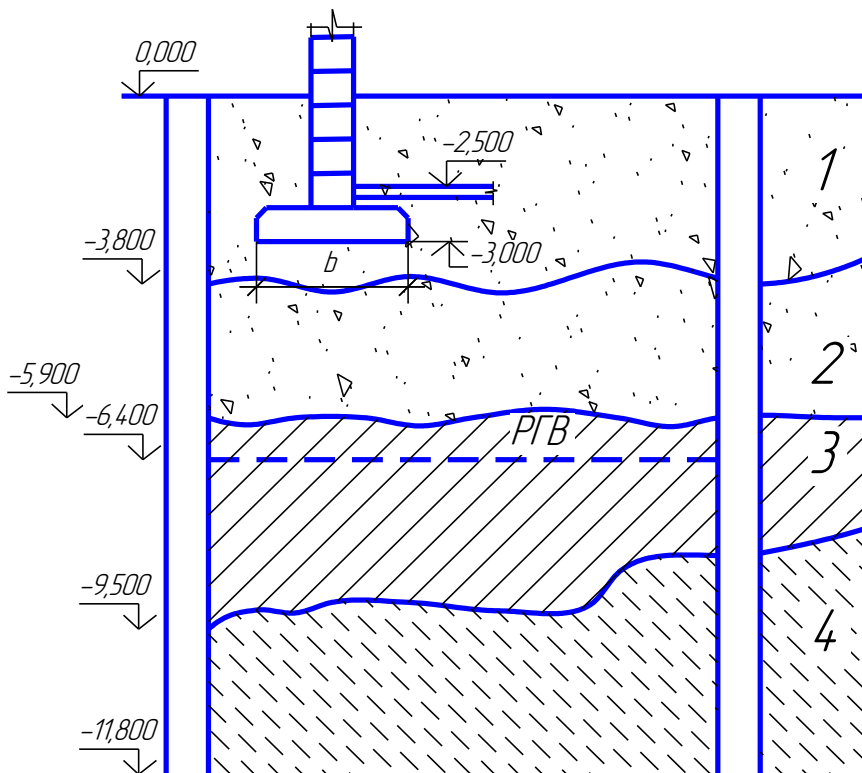


Рисунок 1.2 – Геологічний профіль будівельного майданчика:

- 1 – пісок середньої крупності ($e=0,67$; $\gamma=0,0191$ МН/м³; $h=3,8$ м);
- 2 – пісок пилуватий ($e=0,76$; $\gamma=0,0192$ МН/м³; $h=2,1$ м);
- 3 – супісок пластичний ($e=0,63$; $\gamma=0,0196$ МН/м³; $\gamma_s=0,0272$ МН/м³; $h=3,6$ м);
- 4 – глина напівтверда ($e=0,78$; $\gamma=0,02$ МН/м³; $\gamma_s=0,0273$ МН/м³; $h=2,3$ м).

Вирішення. Скориставшись даними про ґрунтові умови будівельного майданчика, приведеними на рис.1.2, знайдемо питому вагу 3-го шару ґрунту з врахуванням виважуючої дії води по формулі (1.2):

$$\gamma_{sb3} = \frac{(0,0272 - 0,01)}{(1 + 0,63)} = 0,0106 \text{ МН / м}^3$$

Знаходимо значення вертикальних напружень від дії власної ваги по формулі (1.1):

На поверхні землі (позначка 0,000)

$$\sigma_{zg} = 0;$$

На рівні підшови фундаменту (позначка -3,000)

$$\sigma_{zg} = \gamma_1 \cdot d_f; \quad \sigma_{zg} = 0,0191 \cdot 3,0 = 0,057 \text{ МПа};$$

На рівні контакту 1-го і 2-го шарів (позначка -3,800)

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 \cdot h_1; \quad \sigma_{zg1} = 0,0191 \cdot 3,8 = 0,073 \text{ МПа};$$

На рівні контакту 2-го і 3-го шарів (позначка -5,900)

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_2 \cdot h_2; \quad \sigma_{zg2} = 0,073 + 0,0192 \cdot 2,1 = 0,113 \text{ МПа};$$

В 3-му шарі на рівні підземних вод (позначка -6,400)

$$\sigma'_{zg2} = \sigma_{zg2} + \gamma_3 \cdot h_3'; \quad \sigma'_{zg2} = 0,113 + 0,0196 \cdot 0,5 = 0,123 \text{ МПа};$$

На рівні контакту 3-го і 4-го шарів з врахуванням виважуючої дії води (позначка -9,500)

$$\sigma'_{zg3} = \sigma'_{zg2} + \gamma_{sb3} \cdot h_{w3}; \quad \sigma'_{zg3} = 0,123 + 0,0106 \cdot 3,1 = 0,156 \text{ МПа};$$

Нижче 3-го шару супіску залягає глина в напівтвердому стані, що являється водотривом, тому до вертикального напруження на покрівлю глини додається гідростатичний тиск стовпа води, що знаходиться над глиною. Тому:

$$\sigma_w = 0,01 \cdot 3,1 = 0,031 \text{ МПа};$$

Повне вертикальне напруження, що діє на покрівлю глини (позначка -9,500):

$$\sigma_{zg3} = \sigma'_{zg3} + \sigma_w; \quad \sigma_{zg3} = 0,156 + 0,031 = 0,187 \text{ МПа};$$

Вертикальне напруження по підшві 4-го шару глини (позначка -11,800):

$$\sigma_{zg4} = \sigma_{zg3} + \gamma_4 h_4; \quad \sigma_{zg4} = 0,187 + 0,02 \cdot 2,3 = 0,233 \text{ МПа}$$

Будуємо епюру напружень від власної ваги ґрунту (рис.1.3). Вісь z розташовується вертикально. Уздовж осі z відкладаємо значення h_i , величини напружень σ_{zgi} відкладаємо в горизонтальному напрямку, зліва від вісі z . При цьому довільно задаємо масштаби як у вертикальному напрямку так і в горизонтальному.

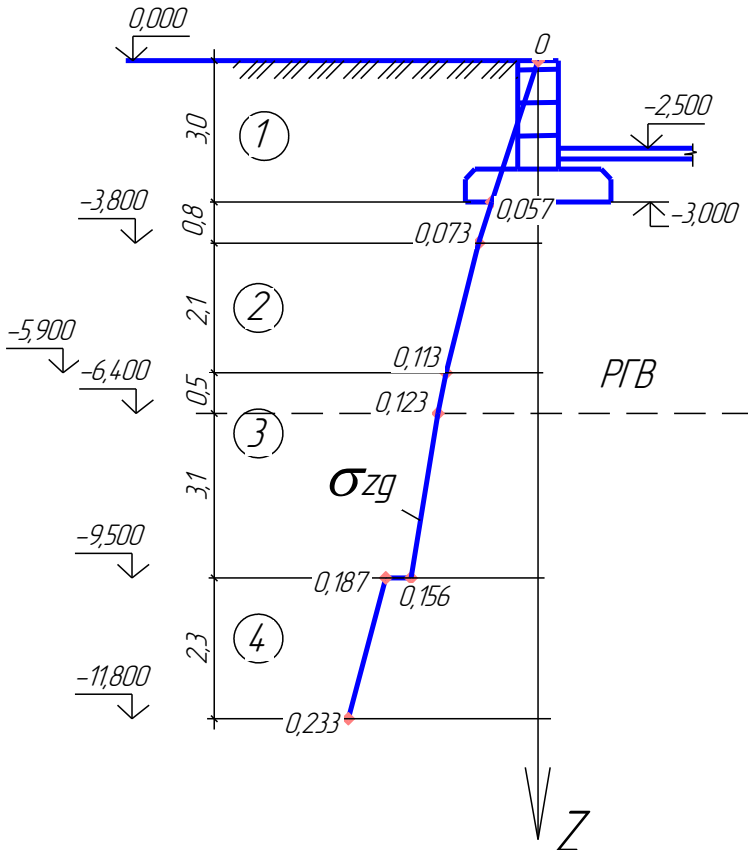


Рисунок 1.3 – Епюра напружень від власної ваги ґрунту.

Практична робота №2

Тема: Визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили.

Мета: Отримати практичні навички щодо визначення вертикальних стискувальних напружень в ґрунті від дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили.

Завдання:

1. Ознайомитись з короткими теоретичними відомостями;
2. Ознайомитися з методикою визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили (див. приклад 2.1);
3. У відповідності до варіанту (див. табл.2.1) побудувати розрахункову схему та виконати розрахунок величин вертикальних стискувальних напружень для глибин z_1 - z_7 ;
4. Побудувати епюру напружень для глибин z_1 - z_7 .
5. Скласти звіт з роботи, де навести основні визначення, поняття, розрахункову схему, безпосередньо сам розрахунок напружень від дії зосередженої сили, епюру напружень;
6. Висновок.

Короткі теоретичні відомості.

Однією із задач механіки ґрунтів, що має важливе значення для встановлення умов міцності і стійкості ґрунтів та їхніх деформацій від дії зовнішніх сил і власної ваги, є визначення напружень у ґрунтовому масиві.

У ґрунтовому масиві постійно діють напруження від власної ваги ґрунту, що спричиняють його деформації. У більшості ґрунтів такі деформації завершуються, як правило, задовго до початку будівництва в процесі формування ґрунтових відкладів. Окрім того, в ґрунті виникають напруження від дії зовнішніх навантажень – будівель та споруд, що призводять до його додаткової деформації.

Для вивчення напружено-деформованого стану дисперсних ґрунтів використовують спрощену модель ґрунтового середовища, згідно якої шари ґрунту основи вважаються однорідними як за мінералогічним і гранулометричним складом, так і за фізичними й механічними властивостями. Залягання шарів ґрунту при цьому вважають горизонтальним за сталой потужності.

У ґрунтах присутні як загальні деформації, властиві всім суцільним тілам, так і деформації, пов'язані з взаємним переміщенням окремих твердих ґрунтових часток та їх агрегатів. Якщо під навантаженням структурні зв'язки не руйнуються, то ґрунт деформується як суцільне тіло. У випадку руйнування структурних зв'язків деформації відбуваються головним чином за рахунок взаємного переміщення окремих часток ґрунту. Тому, окрім загальновідомих закономірностей деформування суцільних тіл, для ґрунтів застосовують ок-

ремі закономірності, що зумовлені їхніми властивостями як дисперсних систем.

Для розв'язання цієї задачі використовують теорію лінійно-деформованого середовища.

У класичній механіці ґрунтів для визначення напружень використовують рішення теорії пружності, що базується на дотриманні лінійної залежності між напруженнями і деформаціями в пружній стадії (закон Гука) з деякими припущеннями і обмеженнями.

Так, за даними компресійних досліджень за тисків, більших від структурної міцності, відбувається не пружне деформування ґрунту – після усунення навантаження він отримує значні залишкові деформації, які не відновлюються після зняття навантаження. Але, зважаючи на те, що в будівельній практиці під час зведення будівель і споруд зазвичай не відбувається розвантаження ґрунту основи, допускають правомірність застосування для ґрунту рішень теорії пружності за умови його одноразового завантаження – так званої теорії лінійно-деформованого середовища.

Ґрунт є дискретним середовищем, яке складається з окремих різних за формою та розміром твердих часток. При цьому спрощену будову ґрунтового масиву можна представити моделлю дискретного середовища (рис.2.1).

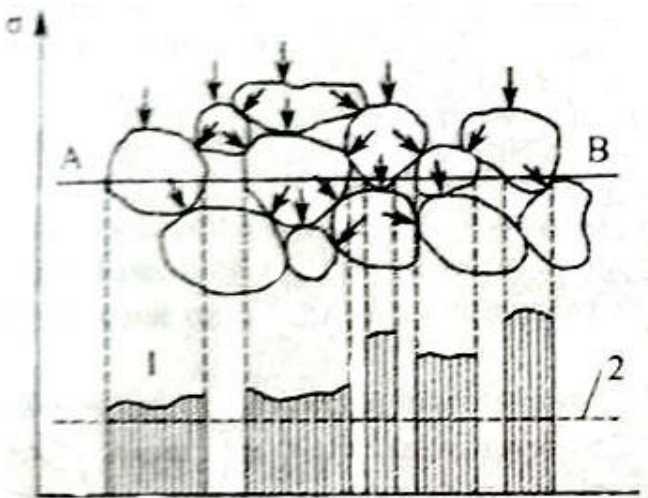


Рисунок 2.1 – Схема розподілу напружень між частками ґрунту:

1 - фактичні напруження у частках ґрунту; 2- середня величина напружень у масиві ґрунту.

