

Визначення напружено-деформованого стану ґрунтового напівпростору з порожниною з урахуванням розвитку пластичних деформацій.

У прикладі розглядається плоский деформований стан ґрунтового напівпростору під дією постійного навантаження від стрічкового фундаменту [103, 104, 105]. Дискретна модель задачі показана на рис. 4.3.

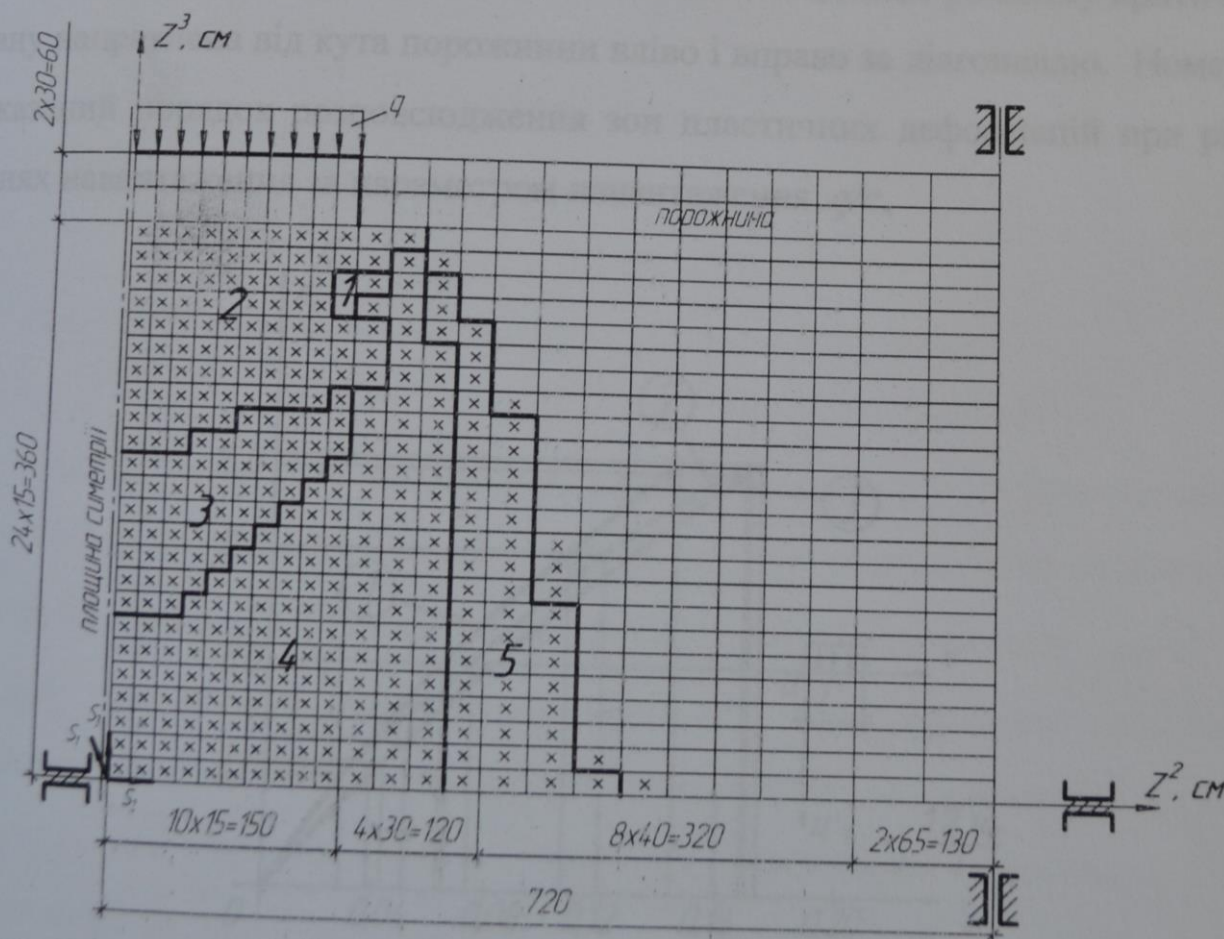


Рис. 4.3. Розрахункова схема при дискретизації ґрунтового масиву чотирикутними елементами та порядок розповсюдження зон пластичних деформацій.