Відтак, тиск від навантаження, що прикладене до поверхні ґрунтового масиву, передається ґрунтом від частки до частки через точки контакту та

існуючі структурні зв'язки, а також через плівки зв'язаної води, і розподіляється, у міру заглиблення в ґрунт на все більшу площу. Середня величина зусиль, що діють на окремі частки, при цьому зменшується, тобто відбувається розсіювання або затухання зусиль з глибиною та за віддалення в сторони. Однак напруження в окремих частках і структурних зв'язках між ними у межах будь-якого виділеного перерізу (переріз АВ на рис.2.1) можуть перевищувати їхню міцність і спричиняти руйнування. Але за розгляду напруженого стану ґрунту таку місцеву концентрацію напружень не враховують у зв'язку з тим, що вона визначає лише розташування окремих часток і не впливає на стійкість ґрунтового масиву в цілому.

На відміну від суцільних тіл, у разі оцінювання напружень у ґрунтах, які є дисперсними зернистими системами, реальні сили, прикладені до окремих часток ґрунту заміняють уявними, розподіленими по всьому об'єму або перерізу ґрунтового масиву, у тому числі і в проміжках між частками. Величину цих сил, віднесених до одиниці площі перерізу масиву і приймають за величину напружень в ґрунті (лінія 2 на рис.2.1). Це виправдовується тим, що розміри ґрунтових часток суттєво менші порівняно з розмірами майданчиків, через які тиск від будівель і споруд передається на ґрунт.

За таких умов вважають, що ґрунт є суцільним тілом, і для нього може бути застосована модель суцільного середовища. Оскільки ґрунти – зернисто-дисперсні, пористі матеріали, у більшості випадків їм властива анізотропія, яка зумовлена характером їхнього утворення та попереднім напруженим станом. Проте, для розв'язання інженерних задач приймають, що ґрунт є однорідним та ізотропним тілом, що має однакові властивості в усіх напрямках.

Враховуючи зазначене, за відсутності у ґрунтовому масиві ділянок граничного напруженого стану можна припустити, що існує інтервал напружень, у межах якого ґрунт можна вважати суцільним, однорідним, ізотропним, лінійно-деформованим тілом, яке зазнає одноразового завантаження. За цих умов для визначення усереднених напружень у точці масиву ґрунту допустиме використання рішень теорії пружності.

Мірою кількісної оцінки напружено-деформованого стану масиву ґрунту є напруження, деформації та переміщення, що виникають у ньому від дії зовнішніх (навантаження від споруд) і внутрішніх (власна вага ґрунту) сил. У системі прямокутних координат напружений стан елементарного об'єму ґрунту можна охарактеризувати сукупністю діючих у ньому напружень (рис.2.2):

σ_z - вертикальне нормальне напруження, що діє у напрямі осі z ;

σ_y - горизонтальне нормальне напруження, що діє у напрямі осі y ;

σ_x - горизонтальне нормальне напруження, що діє у напрямі осі x ;

τ_{xy} , τ_{yx} - дотичні напруження, що діють по гранях, паралельних осі z , однакові між собою відповідно до правила "парності напружень" ($\tau_{xy} = \tau_{yx}$);

τ_{zx} , τ_{xz} - однакові дотичні напруження, що діють по гранях, паралельних осі y ($\tau_{zx} = \tau_{xz}$);

τ_{yz} , τ_z - однакові дотичні напруження, що діють по гранях, паралельних осі x ($\tau_{yz} = \tau_{zy}$).

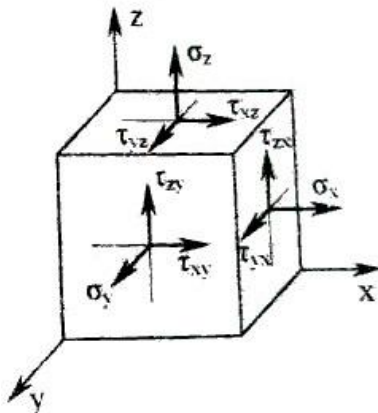


Рисунок 2.2 – Схема розподілу напружень в елементарному об'ємі ґрунту.

Оскільки ґрунти, як правило, дуже погано працюють на розтяг, у механіці ґрунтів, на відміну від механіки суцільного середовища, стискувальні напруження приймають - зі знаком «+», а розтягувальні - зі знаком «-».

Розрізняють два випадки розрахунку напружень:

- в умовах плоскої задачі – від навантажень, які прикладені до умовно нескінчених смуг постійної ширини та є однаково розподілені за довжиною й шириною смуги в будь-якому перерізі (довгі стрічкові фундаменти, основи підпірних стін, дорожніх насипів, дамб, гребель тощо);
- в умовах просторової задачі – від навантажень, розподілених майданчиком, що має обмежені розміри в усіх напрямках (окремо розташовані фундаменти будівель і споруд, опори акведуків, шляхопроводів тощо).

В умовах плоскої задачі для оцінки напруженого стану ґрунту достатньо дослідити розподіл напружень у будь-якому перерізі масиву, перпендикулярному до осі завантаженої смуги, тобто складові напружень змінюються тільки в напрямках осей координат z і x , зберігаючи постійне значення в напрямку осі y .

В умовах просторової задачі напружений стан масиву ґрунту характеризують зміною складових напружень у напрямках усіх трьох осей координат.

Варто підкреслити, що теорія лінійно-деформованого середовища не дозволяє відображати процес деформації ґрунту під дією сили в часі, тобто отримані рішення будуть відповідати початковому (непорушному) і кінцевому (стабілізованому) стану ґрунту.

Визначення напружень у ґрунтах від дії вертикальної зосередженої сили

Дія вертикальної зосередженої сили (основна задача). У 1885 р. французьким вченим Ж. Буссінеском була розв'язана задача про розподілення напружень у ґрунті при дії зосередженої сили. Задача має теоретичний і прикладний характер. Ґрунт у цій задачі уявляється однорідним, ізотропним, лінійно-деформованим напівпростором, що має нескінченне поширення (за глибиною) і горизонтально (в боки).

Розглянемо дію вертикальної зосередженої сили N , прикладеної у точці O до горизонтальної площини, що є поверхнею лінійно-деформованого однорідного напівпростору (рис.2.3). Під дією цієї сили в усіх точках напівпростору виникає складний напружений стан. У загальному випадку в кожній точці буде діяти шість складових напружень σ_z , σ_y , σ_x , τ_{xy} , τ_{zx} , τ_{zy} . Найбільше практичне значення мають напруження, які діють на майданчиках, паралельних до поверхні напівпростору: σ_z , τ_{zy} і τ_{zx} .

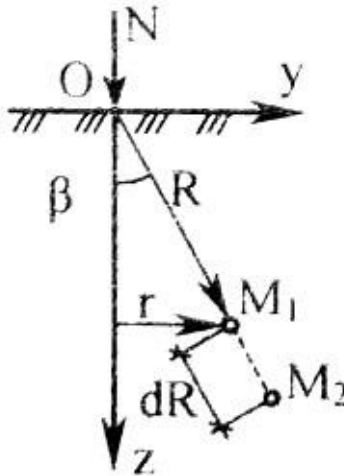


Рисунок 2.3 – Схема дії сили N у горизонтальній площині.

Візьмемо довільну точку M на глибині z і визначимо її положення у прямокутній системі координат. Зрозуміло, що переміщення елементарного об'єму ґрунту в точці M під дією сили N буде тим менше, чим далі вона розташована від точки прикладання сили, тобто обернено пропорційним радіусу R . Одночасно, за одного й того самого значення R переміщення в точці M_1 буде неоднаковим для різних значень кута β . Переміщення в точці M_1 буде максимальним, якщо кут β дорівнює нулю (на осі z). За збільшення кута β переміщення зменшується, і на поверхні ґрунту дорівнюють нулю ($\beta=90^\circ$).

Для виведення формул напруження приймають як постулат, що напруження σ_y пропорційне до $\cos\beta$ і обернено пропорційне до квадрату віддалі точки прикладення сили R^2 . Кінцеві формули мають вигляд:

$$\sigma_z = \frac{3Nz^3}{2\pi R^5}; \quad (2.1)$$

$$\tau_{xy} = \frac{3Nyz^2}{2\pi R^5}; \quad (2.2)$$

$$\tau_z = \frac{3Nxz^2}{2\pi R^5}, \quad (2.3)$$

де x, y, z – координати точки M_1 , м; N – величина зосередженої сили, кН.

Оскільки координати точки M_1 повністю визначаються віддалями Z та r (див. рис.2.3), виразу для розрахунку напружень σ_z можна надати простішого вигляду. Беручи до уваги, що

$$R = \sqrt{z^2 + r^2} = z_1 + \frac{r^{2^{1/2}}}{z} \quad (2.4)$$

отримуємо формулу для визначення вертикальних стискувальних напружень у масиві ґрунту, нормальних для майданчиків, паралельних для обмежувальної напівпростір площини.

$$\sigma_z = \frac{3N}{2\pi 1 + \frac{r^{5/2}}{z} z^2} \quad (2.5)$$

Якщо прийняти, що

$$K = \frac{3}{2\pi 1 + \frac{r^{5/2}}{z} z^2} \quad (2.6)$$

То формула для визначення напружень буде мати вигляд:

$$\sigma_z = \frac{KN}{z^2}, \quad (2.7)$$

де r – віддаль від осі z , що проходить через точку прикладання сили N до точки M_1 , м;

z – глибина від обмежувального майданчика до точки M_1 , м.

Аналогічно можна знайти дотичні напруження:

$$\tau_{zy} = K \frac{N}{y \cdot z}, \quad \tau_{zx} = K \frac{N}{x \cdot z}. \quad (2.8)$$

Для спрощення розрахунків складено допоміжну таблицю значень коефіцієнтів K у формулах (2.7), (2.8) для цілого ряду відношень r/z (табл.2.1).

Визначивши значення напружень в окремих точках масиву, можна побудувати епюри напружень (рис.2.4).

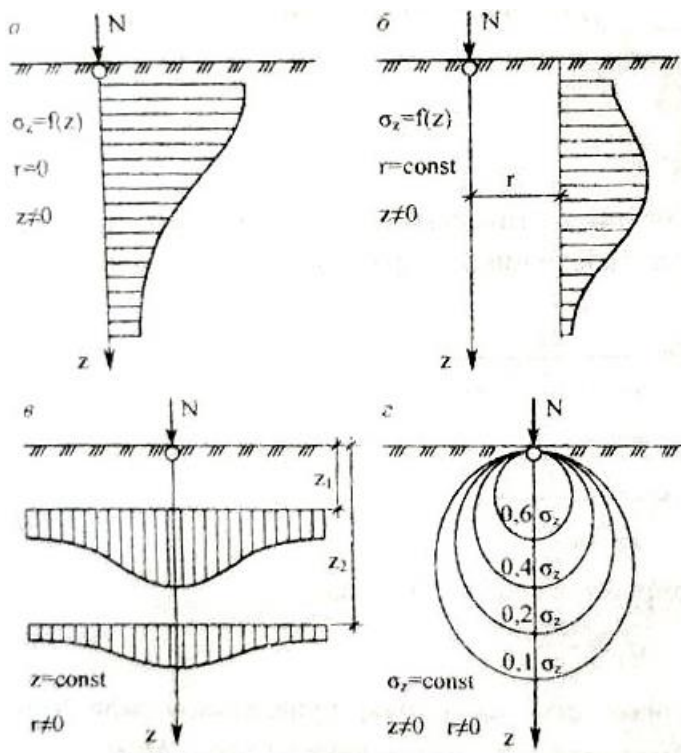


Рисунок 2.4 – Види напружень від зосередженої сили: a – за глибиною по осі z ; b – за глибиною на відстані r ; v – відносно горизонтальної площини; z – лінії рівних напружень (ізобари).

Якщо розглядати характер зміни стискувальних напружень σ_z за глибиною на продовженні лінії дії сили N (рис.2.4,а), можна побачити, що напруження зменшується з глибиною за нелінійним законом, наближаючись до нуля. При цьому на ділянці безпосереднього контакту сили N із ґрунтом спостерігається незначна за розмірами зона, де теоретичні вирази для визначення напружень не можуть бути використані через великі значення напружень, що значно перевищують міцність ґрунту.

Особливістю розподілу стискувальних напружень за глибиною на деякій відстані r від лінії дії сили N (рис.2.4, б) є їх розсіювання. Внаслідок цього максимальне значення σ_z досягається на певній глибині від поверхні з подальшим затуханням.

За визначення зміни напружень у міру віддалення від лінії дії сили по горизонталі будують епюри для необхідних глибин z_1, z_2 , і т. д. (рис.2.4, в).

Максимальне значення напружень спостерігається на осі z і зменшується за криволінійним законом із віддаленням від цієї осі. Що глибше розміщена горизонтальна площина, то менші максимальні значення напружень і криволінійність епюри.

Для визначення розміщення в ґрунті зони однакових напружених станів будують лінії однакових напружень σ_z (ізобари), з'єднуючи точки з однаковими значеннями вертикальних нормальних напружень (рис.2.4, г).

Задача про розподіл напружень у ґрунті при дії зосередженої сили має теоретичний і прикладний характер. Так, формулу (2.7) застосовують в інженерній практиці при розрахунках осідань фундаментів, при визначенні напружень на поверхні підстеляючого шару ґрунту, тощо.

Завдання для виконання розрахункової частини практичної роботи №2.

Задача 2.1. Визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили.

Вихідні дані для виконання розрахункової частини практичної роботи наведені в табл.2.1.

Приклад розв'язання задачі 2.1. *Визначення вертикальних стискувальних напружень в ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили.*

На плоску поверхню масиву ґрунту прикладена зосереджена сила $N = 200$ кН (рис.2.5). Визначити вертикальне напруження стику в точках M_1 та M_2 , які розміщені на глибині $z_1=0,8$ м., та $z_2=1,6$ м (відповідно) від поверхні і на відстані $r=1,2$ м від точки прикладання сили.

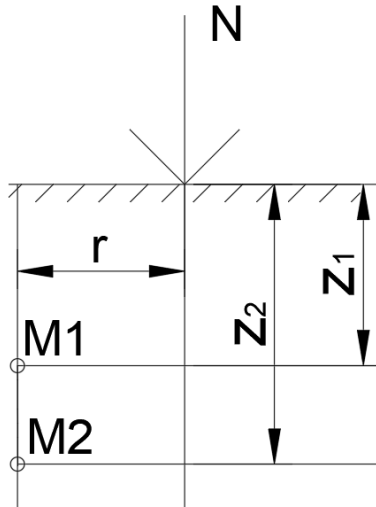


Рисунок 2.5 – Схема дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили.

Для точки M_1 маємо координати: $z=0,8\text{м}$; $r=1,2\text{м}$. Коефіцієнт K визначаємо або за формулою (2.6), або з табл.2.2 за числовим значенням співвідношення $r/z=1,2/0,8=1,50$ (округлюємо до двох знаків після коми). Тоді, відповідно, $K = 0,0251$ (чотири знаки після коми). Згідно формули (2.7), вертикальне напруження стиску дорівнює: $\sigma_1=(0,0251 \times 200)/0,8^2 = 7,84\text{кН/м}^2$ (округлюємо до двох знаків після коми).

Координати точки M_2 : $z=1,6\text{м}$; $r=1,2\text{м}$. Коефіцієнт K визначаємо з табл.2.2 за числовим значенням співвідношення $r/z=1,2/1,6=0,75$. Тоді, відповідно, $K = 0,1565$. Згідно формули (2.7), вертикальне напруження стиску буде становити: $\sigma_2= (0,1565 \times 200)/1,6^2 = 12,23\text{ кН/м}^2$.

Аналогічно визначають величини стискувальних напружень у всіх заданих точках.

За отриманими результатами будують епюру розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили (рис.2.6).

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку напружень

№ варіанта	N ,Кн	Відстань по горизонталі г від осі дії сили до розглядуваної точки (r=const), м	Глибина з розташування розглядуваної точки, м						
			z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅	z ₆	z ₇
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	0,4	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
2	125	0,5	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
3	150	0,6	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
4	175	0,7	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6
5	200	0,8	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
6	225	0,9	1	2	3	4	5	6	7
7	250	1	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
8	275	1,1	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
9	300	1,2	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
10	325	1,3	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
11	350	1,4	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
12	375	1,5	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
13	400	0,4	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
14	425	0,5	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
15	450	0,6	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
16	475	0,7	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
17	500	0,8	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
18	525	0,9	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
19	550	1	1	2	3	4	5	6	7
20	575	1,1	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
21	600	1,2	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6
22	625	1,3	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
23	650	1,4	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
24	675	1,5	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
25	700	1	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
26	725	1,1	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
27	750	1,2	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
28	775	1,3	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
29	800	1,4	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
30	825	1,5	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
31	850	0,5	1	2	3	4	5	6	7
32	875	0,6	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
33	900	0,7	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6
34	925	0,8	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
35	950	0,9	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
36	975	1	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
37	100	0,8	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
38	125	1	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
39	150	1,2	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
40	175	1,4	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6

Продовження таблиці 2.1.

41	200	1,6	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
42	225	1,8	1	2	3	4	5	6	7
43	250	2	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
44	275	2,2	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
45	300	2,4	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
46	325	2,6	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
47	350	2,8	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
48	375	3	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
49	400	0,8	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
50	425	1	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
51	450	1,2	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
52	475	1,4	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
53	500	1,6	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
54	525	1,8	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
55	550	2	1	2	3	4	5	6	7
56	575	2,2	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
57	600	2,4	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6
58	625	2,6	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
59	650	2,8	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
60	675	3	-	1	1,5	2	2,5	3	3,5
61	700	2	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
62	725	2,2	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
63	750	2,4	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
64	775	2,6	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
65	800	2,8	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
66	825	3	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
67	850	2	1	2	3	4	5	6	7
68	875	2,2	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
69	900	2,4	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6
70	925	2,6	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
71	950	2,8	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
72	975	3	-	1	1,5	2	2,5	3	3,5
73	100	1,2	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
74	125	1,5	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
75	150	1,8	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
76	175	2,1	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6
77	200	2,4	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
78	225	2,7	1	2	3	4	5	6	7
79	250	3	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
80	275	3,3	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
81	300	3,6	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
82	325	3,9	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
83	350	4,2	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
84	375	4,5	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
85	400	1,2	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
86	425	1,5	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
87	450	1,8	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
88	475	2,1	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
89	500	2,4	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
90	525	2,7	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
91	550	3	1	2	3	4	5	6	7
92	575	3,3	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
93	600	3,6	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6

Продовження таблиці 2.1.

94	625	3,9	-	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
95	650	4,2	-	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
96	675	4,5	-	1	1,5	2	2,5	3	3,5
97	700	3	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2
98	725	3,3	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
99	750	3,6	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
100	775	3,9	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
101	800	4,2	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
102	825	4,5	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
103	850	1,5	1	2	3	4	5	6	7
104	875	1,8	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3
105	900	2,1	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6
106	925	2,4	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
107	950	2,7	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2
108	975	3	-	1	1,5	2	2,5	3	3,5

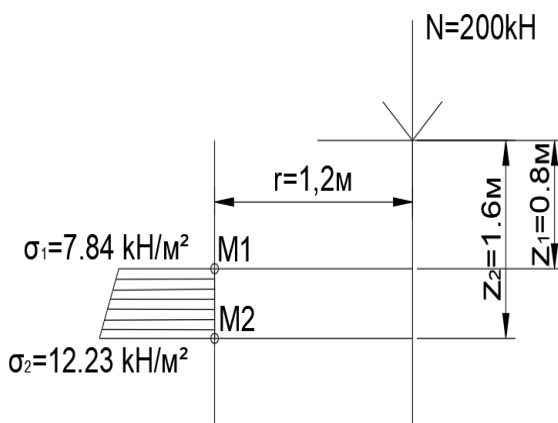


Рисунок 2.6 – Епюра розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній відстані від лінії дії сили.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта K залежно від співвідношення r/z .

r/z	K	r/z	K	r/z	K	r/z	K
0	0,4775	0,5	0,2733	1	0,0844	1,5	0,0251
0,01	0,4773	0,51	0,2679	1,01	0,0823	1,51	0,0245
0,02	0,4770	0,52	0,2625	1,02	0,0803	1,52	0,0239
0,03	0,4764	0,53	0,2571	1,03	0,0783	1,53	0,0234
0,04	0,4756	0,54	0,2518	1,04	0,0764	1,54	0,0229
0,05	0,4745	0,55	0,2466	1,05	0,0745	1,55	0,0224
0,06	0,4732	0,56	0,2414	1,06	0,0727	1,56	0,0219
0,07	0,4717	0,57	0,2363	1,07	0,0709	1,57	0,0214
0,08	0,4699	0,58	0,2313	1,08	0,0691	1,58	0,0209
0,09	0,4679	0,59	0,2263	1,09	0,0674	1,59	0,0204
0,1	0,4657	0,6	0,2214	1,1	0,0658	1,6	0,0200
0,11	0,4633	0,61	0,2165	1,11	0,0641	1,61	0,0195
0,12	0,4607	0,62	0,2117	1,12	0,0626	1,62	0,0191
0,13	0,4579	0,63	0,2070	1,13	0,0610	1,63	0,0187
0,14	0,4548	0,64	0,2024	1,14	0,0595	1,64	0,0183
0,15	0,4516	0,65	0,1978	1,15	0,0581	1,65	0,0179
0,16	0,4482	0,66	0,1934	1,16	0,0567	1,66	0,0175
0,17	0,4446	0,67	0,1889	1,17	0,0553	1,67	0,0171
0,18	0,4409	0,68	0,1846	1,18	0,0539	1,68	0,0167
0,19	0,4370	0,69	0,1804	1,19	0,0526	1,69	0,0164
0,2	0,4329	0,7	0,1762	1,2	0,0513	1,7	0,0160
0,21	0,4286	0,71	0,1721	1,21	0,0501	1,72	0,0153
0,22	0,4243	0,72	0,1681	1,22	0,0489	1,74	0,0147
0,23	0,4197	0,73	0,1641	1,23	0,0477	1,76	0,0140
0,24	0,4151	0,74	0,1602	1,24	0,0465	1,78	0,0135
0,25	0,4103	0,75	0,1565	1,25	0,0454	1,8	0,0129
0,26	0,4054	0,76	0,1527	1,26	0,0443	1,82	0,0124
0,27	0,4004	0,77	0,1491	1,27	0,0433	1,84	0,0119
0,28	0,3954	0,78	0,1455	1,28	0,0422	1,86	0,0114
0,29	0,3902	0,79	0,1420	1,29	0,0412	1,88	0,0109
0,3	0,3849	0,8	0,1386	1,3	0,0402	1,9	0,0105
0,31	0,3796	0,81	0,1353	1,31	0,0393	1,92	0,0100
0,32	0,3742	0,82	0,1320	1,32	0,0383	1,94	0,0096
0,33	0,3687	0,83	0,1288	1,33	0,0374	1,96	0,0093
0,34	0,3632	0,84	0,1257	1,34	0,0365	1,98	0,0089
0,35	0,3577	0,85	0,1226	1,35	0,0357	2	0,0085

Продовження таблиці 2.2.

0,36	0,3521	0,86	0,1196	1,36	0,0348	2,1	0,0070
0,37	0,3464	0,87	0,1167	1,37	0,0340	2,2	0,0058
0,38	0,3408	0,88	0,1138	1,38	0,0332	2,3	0,0048
0,39	0,3351	0,89	0,1111	1,39	0,0324	2,4	0,0040
0,4	0,3295	0,9	0,1083	1,4	0,0317	2,5	0,0034
0,41	0,3238	0,91	0,1057	1,41	0,0309	2,6	0,0028
0,42	0,3181	0,92	0,1031	1,42	0,0302	2,7	0,0024
0,43	0,3124	0,93	0,1005	1,43	0,0295	2,8	0,0021
0,44	0,3068	0,94	0,0981	1,44	0,0288	2,9	0,0018
0,45	0,3011	0,95	0,0956	1,45	0,0282	3	0,0015
0,46	0,2955	0,96	0,0933	1,46	0,0275	3,5	0,0007
0,47	0,2899	0,97	0,0910	1,47	0,0269	4	0,0004
0,48	0,2843	0,98	0,0887	1,48	0,0263	4,5	0,0002
0,49	0,2788	0,99	0,0865	1,49	0,0257	5	0,0001

Практична робота №3

Тема: Визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній глибині.

Мета: Отримати практичні навички щодо визначення вертикальних стискувальних напружень в ґрунті від дії зосередженої сили на постійній глибині.

Завдання:

1. Ознайомитись з короткими теоретичними відомостями;
2. Ознайомитись з методикою визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній глибині (див. приклад 3.1);
3. У відповідності до варіанту (див. табл.3.1) побудувати розрахункову схему та виконати розрахунок величин вертикальних стискувальних напружень для відстаней по горизонталі від осі дії сили r_1 - r_7 ;
4. Побудувати епюру напружень для r_1 - r_7 .
5. Скласти звіт з роботи, де навести основні визначення, поняття, розрахункову схему, безпосередньо сам розрахунок напружень від дії зосередженої сили, епюру напружень;
6. Висновок.

Короткі теоретичні відомості.

Короткі теоретичні відомості для практичних робіт 2 і 3 спільні (див. практичну роботу №2).

Завдання для виконання розрахункової частини практичної роботи №3.

Задача 3.1. Визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній глибині.