Ґрунт розглядається як ідеально пластичний матеріал, що

підпорядковується асоційованій умові текучості Кулона-Мора, з наступними фізико-механічними властивостями однорідного ґрунтового півпростору — $E_0=1130 \text{ кгс/см}^2$; $\nu=0,3$; $\gamma=0,00185 \text{ кгс/см}^3$; $\varphi=24^\circ$; $c=0,8 \text{ кгс/см}^2$.

Розрахунковий фрагмент ґрунтового півпростору має розміри 720×390 см, сіткова область — $M_1 \times M_2 \times M_3 = 2 \times 25 \times 27 = 1350$, тобто скінченно-елементна модель включає 624 скінченних елемента з урахуванням порожнини. Граничні умови прийняті за координатною площиною $Z^1 O Z^3$ — площина симетрії; нижня грань фрагменту має накладені в'язі на переміщення за напрямком 2, 3. Вертикальна площина обмеження розрахункового фрагменту справа моделює шарнірно-рухомий край з накладанням в'язів на переміщення за напрямком 2.

Результати дослідження показують, що першими у критичний стан — за наявності розвитку пластичних деформацій — переходять скінченні елементи, що помічені на дискретній моделі знаком „х” і тенденція розвитку критичного стану направлена від кута порожнини вліво і вправо за діагоналлю. Номерами показаний порядок розповсюдження зон пластичних деформацій при різних рівнях навантаження за параметром навантаження q/c .

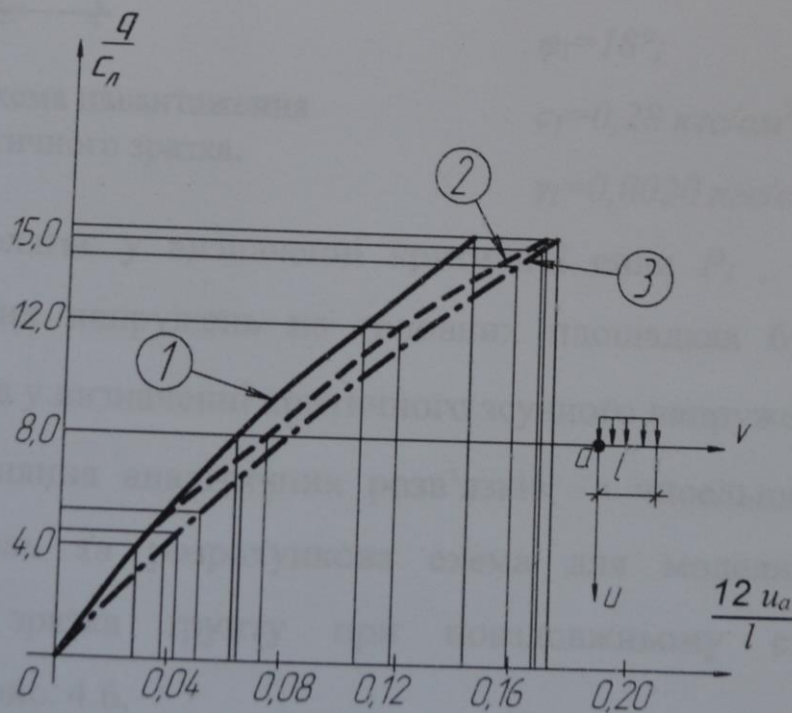


Рис. 4.4. Криві залежності "навантаження–переміщення":
1 – методом скінченних елементів за Зенкевичем; 2 – методом граничних елементів за Теллесом; 3 – з використанням запропонованої методики.

Дослідження стійкості призматичного зразка ґрунту при наявності бічного тиску.

Розглядається задача стійкості призматичного зразка ґрунту при повздовжньому стисканні [106]. Схема навантаження зразка представлена на рис. 4.5, циліндричний стержень стиснений з бічних сторін постійним гідростатичним тиском. Бічний тиск набагато менший зусиль стискання. При досягненні Ейлерової сили стискання стержень втрачає стійкість шляхом зсуву, з утворенням діагональної призми обвалення.