Вихідні дані для виконання розрахункової частини практичної роботи наведені в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку напружень

№ вар.	N, кН	Глибина z розташування розглядуваної точки ($z = const$), м	Відстань по горизонталі r від осі дії сили до розглядуваної точки, м						
			r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	1	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
2	125	1,1	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
3	150	1,2	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
4	175	1,3	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	200	1,4	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
6	225	1,5	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
7	250	1,6	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
8	275	1	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
9	300	1,1	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,5
10	325	1,2	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
11	350	1,3	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
12	375	1,4	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
13	400	1,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
14	425	1,6	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
15	450	1	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
16	475	1,1	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
17	500	1,2	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
18	525	1,3	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
19	550	1,4	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
20	575	1,5	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
21	600	1,6	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
22	625	1	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
23	650	1,1	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
24	675	1,2	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
25	700	1,3	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
26	725	1,4	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
27	750	1,5	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
28	775	1,6	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
29	800	1,0	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
30	825	1,1	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
31	850	1,2	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
32	875	1,3	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
33	900	1,4	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
34	100	1,0	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
35	125	1,1	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
36	150	1,2	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
37	175	1,3	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
38	200	1,4	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
39	225	1,5	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
40	250	1,6	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
41	275	1,0	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
42	300	1,1	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	325	1,2	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
44	350	1,3	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
45	375	1,4	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
46	400	1,5	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
47	425	1,6	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
48	450	1,0	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
49	475	1,1	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
50	500	1,2	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
51	525	1,3	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
52	550	1,4	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
53	575	1,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
54	600	1,6	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
55	625	1,0	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
56	650	1,1	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
57	675	1,2	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
58	700	1,3	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
59	725	1,4	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
60	750	1,5	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
61	775	1,6	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
62	800	1,0	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
63	825	1,1	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
64	850	1,2	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
65	875	1,3	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
66	900	1,4	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
67	100	1,0	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
68	125	1,1	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
69	150	1,2	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
70	175	1,3	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
71	200	1,4	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
72	225	1,5	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
73	250	1,6	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
74	275	1,0	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
75	300	1,1	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
76	325	1,2	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
77	350	1,3	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
78	375	1,4	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
79	400	1,5	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
80	425	1,6	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
81	450	1,0	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
82	475	1,1	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
83	500	1,2	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
84	525	1,3	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
85	550	1,4	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
86	575	1,5	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
87	600	1,6	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
88	625	1,0	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
89	650	1,1	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
90	675	1,2	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
91	700	1,3	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
92	725	1,4	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
93	750	1,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
94	775	1,6	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
95	800	1,0	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2
96	825	1,1	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
97	850	1,2	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
98	875	1,3	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
99	900	1,4	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6
100	925	1,5	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2

Приклад розв'язання задачі 3.1. *Визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній глибині.*

На плоску поверхню масиву ґрунту прикладена зосереджена сила $N = 150 \text{ кН}$ (рис.3.1). Визначити вертикальне напруження стиску в точках M_0 , M_1 та M_2 , які розміщені на глибині $z=1,1 \text{ м}$ від поверхні і на відстані $r_0=0 \text{ м}$, $r_1=0,7 \text{ м}$. та $r_2=1,4 \text{ м}$. від точки прикладання сили (відповідно).

Для точки M_0 маємо координати: $z=1,1 \text{ м}$; $r_0=0 \text{ м}$. Коефіцієнт K визначаємо або за формулою (2.6), або з табл.2.2 за числовим значенням співвідношення $r/z=0/1,1=0$. Тоді, відповідно, $K=0,4775$ (чотири знаки після коми). Згідно формули (2.7), вертикальне напруження стиску дорівнює: $\sigma_0=(0,4775 \times 150)/1,1^2 = 59,19 \text{ кН/м}^2$ (Округлюємо до двох знаків після коми).

Координати точки M_1 : $z=1,1 \text{ м}$; $r_1=0,7 \text{ м}$. Коефіцієнт K визначаємо з табл.2.2 за числовим значенням співвідношення $r/z=0,7/1,1=0,64$. Тоді, відповідно, $K = 0,2024$. Згідно формули (2.7), вертикальне напруження стиску буде становити $\sigma_1=(0,2024 \times 150)/1,1^2 = 25,09 \text{ кН/м}^2$.

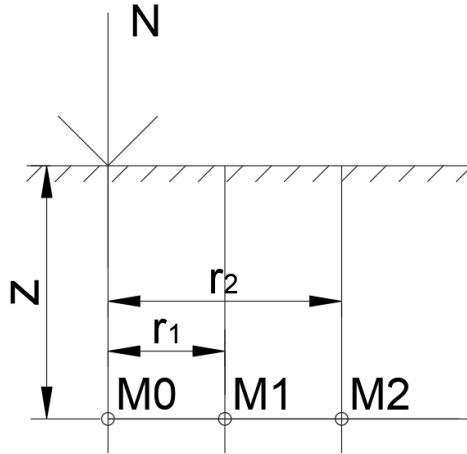


Рисунок 3.1 – Схема дії зосередженої сили на постійній глибині.

Координати точки M_2 : $z=1,1\text{м}$; $r_2=1,4\text{м}$. Коефіцієнт K визначаємо з табл.2.2 за числовим значенням співвідношення $r/z=1,4/1,1=1,27$. Тоді, відповідно, $K=0,0433$. Згідно формули (2.7), вертикальне напруження стиску буде становити $\sigma_2=(0,0433 \times 150)/1,1^2 = 5,37\text{кН/м}^2$.

Аналогічно визначають величини стискувальних напружень у всіх заданих точках.

За отриманими результатами будують епюру розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній глибині (рис.3.2).

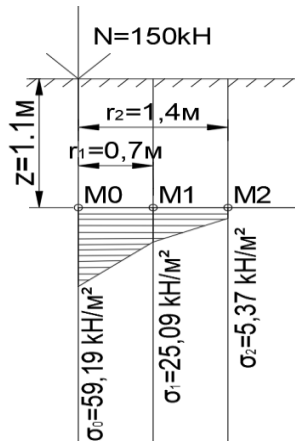


Рисунок 3.2 – Епюра розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії зосередженої сили на постійній глибині.

Практичні роботи № 4-7

(дані 4-ри роботи розраховані на 8 годин)

Тема: Визначення напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого по прямокутній площі навантаження.

Мета: Отримати практичні навички щодо визначення напружень в ґрунті від дії рівномірно розподіленого навантаження по прямокутній площі навантаження.

Завдання:

1. Ознайомитись з короткими теоретичними відомостями;
2. Ознайомитися з методикою визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого навантаження по прямокутній площі. (див. приклади 4, 5, 6, 7);
3. У відповідності до варіанту (див. табл.4.2) побудувати розрахункову схему та виконати розрахунок величин вертикальних стискувальних напружень в точці M , що розташована: посередині прямокутної площі завантаження, точка M розташована на контурі завантаженої прямокутної площі, точка M знаходиться в довільному місці в межах прямокутної площі завантаження, точка M знаходиться поза межами прямокутної площі завантаження;
4. Побудувати епюру напружень;
5. Скласти звіт з роботи, де навести основні визначення, поняття, розрахункову схему, безпосередньо сам розрахунок напружень від дії рівномірно розподіленого по прямокутній площі навантаження;
6. Висновок.

Короткі теоретичні відомості.

У справжніх умовах роботи споруд навантаження на ґрунт не передаються у вигляді зосереджених сил, а розподіляються на майданчиках обмежених розмірів.

У випадку прямокутного майданчика і рівномірно розподіленого навантаження розв'язання задачі для визначення вертикальних нормальних напружень існує лише для точок, що розміщуються на вертикалях, які проходять через центр майданчика та його кути.

Стискаюче напруження для кутових точок буде становити:

$$\sigma_{zc} = \frac{p}{2\pi} \left[\frac{lbz}{D} \cdot \frac{l^2 + b^2 + 2z^2}{D^2 x^2 + l^2 b^2} + \arcsin \left(\frac{lb}{\sqrt{r^2 + z^2} \cdot \sqrt{b^2 + z^2}} \right) \right], \quad (4.1)$$

де p – інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження;

l, b – відповідно довжина і ширина майданчика;

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = l^2 + b^2 + z^2 = r^2,$$

Аналогічно визначають напруження σ_{zO} під центром завантаженого прямокутного майданчика.

Оскільки формули для визначення напружень у точках масиву ґрунту від дії місцевого рівномірно розподіленого навантаження мають дуже громіздкий вигляд, для полегшення розрахунків їх приводять до вигляду:

$$\sigma_{zO} = \alpha \cdot p, \quad (4.2)$$

$$\sigma_{zc} = 0,25\alpha \cdot p; \quad (4.3)$$

де σ_{zO} , σ_{zc} - напруження, відповідно, під центром та у будь якій точці (яка не проходить через центр або кут навантаженого прямокутного майданчика) прямокутного фундаменту. Напруження σ_{zO} , σ_{zc} називають відповідно центральними та кутовими; α - кутовий коефіцієнт розподілу тиску заглибленої основи, який залежить від співвідношення сторін прямокутної площадки завантаження $\eta = l/b$ і відносної глибини, яка дорівнює $\xi = 2z/b$ за визначенням σ_{zO} і $\xi = z/b$ за визначенням σ_{zc} . Значення кутового коефіцієнта α як функції від співвідношення сторін майданчика $\eta = l/b$ і від глибини $\xi = 2z/b$ визначають за табл. 4.1.

$$\alpha_0 = f(2z/b \quad l/b), \quad (4.4)$$

$$\alpha = f(z/b \quad l/b). \quad (4.5)$$

Вертикальні нормальні стискаючі напруження в будь-яких точках напівпростору, які лежать на вертикалі, що не проходить через центр або кут навантаженого прямокутного майданчика, визначають за допомогою методу кутових точок. Метод кутових точок базується на формулах (4.2), (4.3), і застосовується у разі, якщо завантажений майданчик може бути розбитий на такі прямокутники, щоб розглядувана точка виявилася кутовою. Тоді вертикальне нормальне стискаюче напруження в цій точці дорівнюватиме алгебраїчній сумі навантажень від прямокутних площ завантаження, для яких ця точка буде кутовою. Розглянемо три можливі випадки застосування цього методу (рис.4.1).

Таблиця 4.1 – Значення кутових коефіцієнтів α для підрахунку вертикальних стискуючих напружень.

β		Прямокутний фундамнт α=l/b										Фундамент		
z/b	2z/b	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2	4	5	стрічковий	круглий
0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,4		0,96	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,777	0,949
0,8		0,8	0,83	0,848	0,859	0,866	0,87	0,875	0,876	0,879	0,88	0,881	0,881	0,756
1,2		0,606	0,652	0,682	0,703	0,717	0,727	0,74	0,746	0,749	0,753	0,754	0,755	0,547
1,6		0,449	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,623	0,639	0,63	0,639	0,642	0,39
2		0,336	0,379	0,414	0,441	0,463	0,481	0,505	0,52	0,529	0,54	0,545	0,55	0,285
2,4		0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,473	0,449	0,462	0,47	0,477	0,214
2,8		0,201	0,232	0,26	0,284	0,304	0,321	0,35	0,369	0,383	0,4	0,41	0,42	0,165
3,2		0,16	0,187	0,21	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,36	0,374	0,13
3,6		0,13	0,153	0,173	0,192	0,209	0,224	0,25	0,27	0,285	0,305	0,32	0,337	0,106
4		0,108	0,127	0,145	0,161	0,176	0,19	0,214	0,233	0,248	0,27	0,285	0,306	0,087
4,4		0,091	0,107	0,122	0,137	0,15	0,163	0,185	0,203	0,218	0,239	0,256	0,28	0,073
4,8		0,077	0,092	0,105	0,118	0,13	0,141	0,161	0,178	0,192	0,213	0,23	0,258	0,062
5,2		0,066	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,157	0,17	0,191	0,208	0,239	0,053
5,6		0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,139	0,152	0,172	0,189	0,223	0,046
6		0,051	0,06	0,07	0,078	0,087	0,095	0,11	0,124	0,136	0,155	0,172	0,208	0,04
6,4		0,045	0,053	0,062	0,07	0,077	0,085	0,098	0,111	0,122	0,141	0,158	0,196	0,036
6,8		0,04	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076	0,088	0,1	0,11	0,128	0,144	0,184	0,032
7,2		0,036	0,042	0,049	0,056	0,062	0,068	0,08	0,09	0,1	0,117	0,133	0,175	0,028
7,6		0,032	0,038	0,044	0,05	0,056	0,062	0,072	0,082	0,091	0,107	0,123	0,166	0,024
8		0,029	0,035	0,04	0,046	0,051	0,056	0,066	0,075	0,084	0,098	0,113	0,158	0,022
8,4		0,026	0,032	0,037	0,042	0,046	0,051	0,06	0,069	0,077	0,091	0,105	0,15	0,021
8,8		0,024	0,029	0,034	0,038	0,042	0,047	0,055	0,063	0,07	0,084	0,098	0,144	0,019
9,2		0,022	0,026	0,031	0,035	0,039	0,043	0,051	0,058	0,065	0,078	0,091	0,137	0,018
9,6		0,02	0,024	0,028	0,032	0,036	0,04	0,047	0,054	0,06	0,072	0,085	0,132	0,016
10		0,019	0,022	0,026	0,03	0,033	0,037	0,044	0,05	0,056	0,067	0,079	0,126	0,015
11		0,017	0,02	0,023	0,027	0,029	0,033	0,04	0,044	0,05	0,06	0,071	0,114	0,011
12		0,015	0,018	0,02	0,024	0,026	0,028	0,034	0,038	0,044	0,051	0,06	0,104	0,009

*Примітки: 1. Обов'язкова умова $l > b$. 2. Для фундаментів підшва яких має форму правильного багатокутника з площею A значення α приймають як для круглих фундаментів, радіусом $r = \sqrt{A/\pi}$. 3. Для проміжних значень ζ і η коефіцієнт α знаходять інтерполяцією.

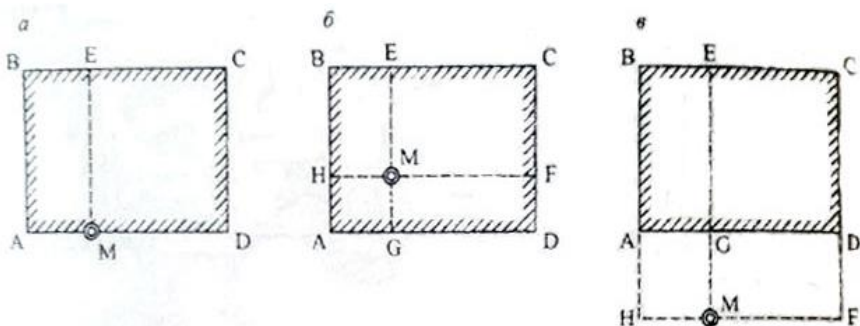


Рисунок 4.1 – Схеми розбивання прямокутного майданчика, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням, за визначення вертикальних нормальних стискаючих напружень за методом кутових точок: *а* – точка *М* розташована на контурі майданчика; *б* – точка *М* розташована в середині майданчика; *в* – точка *М* розташована за межами майданчика.

Точка *М* лежить на контурі (одній зі сторін) прямокутника навантаженого майданчика (рис.4.1, а). Застосовуючи принцип незалежності дії сил, значення σ_z у будь-якій точці на вертикалі *М* визначають як суму двох кутових напружень, які виникають у розглядуваній точці від дії навантаження, розподіленого по прямокутних майданчиках *МABE* і *MECD*:

$$\sigma_z = 1/4(\alpha_{MABE} + \alpha_{MECD})p. \quad (4.6)$$

Якщо точка *М* розміщується в середині прямокутника навантаженого майданчика (рис.4.1, б), значення σ_z визначають як суму чотирьох кутових напружень, які виникають у розглядуваній точці від дії навантаження, розподіленого прямокутними майданчиками *MHAG*, *MHBE*, *MECF* і *MFDG*, для яких точка *М* є кутовою:

$$\sigma_z = 1/4(\alpha_{MHAG} + \alpha_{MHBE} + \alpha_{MECF} - \alpha_{MFDG})p. \quad (4.7)$$

Коли точка *М* розташована поза межами прямокутника навантаженого майданчика (рис. 4.1, в), її можна вважати кутовою точкою фіктивних навантажень на *MHBE*, *MECF*, *MHAG*, *MGDF*. У цьому випадку σ_z визначають як суму чотирьох кутових напружень, але кутові напруження, які виникають у розглядуваній точці від дії навантаження, розподіленого майданчиками *MHBE* і *MECF* – беруть зі знаком «плюс», а від дії навантаження, розподіленого майданчиками *MHAG* і *MGDF* – зі знаком «мінус»

$$\sigma_z = 1/4(\alpha_{MHBE} + \alpha_{MECF} - \alpha_{MHAG} - \alpha_{MGDF})p. \quad (4.8)$$

Методом кутових точок можна визначати напруження σ_z і у тому випадку, коли навантаження рівномірно-розподілене на майданчику, що має складне окреслення. Коли навантаження рівномірно розподілене майданчиками, що мають у плані форму кола або багатокутника, то їх із достатньою для практики точністю замінюють рівновеликими квадратними майданчиками, покладаючи, що $l = b = \bar{A}$ (де A – площа фактичного навантаження). Цей спосіб можна використовувати й тоді, коли навантаження на майданчику розподілене нерівномірно. В цьому разі майданчик розбивають на частини, вважаючи, що на кожній із них навантаження розподілене рівномірно.

Приклади розв’язання задачі. *Визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно-розподіленого навантаження методом кутових точок.*

Приклад 4.1.

На поверхню прямокутного фундаменту (ABCD) розміром 4х6 м діє рівномірно розподілене площею навантаження $p=1,50$ МПа (рис. 1). Визначити вертикальне напруження стиску в точках M_0 та M_1 , які знаходяться під центром завантаження на глибині $z_0=0$ м та $z_1=1$ м (відповідно) від рівня поверхні.

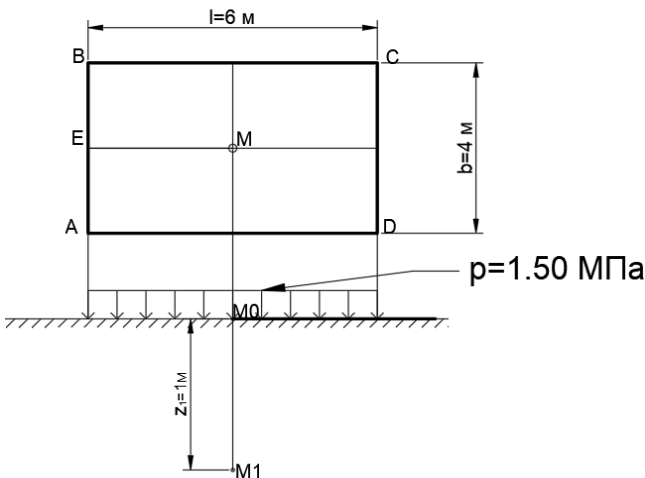


Рисунок 1 – Схема розташування точки M за дії рівномірно розподіленого площею навантаження на поверхню прямокутного фундаменту, що знаходиться під центром завантаження.

Знаходимо значення кутового коефіцієнта α_0 з табл.4.1:

$$L = f\left(\frac{2-z_0}{b}; \quad l/b\right) = f\left(\frac{2-0}{4}; \quad 6/4\right) = (0,50; \quad 1,50)$$

За інтерполяцією $\alpha_0=1,000$ (три знаки після коми).

Згідно формули (4.2): $\sigma_{z0}=1,000*1,5=1,50$ МПа.

Знаходимо значення кутового коефіцієнта α_1 за табл. 4.1:

$$L = f\left(\frac{2-z_1}{b}; \quad l/b\right) = f\left(\frac{2-1}{4}; \quad 6/4\right) = (0,25; \quad 1,50)$$

За інтерполяцією $\alpha_1=0,943$ (три знаки після коми).

Згідно формули (4.2): $\sigma_{z1}=0,943*1,5=1,41$ МПа (два знаки після коми).

Аналогічно визначають величини стискувальних напружень у всіх заданих точках.

За отриманими результатами будують епюру розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого навантаження, визначену методом кутових точок (рис.2).

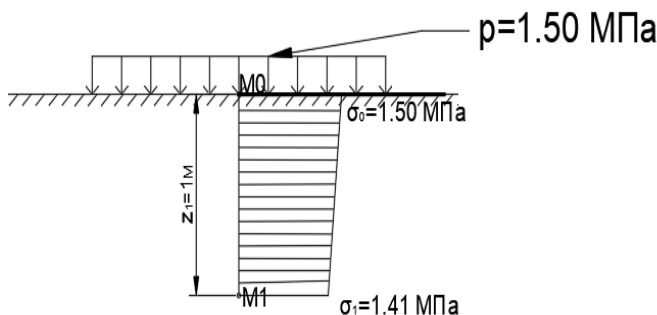


Рисунок 2 – Епюра розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого навантаження, визначена методом кутових точок – точка M знаходиться під центром завантаження.

Приклад 5.1.

На поверхню прямокутного фундаменту ($ABCD$) розміром 4×6 м діє рівномірно розподілене площею навантаження $p=1,00$ МПа (рис. 3). Визначити вертикальне напруження стиску в точках M_0 та M_1 , які знаходяться на глибинах $z_0=0$ м та $z_1=4,8$ м (відповідно) від рівня поверхні. Відстань $EM=4$ м.

Згідно методу кутових точок розбиваємо прямокутний майданчик на

два окремі прямокутники, для яких т. M є кутовою, та визначаємо розміри кожного окремого прямокутника. Згідно умови задачі $ABME=EMCD=4 \times 3$ м. Знаходимо коефіцієнти за табл. 4.1:

$$\alpha_{0ABME} = \alpha_{0EMCD} = f\left(\frac{z_0}{b}; \frac{l}{b}\right) = f\left(\frac{0}{3}; \frac{4}{3}\right) = f(0; 1,33);$$

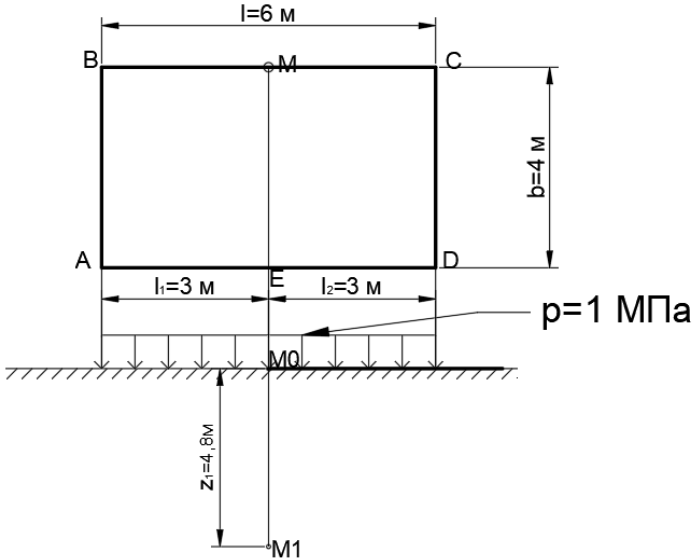


Рисунок 3 – Схема розташування точки M за дії рівномірно розподіленого навантаження на поверхню прямокутного фундаменту, що знаходиться посередині на краю фундаменту.

Шляхом інтерполяції знаходимо значення кутового коефіцієнта α_0 за табл.4.1: $\alpha_0=1,000$ (три знаки після коми). Згідно формули (4.6):

$$\sigma_{z0}=0,25 \cdot (1,000+1,000) \cdot 1,00=0,50 \text{ МПа (два знаки після коми).}$$

Знаходимо значення кутового коефіцієнта α_1 з табл.4.1:

$$L = f\left(\frac{x_1}{b}; \frac{l}{b}\right) = f\left(\frac{4,8}{3}; \frac{4}{3}\right) = (1,60; 1,33)$$

За інтерполяцією $\alpha_1=0,519$ (три знаки після коми).

Згідно формули (4.6):

$$\sigma_{z1}=0,25 \cdot (0,519+0,519) \cdot 1,00=0,26 \text{ МПа (два знаки після коми).}$$

Аналогічно визначають величини стискувальних напружень у всіх заданих точках.

За отриманими результатами будують епюру розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого навантаження, визначену методом кутових точок (рис.4).

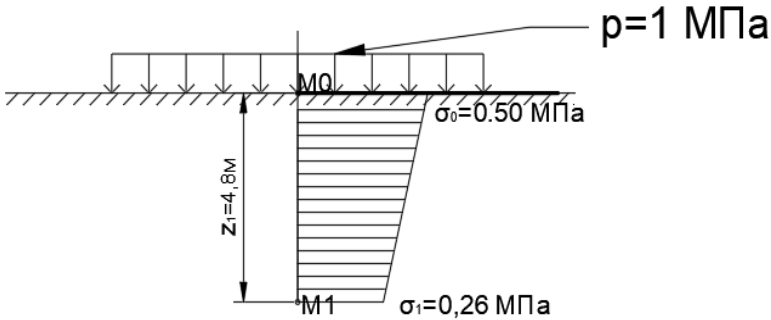


Рисунок 4 – Епюра розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого навантаження, визначена методом кутових точок – точка M знаходиться посередині на краю фундаменту.

Приклад 6.1.

На прямокутний фундамент ($ABCD$) розміром 4×8 м діє рівномірно розподілене по площі навантаження $p = 4,50$ МПа (рис. 5). Визначити вертикальні напруження стиску в точках M_0 та M_1 , які знаходяться на глибині $z_0 = 0$ м та $z_1 = 4,0$ м (відповідно) від рівня поверхні. Відстань $EM = 6$ м.

Згідно умови задачі, точка M є кутовою для рівновеликих прямокутників $AEMN$, $EBLM$ та $MLCK$, $NMKD$ і визначаємо їх розміри: $AEMN = EBLM = 4 \times 6$ м, $MLCK = NMKD = 2 \times 2$ м.