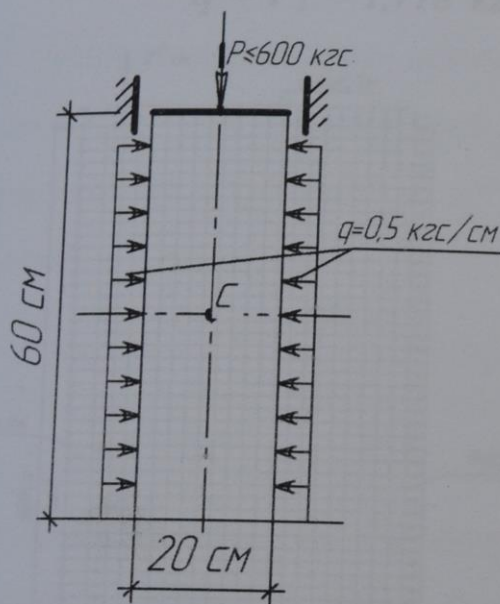


Рис. 4.5. Схема навантаження призматичного зразка.

Вихідні дані зразка ґрунту:

діаметр — $d=20,0$ см;

висота — $H=60,0$ см;

бічний тиск — $q=0,5$ кгс/см;

сила стискання — $P=600$ кгс;

фізико-механічні характеристики:

$$E_0=200 \text{ кгс/см}^2;$$

$$R_{np}=3 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\nu=0,33;$$

$$\varphi_I=18^\circ;$$

$$c_I=0,28 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\gamma_I=0,0020 \text{ кгс/см}^3.$$

Задача полягає у визначенні критичної сили P_I , при котрій кут орієнтації повних напружень на головних площадках буде дорівнювати $\theta_{max} = \varphi_I \geq 18^\circ$; та у визначенні критичного зсувного напруження τ_{max} .

Для порівняння аналітичних розв'язків з чисельними побудована дискретна модель та розрахункова схема для моделювання стійкості призматичного зразка ґрунту при повздовжньому стисненні, що представлені на рис. 4.6.

Розміри сіткової області скінченно-елементної моделі складають:

$$N_{UX}=M_1 \times M_2 \times M_3 = 2 \times 21 \times 61 = 2562,$$

відповідно число рівнянь складає:

$$K = NUX \times 3 = 2562 \times 3 = 7686,$$

тобто, маємо систему із 7686 нелінійних рівнянь, без урахування накладених в'язів.

Розглядаючи дану задачу розрахунку на стійкість як тестову, проводимо пробний розв'язок при значенні бічного стиснення рівномірно розподіленим навантаженням $P = 0,5 \text{ кгс/см}^2$, та повздовжнього стиснення у вигляді штампа ковзання при значенні рівномірного навантаження отримуємо за формулою (4.1.5), тобто:

$$q \equiv P_1 = 1,718 \text{ кгс/см}^2.$$

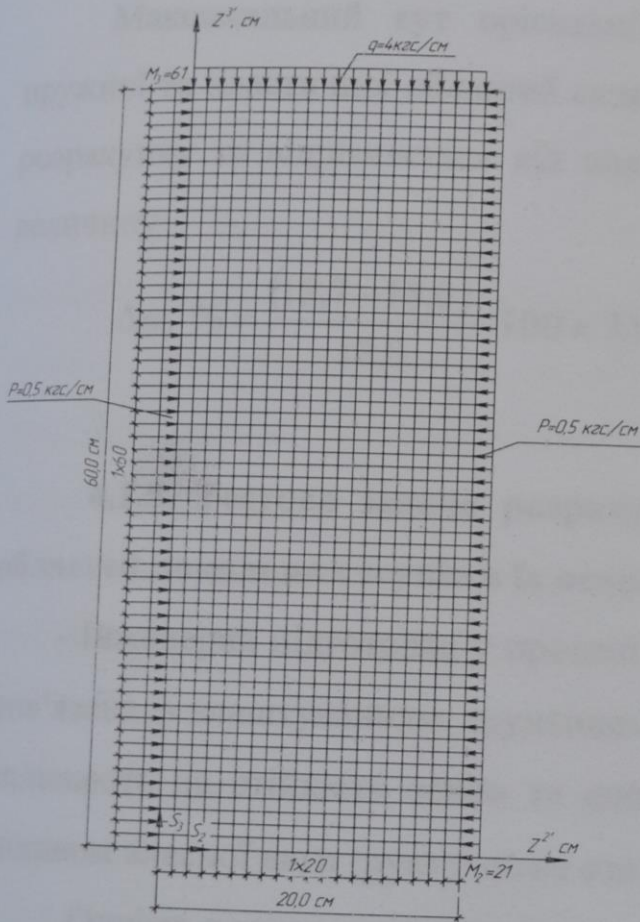


Рис. 4.6. Дискретна модель призматичного зразка ґрунту.

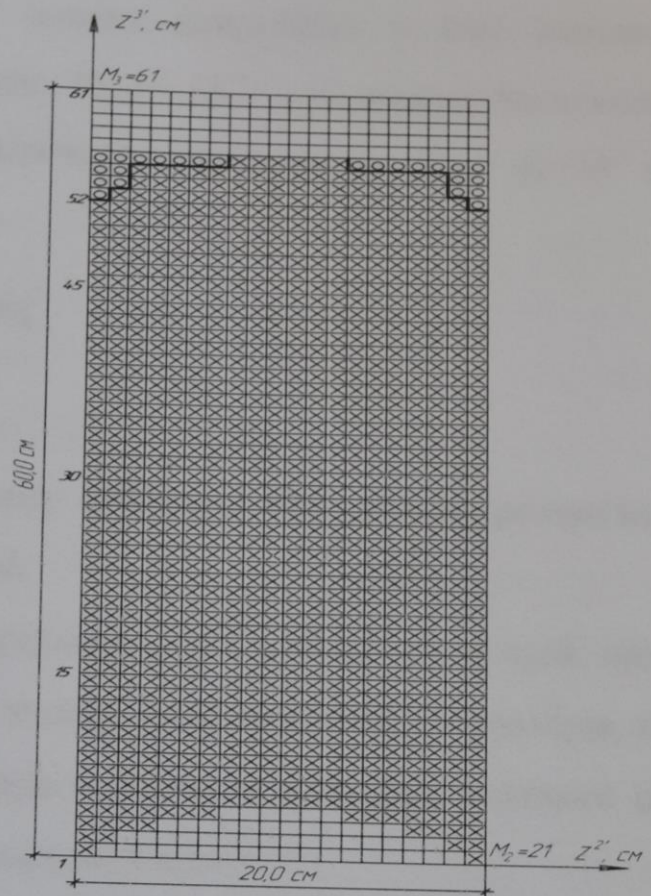


Рис. 4.7. Розвиток пластичних деформацій.

Отримані результати розрахунків можна оцінити по зонах розвитку пружно-пластичних деформацій, які представлені на рис. 4.7. Характер розповсюдження зон пластичних деформацій, якщо спостерігається ядро всебічного стиснення в області контакту призматичного зразка з нижнім штампом. Кутіві області розповсюдження пластичних деформацій на межі

пружних та пластичних зон деформацій при сітковій координаті $S_3=52$ та більше (див. рис. 4.7), свідчить про те, що напружений стан зразка відповідає критичному значенню при

$$P_1 = 1,718 \text{ кгс/см}^2, \quad P_2 = 0,5 \text{ кгс/см}^2, \quad (4.2)$$

які отримані в результаті аналітичного розрахунку.

За результатами чисельних розрахунків дискретної моделі в області контакту пружної та пластичної частин ґрунтового масиву величини інтенсивності напружень тензор-девіатора складають:

$$S_{max} = S_{2331} = 0,647 \text{ кгс/см}^2, \quad P_2 = 0,5 \text{ кгс/см}^2.$$

Максимальний кут орієнтації повних напружень в зоні контакту пружної та пластичної областей складає $\theta_{2331} = 18,7^\circ$; за даними чисельного розрахунку та відрізняється від аналітичного припущення $\theta_{max} = \varphi_1 = 18^\circ$ на величину

$$\Delta\varphi_1 \% = \frac{(18,7 - 18,0)}{18,0} \cdot 100 = 3,9\%$$