Шляхом інтерполяції знаходимо значення кутового коефіцієнта α_0 за табл.4.1:

$$\alpha_{0AEMN} = \alpha_{0EBLM} = f\left(\frac{z_0}{b_1}; \frac{l_1}{b_1}\right) = f\left(\frac{0}{2}; \frac{6}{2}\right) = f(0; 3,0);$$

$$\alpha_{0AEMN} = \alpha_{0EBLM} = 1,000 \text{ (три знака після коми).}$$

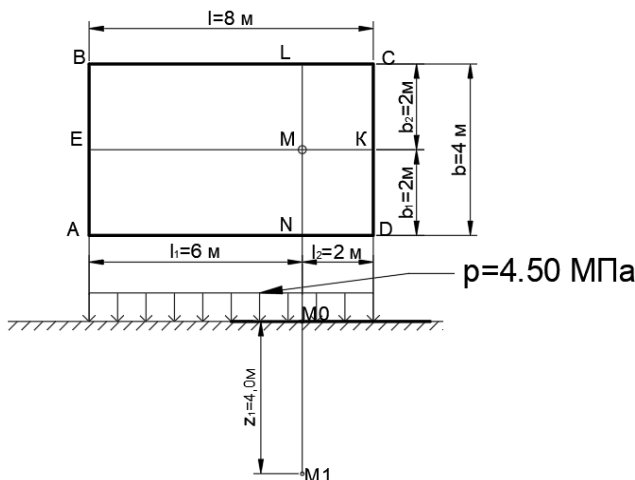


Рисунок 5 – Схема розташування точки M за дії рівномірно розподіленого навантаження площею на поверхню прямокутного фундаменту, що знаходиться в його межах.

$$\text{Аналогічно } \alpha_{0MLCK} = \alpha_{0NMKD} = f\left(\frac{z_0}{b_2}; \frac{l_2}{b_2}\right) = f\left(\frac{0}{2}; \frac{2}{2}\right) = f(0; 1);$$

$$\alpha_{0AEMN} = \alpha_{0EBLM} = 1,000 \text{ (три знака після коми)}$$

$$\begin{aligned} &\text{Згідно формули (4.7):} \\ &\sigma_{z0} = 0,25 \times (1,000 + 1,000 + 1,000 + 1,000) \times 4,50 = 4,50 \text{ МПа (два знака після коми).} \end{aligned}$$

Кутові коефіцієнти згідно табл.4.1:

$$\alpha_{z1AEMN} = \alpha_{z1EBLM} = f\left(\frac{z_1}{b_1}; \frac{l_1}{b_1}\right) = f\left(\frac{4}{2}; \frac{6}{2}\right) = f(2; 3) = 0,525$$

Для рівновеликих прямокутників $MLCK = NMKD$ кутові коефіцієнти

$$\alpha_{z1MLCK} = \alpha_{z1NMKD} = f\left(\frac{z_1}{b_2}; \frac{l_2}{b_2}\right) = f\left(\frac{4}{2}; \frac{2}{2}\right) = f(2; 1) = 0,336$$

Згідно формули (4.7), напруження σ_{z1} знайдемо, підсумовуючи напруження під кутовими точками.

$$\begin{aligned}\sigma_{z1} &= 0,25 \times (\alpha_{z1AEMN} + \alpha_{z1EBLM} + \alpha_{z1MLCK} + \alpha_{z1NMKD}) \times p = \\ &= 0,25 \times (0,525 + 0,525 + 0,336 + 0,336) \times 4,5 = 1,94 \text{ МПа}\end{aligned}$$

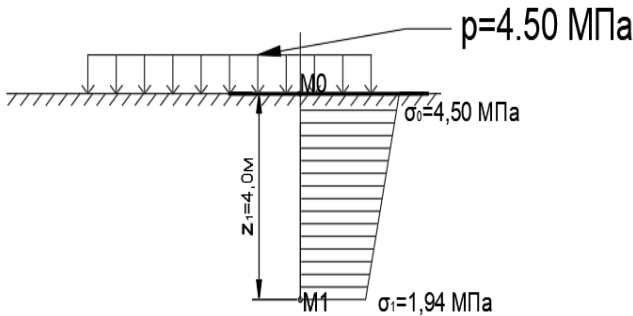


Рисунок 6 – Епюра розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого навантаження, визначена методом кутових точок – точка M знаходиться в межах фундаменту.

Приклад 7.1.

На прямокутний фундамент ($ABCD$) розміром 4×6 м діє рівномірно розподілене по площі навантаження $p = 3,00$ МПа (рис. 7). Визначити вертикальне напруження стиску в точках M_0 та M_1 , які знаходяться на глибині $z_0 = 0$ м та $z_1 = 4,8$ м (відповідно) від рівня поверхні. Відстань $EM = 7$ м.

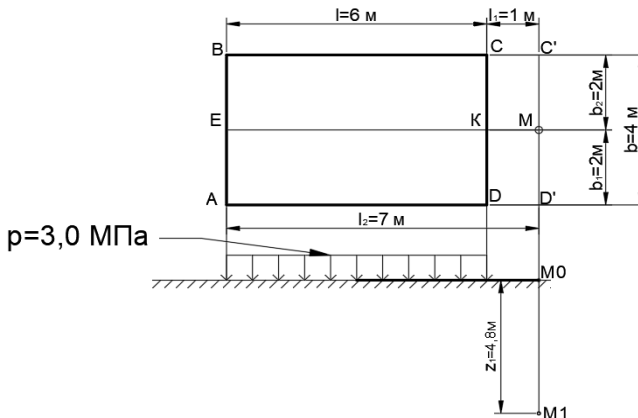


Рисунок 7 – Схема розташування точки M за дії рівномірно розподіленого по площі навантаження на поверхню прямокутного фундаменту, що знаходиться за його межами.

Згідно умови задачі, точка M є кутовою для рівновеликих прямокутників $AEMD$, $EBCM$, $KDDM$ та $CKMC$. Визначаємо їхні розміри: $AEMD = EBCM = 7 \times 2 \text{ м}$, $KDDM = CKMC = 1 \times 2 \text{ м}$.

Шляхом інтерполяції знаходимо значення кутового коефіцієнта α_0 за табл.4.1:

$$\alpha_{0AEMD} = \alpha_{0EBCM} = f\left(\frac{z_0}{b_1}; \frac{l_1}{b_1}\right) = f\left(\frac{0}{2}; \frac{7}{2}\right) = f(0; 3,5);$$

$$\alpha_{0AEMD} = \alpha_{0EBCM} = 1,000 \text{ (три знака після коми).}$$

$$\text{Аналогічно } \alpha_{0KDDM} = \alpha_{0CKMC} = f\left(\frac{z_0}{b_2}; \frac{l_2}{b_2}\right) = f\left(\frac{0}{1}; \frac{2}{1}\right) = f(0; 2);$$

$$\alpha_{0KDDM} = \alpha_{0CKMC} = 1,000 \text{ (три знака після коми)}$$

Згідно формули (4.8):

$$\sigma_{z0} = 0,25 \times (1,000 + 1,000 - 1,000 - 1,000) \times 3,0 = 0 \text{ МПа.}$$

Кутові коефіцієнти згідно табл.4.1:

$$\alpha_{z1AEMD} = \alpha_{z1EBCM} = f\left(\frac{z_1}{b_1}; \frac{l_1}{b_1}\right) = f\left(\frac{4,8}{1}; \frac{7}{1}\right) = f(4,8; 7) = 0,230$$

Кутові коефіцієнти

$$\alpha_{z1KDDM} = \alpha_{z1CKMC} = f\left(\frac{z_1}{b_2}; \frac{l_2}{b_2}\right) = f\left(\frac{4,8}{1}; \frac{2}{1}\right) = f(4,8; 2) = 0,141$$

Згідно формули (4.8), напруження σ_{z1} знайдемо, підсумовуючи напруження під кутовими точками.

$$\sigma_{z1} = 0,25 \times (0,230 + 0,230 - 0,141 - 0,141) \times 3,0 = 0,13 \text{ МПа}$$

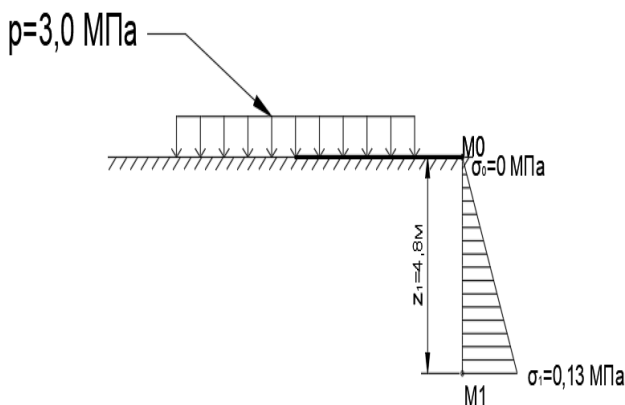


Рисунок 8 – Епюра розподілення вертикальних стискувальних напружень у ґрунтах від дії рівномірно розподіленого навантаження, визначена методом кутових точок – точка M знаходиться за межами фундаменту.

Завдання для виконання розрахункової частини практичних робіт № 4, 5, 6 і 7.

Задача 4.1 – 7.1. Визначення вертикальних стискувальних напружень у ґрунті, зокрема в точці M від дії рівномірно розподіленого навантаження на майданчик прямокутної площі.

Вихідні дані для виконання розрахункової частини практичних робіт 4, 5, 6 і 7 наведені в табл.4.2. та на рис.4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку напружень.

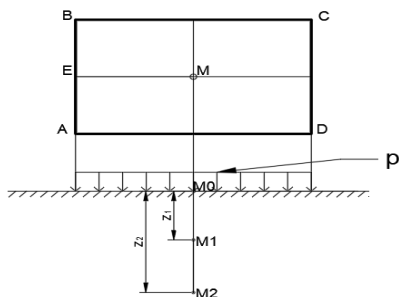
№ варі- анта	№ схеми	p , Мпа	Розміри фундаменту, м (ABCD)	Відстань ЕМ, м	Глибина з розташування розглядуваної точки, м							
					z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0,5	4*6	3	0	1	2	3	4	5	6	7
2	2	1	4*6	4	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
3	3	1,5	4*6	6	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
4	4	2	4*6	4,5	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
5	5	2,5	4*6	3	0	1	2	3	4	5	6	7
6	6	3	4*6	7	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
7	7	3,5	4*6	5	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
8	1	4	3*6	3	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
9	2	4,5	3*6	3	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
10	3	5	3*6	6	0	1	2	3	4	5	6	7
11	4	5,5	3*6	4,5	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5

Продовження таблиці 4.2.

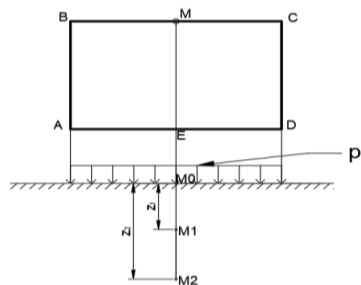
12	5	6	3*6	2,3	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
13	6	6,5	3*6	7	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
14	7	7	3*6	4	0	1	2	3	4	5	6	7
15	1	7,5	2*4	2	0	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
16	2	2	2*4	2	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
17	3	3	2*4	4	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
18	4	3,5	2*4	3	0	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
19	5	4	2*4	1,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
20	6	1	2*4	5	0	1	2	3	4	5	6	7
21	7	0,5	2*4	3	0	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
22	1	6,5	3*5	2,5	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
23	2	3,5	3*5	3	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
24	3	7	3*5	5	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
25	4	6,5	3*5	3,8	0	1	2	3	4	5	6	7
26	5	0,5	3*5	2,3	0	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
27	6	4,5	3*5	6	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
28	7	5	3*5	4	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
29	1	5,5	2*5	2,5	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
30	2	6	2*5	2	0	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
31	3	6,5	2*5	5	0	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1
32	4	7	2*5	3,8	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
33	5	7,5	2*5	1,5	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
34	6	8	2*5	6	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8
35	7	8,5	2*5	3	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7
36	1	1,5	2*3	1,5	0	1	2	3	4	5	6	7

*Примітка: розташування точки M приймати згідно рис.4.2.

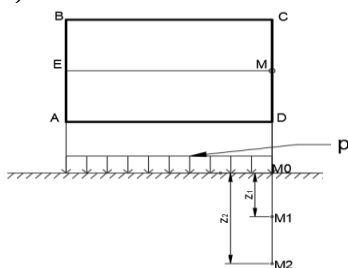
1)



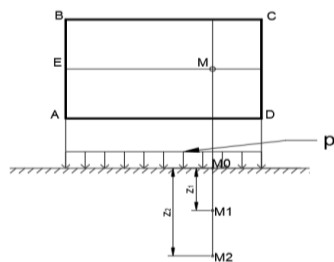
2)



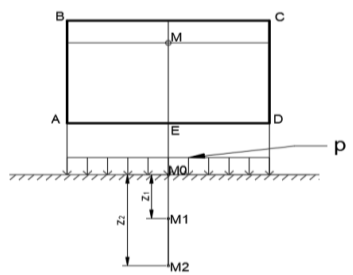
3)



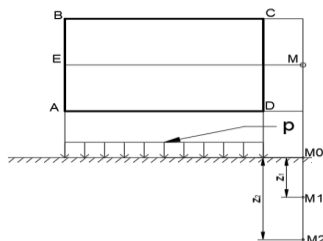
4)



5)



6)



7)

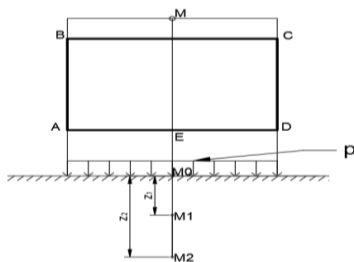
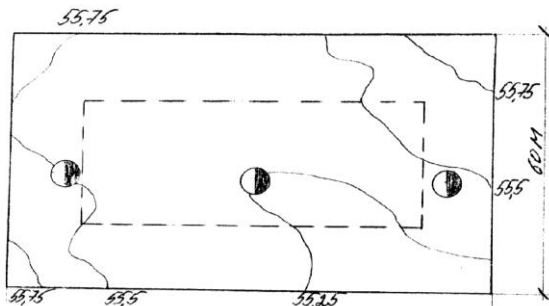


Рисунок 4.2 – Схеми розташування точки M .

ДОДАТКИ.

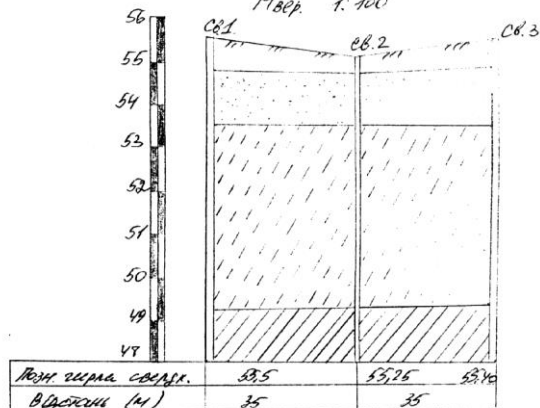
Додаток №1. Вихідні дані до практичної роботи №1.
1.

Схема розташування порізанок
вершок на ділянці
М 1:1000



ПРИМІТКИ: Глибини всіх техн. виробок зустрілися
на глибині 4,25 м

інженерно-геологічний розріз
Мшр. 1:1000
Мвер. 1:100

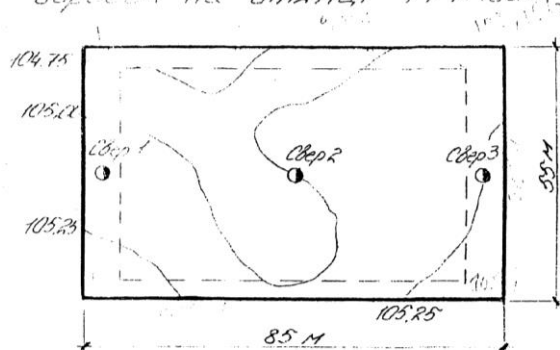


Розрахункові величини фізико-механічних характеристик гранітів

N №	Найменування грунтів	Товщина шару, м			ρ_s	ρ_l	W	W_L	W_p	φ_0^a	C_1 , кПа	E , МПа	E_p , М
		Св.1	Св.2	Св.3	т/м ³	т/м ³							
1	Граніт, розсипний шар	0,75	0,65	0,55		1,75							
2	Пісок крупний	1,45	1,20	1,40	2,65	1,89	0,14			40	1	40,0	40
3		4,20	4,05	3,80	2,69	1,9	0,23	0,3	0,23	26	6	10,0	1,1
4	(продовжено)	7,05	7,35	7,55	2,71	1,87	0,24	0,34	0,26	22	22	15	0,8

2.

Схема розташування технічних
виробок на ділянці М 1:1000



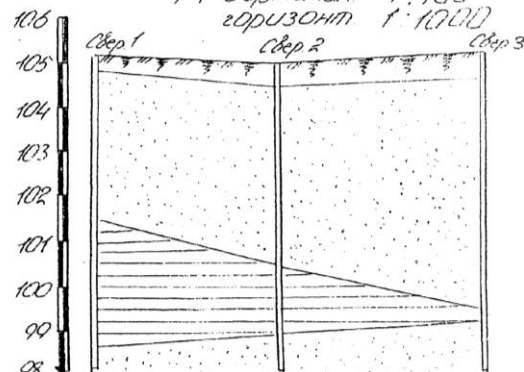
Примітка: Грунтові води техн.
виробками зустрінуті
на позн. 91,25 м

Розрахункові величини фізико-механічних характеристик ґрунтів

№ п/п	Найменування ґрунтів	Товщина шару (м)			ρ_s	ρ	w	w_L	w_p	φ°	C_{II}	E	K_f
		Свер 1	Свер 2	Свер 3	$\tau/\text{м}^3$	$\tau/\text{м}^3$					кПа	МПа	н/см^2
1	Грунт. рослинний шар	0.30	0.30	0.55		1.76							
2	Пісок піщуватий	3.35	4.00	5.10	2.65	1.70	0.12			26	0.2	11.0	3.7
3		2.75	1.50	0.30	2.72	1.87	0.22	0.44	0.22	18	4.7	18.11	0.05
4	Пісок арідний (продивено)	6.70	6.95	6.80	2.64	1.85	0.19			30	—	23.17	8.5

Інженерно-геологічний розріз

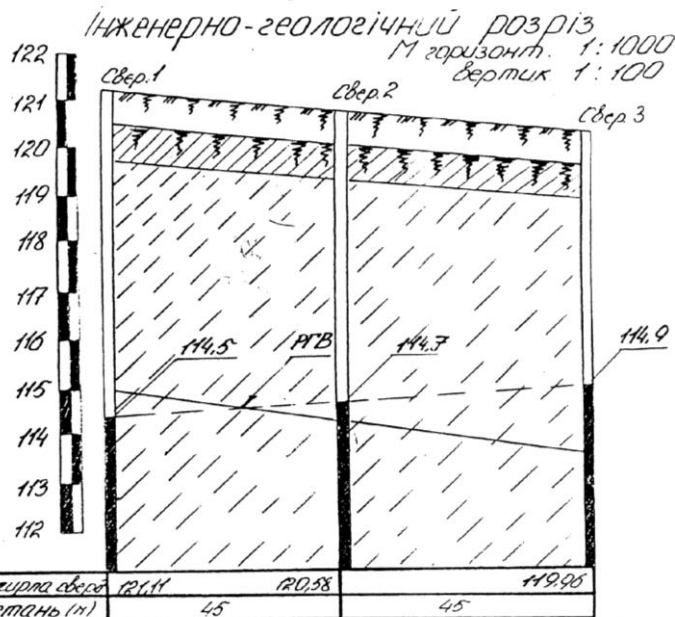
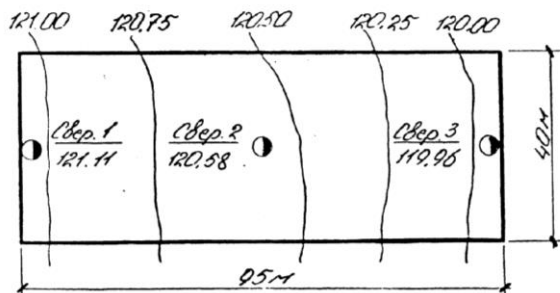
М вертикал 1:100
горизонт 1:1000



Познач. шари свер	105.10	105.20	105.25
Відстань (м)	40		40

3.

Схема розташування технічних
виробок на ділянці М 1:1000

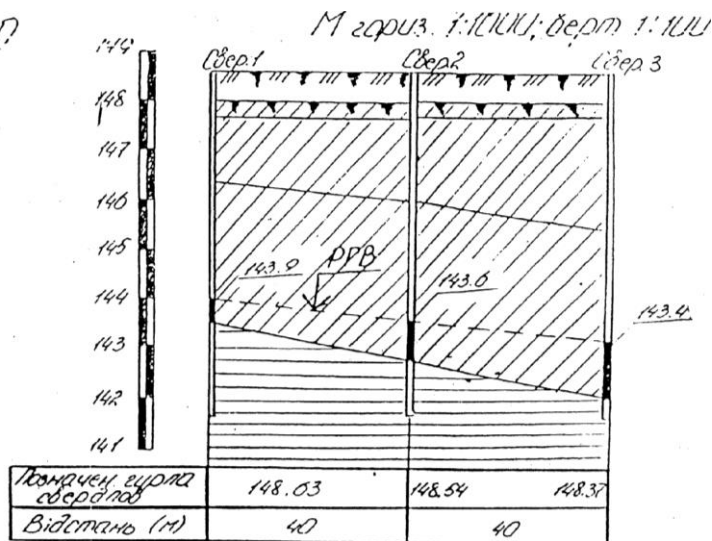
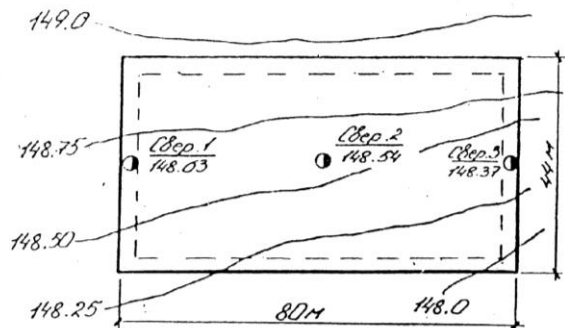


Розрахункові величини фізико-механічних характеристик ґрунтів

№	Найменування ґрунтів	Товщина шару (м)			ρ т/м ³	ρ_s т/м ³	W	W _L	W _p	C _{II} кПа	φ град	E МПа	K _р м/с
		Свер.1	Свер.2	Свер.3									
1	Глинисто-доглистий шло	0.6	0.7	0.7									
2	Глинчастий суглинок	0.7	0.6	0.7									
3	РІ	4.9	5.1	5.3	1.73	2.09	0.13	0.21	0.15	9	21	7 · 10 ⁻³	
4	ЗІ (аройдено)	0.1	0.0	0.3	1.90	2.06	0.26	0.26	0.20	26	18	5	3 · 10 ⁻⁵

4.

план розробки
виробок на ділянці М:1:1000

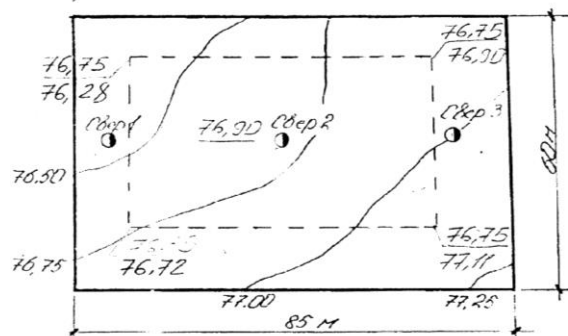


Розрахункові величини фізико-механічних характеристик ґрунтів

№ п/п	Найменування ґрунтів	Товщина шару (м)			ρ т/м ³	ρ_s т/м ³	W	W _L	W _p	C _i	φ_i	E МПа	K _ф м/год
		Свер.1	Свер.2	Свер.3									
1	Глинясто-суглинковий шар	0,5	0,5	0,6	10,8								
2	Піщково-глиняний шар	0,4	0,45	0,5	16,0								
3	сп	3,2	3,5	4,0	17,0	2,09	0,13	0,35	0,10	34	19	18	7·10 ⁻⁵
4	сб	4,1	4,5	4,4	20,0	2,08	0,10	0,28	0,18	50	22	27	0·10 ⁻⁵
5	сб (підвент)	5,1	5,1	4,0	19,1	2,25	0,39	0,41	0,20	35	18	17	9·10 ⁻⁶

5.

Схема розміщення технічних
виробок на ділянці М 1:1000

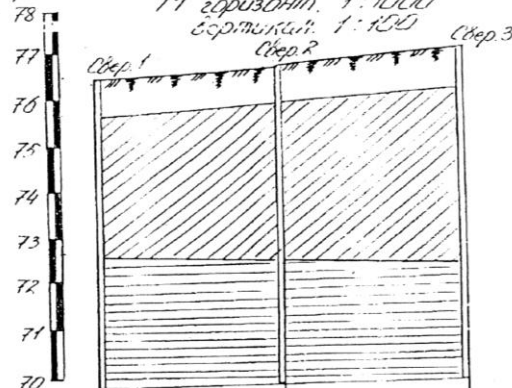


Примітка: підземні води технічними
виробками не виявлені

Інженерно-геологічний розріз

М горизонт. 1:1000

Есорт. 1:100



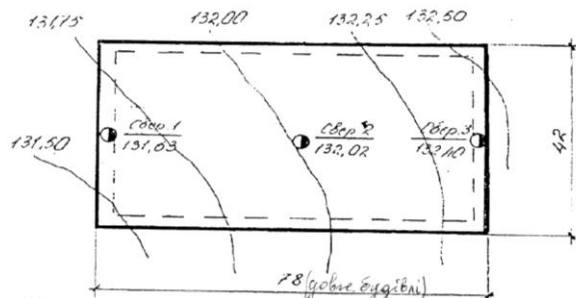
Позначення шару	76.45	76.70	77.00
Відстань (м)	34	34	

Розрахункові величини фізико-механічних характеристик ґрунтів

№ %	Найменування ґрунтів	Товщина шару (м)			ρ_s т/м ³	ρ т/м ³	w	w_l	w_p	φ°	c кПа	E МПа	КФ м/кум
		Свер.1	Свер.2	Свер.3									
1	Грун. рослин шар	0.80	0.75	0.80		1.12							
2		3.10	3.45	3.90	2.71	1.86	0.16	0.36	0.24	23	22	20.0	0.5
3	(покладено)	8.46	8.70	8.50	2.72	1.94	0.30	0.40	0.20	19	36	19.0	0.08

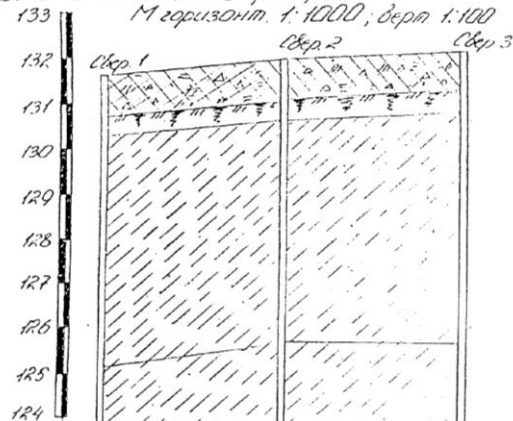
6.

Схема розташування технічних виробок на ділянці М1:1000



Примітка: Грунтові води технічними виробками не зустрінуті.

Інженерно-геологічний розріз
М горизонт. 1:1000; верт. 1:100



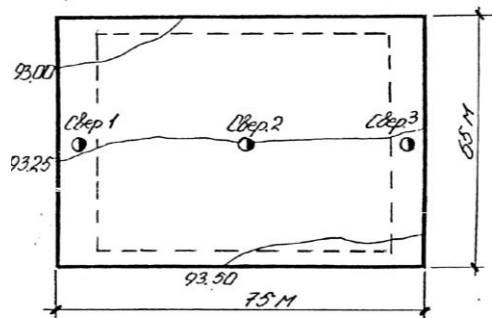
Позиція свердловин	131.03	132.02	132.10
Відстань (м)	9.6	3.6	

Розрахунки величини фізико-механічних характеристик ґрунтів

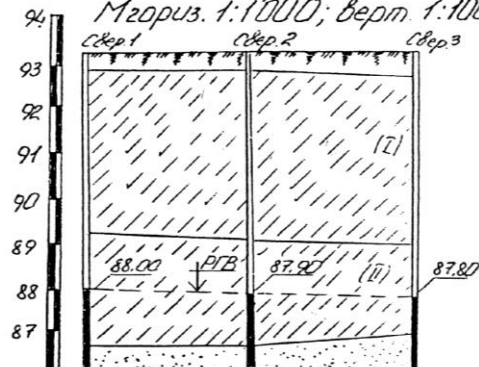
№ п/п	Найменування ґрунтів	Товщина шару (м)			ρ т/м ³	ρ_s т/м ³	W	W _L	W _p	φ_{II}	C _{II} кПа	E МПа	K _p м/год
		Свер. 1	Свер. 2	Свер. 3									
1	Насипний шар	0.8	0.9	0.8									
2	Грунтово-рослинний шар	0.4	0.4	0.5									
3	пч	5.2	5.0	5.1	1.79	2.71	0.12	0.17	0.11	21	26	12	7.10 ⁻⁵
4	ср (примічено)	4.0	4.1	4.5	2.00	2.71	0.17	0.19	0.14	20	22	11	3.10 ⁻⁶

7.

Схема розташування технічних виробок на ділянці М 1:1000



Інженерно-геологічний розріз
Мгориз. 1:1000; верт. 1:100



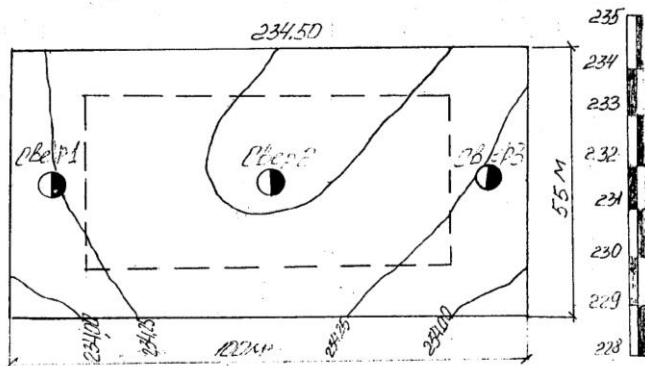
Позначення шари свердловин	93.20	93.25	93.30
Відстань (м)	34	34	

Розрахункові величини фізико-механічних характеристик ґрунтів

N п/п	Найменування ґрунтів	Товщина шару (м)			ρ_s т/м ³	ρ т/м ³	w	w_L	w_p	φ°	c_n кПа	E МПа	K_f м/куб
		Свер.1	Свер.2	Свер.3									
1	Грунт. розл. шар	0.40	0.45	0.55		1.81							
2	(I)	3.50	3.05	3.75	2.70	1.92	0.20	0.22	0.20	26	7.0	13.0	1.8
3	(II)	2.55	2.40	2.00	2.08	1.84	0.26	0.28	0.22	21	2.5	7.0	1.4
4	Пісок сев. крупн. (проділ.)	6.50	6.55	6.75	2.64	1.93	0.24			34	1.0	30.0	18.7

8.

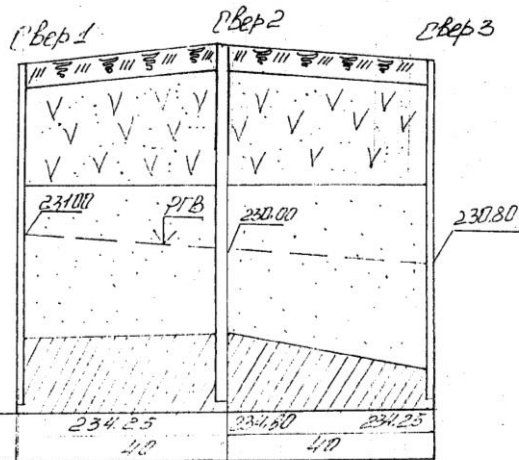
Схема розподілування
технічних бурових АК
Зіставні М 1:1000



Розрахункові величини
об'ємно-механічних характеристик
ґрунтів

ПІБ: ЗІПРД СІБ
Відстань м

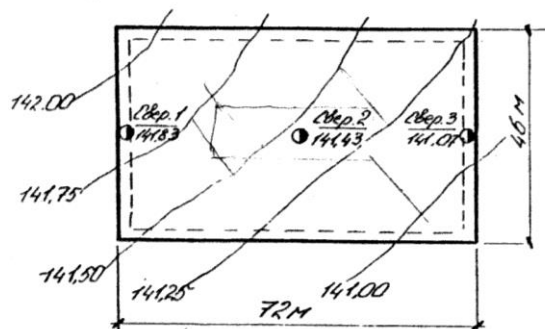
Технічний-геологічний
розріз
М 200/1000 1:1000



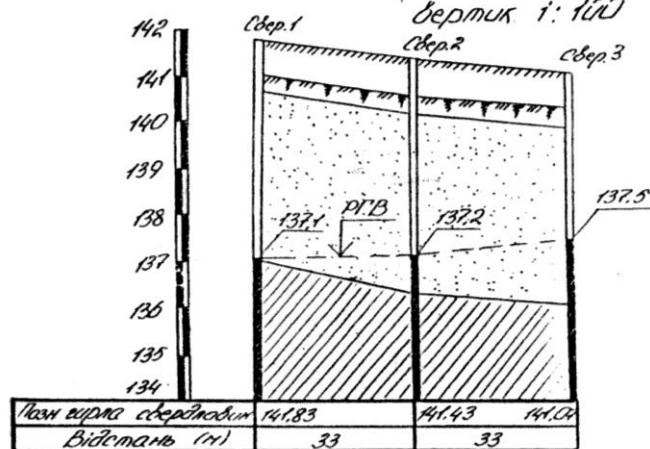
№	Найменування ґрунтів	Товщини шару, м			ρ_s т/м ³	ρ т/м ³	γ	γ_L	γ_P	γ_u	C_u кПа	E МПа	K_f МПа
		Свер1	Свер2	Свер3									
1	ґрунт розпушений шар	0,25	0,40	0,45		1,68							
2	пісок середньодобрований	2,05	2,40	2,00	2,66	1,60	0,20			24		15	10
3	пісок пилуватий	3,30	2,80	3,15	2,63	1,84	0,24			26	25	200	47
4	глина	7,45	4,80	6,15	2,44	1,88	0,28	0,38	0,24	16	18	4,2	24

9.

Схема розташування технічних виробок на ділянці М 1:1000



Інженерно-геологічний розріз
М горизонт. 1:1000
Вертик 1:100



Розрахункові величини фізико-механічних характеристик ґрунтів

N г/г	Найменування ґрунтів	Товщина шару (м).			ρ т/м ³	ρ_s т/м ³	W	w_L	w_p	c_n кПа	φ_n	E МПа	Kф М/см
		Свер.1	Свер.2	Свер.3									
1	Культурний шар	0,7	0,8	0,7									
2	ґрунтово-рослинний шар	0,3	0,3	0,4									
3	2	3,7	3,9	3,8	1,75	2,07	0,11	-	-	3	29	15	0,1
4	4б (природно)	5,1	5,2	6,0	1,97	2,73	0,29	0,35	0,20	30	19	10	10^{-5}

Література

1. М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев, О.О. Петраков, В.Б. Швець, О.В. Школа, С.В. Біда, Ю.Л. Винников. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. Підручник. Полтава. 2004. 560 с.
2. Пилягин А.В. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений. Учебное пособие. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, – 2006., – 248с.
3. Берлинов М.В., Ягупов Б.А. Примеры расчёта оснований и фундаментов: Учебник для техникумов – М.: Стройиздат, 1986. – 173с.: ил.
4. Зоценко М.Л., Коваленко В.І., Хілобок В.Г., Яковлев А.В. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. Підручник. – К.: Вища школа 1992, 408 с.
5. Фундаменти будівель і споруд: довідник. Посібник/ Ю.Л. Винников, В.А. Муха, А.В. Яковлев, О.В. Андрієвська, С.В. Біда. – К.: Урожай. – 2002 – 432с.
6. Приклади розрахунку основ і фундаментів сільських будівель споруд: Навч. Посібник/ М.Л.Зоценко, А.В.Яковлев. – К.: НМК ВО. -1992.
7. Долматов В.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Учебник. – Л.: Стройиздат, 1988, 415 с.
8. Ю.Й.Великодний. Захист територій від зсувів. Навчальний посібник. Полтава. 2006. – 116с.
9. Яковлев А.В., Винников Ю.Л. Особливості проектування, будівництва, експлуатації будівель і споруд на лесовому ґрунті та зсувонебезпечній території України. Навчальний посібник НМК ВО – К.: 1992, 251 с.
10. Берлинов М.В. Основания и фундаменты: Учеб. для строит. спец. вузов.- 3-е изд., стер.- М.: Высш. шк., 1999.- 319 с.
11. Цитович Н.А. Механика грунтов. Краткий курс. – М.:Вища школа. 1983.
12. Швець В.Б. и др. Справочник по механике грунтов. - К.: Будівельник. 1987.
13. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд – 79 с.
14. ДСТУ Б В. 2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95). Ґрунти. Класифікація.
15. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Зміни 1. Пальові фундаменти – 55 с.

Зміст

	Стор.
Практична робота №1.....	3
Практична робота №2.....	9
Практична робота №3.....	23
Практичні роботи №4, №5, №6, №7.....	28
ДОДАТКИ.....	42
Література.....	52

Навчально-методичне видання

МЕХАНІКА ГРУНТІВ, ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання

Електронне видання

- © ЦНТУ, Кропивницький, пр. Університетський, 8
- © С.О. Карпушин, І.О. Скриннік, В.В. Дарієнко, М.В. Пашинський