

2. Пашинский В. А., Игольницyna И. А., Семенова Т. Ю. Определение ветровой нагрузки на производственные здания с учетом их ориентации и срока службы // Прочность, надежность и долговечность строительных конструкций: Межвуз. сб. – Магнитогорск, 1990. – С. 114-122.

3. Пашинський В. А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. – К.: УкрНДІПСК, 1999. – 195 с.

4. Пашинский В. А. Представление атмосферных нагрузок в виде дифференцируемых случайных процессов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1992. – №1. – С. 92-96.

5. Мардиа К. Статистический анализ круговых распределений. – М.: Наука, 1978. – 239 с.

6. Деркач Т. М. Використання кругових розподілів для імовірнісного опису даних про вітрове навантаження. // Галузеве машинобудування, будівництво: Зб. наук. праць. Вип. 1. – Полтава: ПДТУ, 1998. – С. 99-104.

7. ENV 1991-2-4. Eurocode 1: Basic of Desing and Actions of Structures. Part 2-4: Wind Actions. – Brussels, Belgium, CEN, European Committee for Standardization, 1994.

Получено 26.06.2001

УДК 624.131.371 + 624.131.438.12

А. В. ЯКОВЛЄВ, Ю. Л. ВИННИКОВ, кандидати техн. наук
Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОДОНАСИЧЕНОГО ЛЕСОВОГО ҐРУНТУ ПЕНЕТРАЦІЄЮ І ПЛОСКИМ ЗРУШЕННЯМ

Пропонується методика уточнення взаємозв'язку між показниками міцності лесового водонасиченого ґрунту непорушеної структури, отриманими шляхом пенетрації і плоского зрушення з використанням величини його вологості на межі текучості.

При дослідженнях лесового ґрунту виникає потреба у визначенні показників міцності ґрунту після завершення просадки, тобто після зволоження та ущільнення зразків. Якщо під час попереднього ущільнення завантажувати їх однаковим кінцевим тиском, наприклад, $\sigma = 0,3$ МПа, то можна вважати, що фізичний стан ґрунту буде приблизно однаковим. Далі саме на таких зразках виконують спочатку пенетраційні випробування, а потім і плоске зрушення за вимогами ДСТУ Б В.2.1-4-96. У результаті здійснення такого комплексу досліджень одержують ряд значень питомого опору зрушення τ для різних величин вертикального тиску σ і відповідні величини питомого опору пенетрації R . Ясно, що для генетично однорідного ґрунту між цими параметрами має бути взаємозв'язок, виявити який і було завданням цих дослідів.

Автори є прихильниками принципу інваріантності питомого опору пенетрації, який полягає в тому, що цей показник механічних властивостей ґрунту не залежить як від зусилля пенетрації, так і від глиби-

ни занурення конічного наконечника. Робота є продовженням попередніх досліджень [1].

Методика пенетраційних випробувань передбачала: використання конічного наконечника з кутом конічності $\alpha = 30^\circ$; навантаження його не менш як 6-8 ступенями з фіксуванням відліків за індикатором годинникового типу для визначення глибини занурення наконечника h , м; розрахунок R за виразом

$$R = (P \pm P_0) / h^2, \quad (1)$$

де P і P_0 – відповідно навантаження і параметр пенетрації, що являє собою на графіку відрізок, який пряма виразу $h^2 = f(P)$ відсікає на осі навантажень, Н.

Кінцеву величину R одержували після усереднення не менш як п'яти-шести окремих пенетрацій зразка. Таке усереднення обов'язкове для уникнення можливих різких відхилень через тверді включення та інші неоднорідності ґрунту. Ця особливість пенетрації впливає з принципово відмінного характеру визначення питомого опору зрушення за площею зразка ($A_3 = 40 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$) і площею перерізу наконечника, що при глибині занурення $h = 1,0$ см становить лише $A_k = 22,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, тобто відрізняється більше, ніж на два порядки.

Під час попереднього ущільнення зразків просадочного ґрунту як до, так і після замочування фіксували вертикальні деформації з доведенням їх до умовної стабілізації при $\sigma = 0,3$ МПа. Зрушення зразків здійснювали при вертикальному тискові $\sigma = 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25$ і $0,30$ МПа (ДСТ Б В.2.1-4-96).

Для ілюстрації розглянутих вище міркувань у табл.1 наведені результати пенетраційних випробувань 16 зразків важкого лесового суглинку м.Полтави $W_p = 21,7\%$; $W_L = 39,0\%$; $I_p = 17,3\%$; $W_K = 27,3\%$; $\rho_K = 1,885 \text{ г/см}^3$.

Маючи на увазі, що при $\varphi = 0$ і $c = 0$ як R , так і τ мають бути теж близькими до нуля, то між цими параметрами повинна існувати лінійна залежність

$$\tau = K \cdot R, \quad (2)$$

де $K = \text{tg}\beta = \tau/R$; β – кут нахилу прямої, що проходить через початок координат на графіку, побудованому в координатах $\tau = f(R)$.

Таблица 1 – Дані випробування зразків лесового ґрунту пенетрацією і плоским зрушенням

пп	σ , МПа	τ , МПа	R, МПа	r	K (дослідний)	K (розрахований)
1	0,05	0,0425	0,201	0,999	0,256	0,285
2		0,0575	0,206	0,999		
3		0,0475	0,172	0,999		
4		0,0575	0,223	0,997		
Середнє	0,05	0,05125	0,2005			
5	0,10	0,0638	0,178	0,998	0,446	0,404
6		0,071	0,178	0,999		
7		0,079	0,124	0,999		
Середнє	0,10	0,0713	0,160			
8	0,15	0,075	0,156	0,999	0,547	0,524
9		0,100	0,164	0,999		
Середнє	0,15	0,0875	0,160			
10	0,20	0,105	0,182	0,998	0,558	0,643
11		0,123	0,237	0,990		
12		0,125	0,215	0,998		
Середнє	0,20	0,118	0,211			
13	0,25	0,100	0,178	0,999	0,841	0,762
14		0,144	0,112	0,999		
Середнє	0,25	0,122	0,145			
15	0,30	0,131	0,135	0,999	0,851	0,881
16		0,169	0,218	0,999		
Середнє	0,30	0,150	0,177			

$$R = 0,177$$

За середніми величинами $\bar{\tau}$ і \bar{R} (табл.1) при $\sigma = \text{const}$ обчислені значення коефіцієнтів K. Їх розрахункові величини подані в цій же таблиці. Закономірне збільшення K від тиску σ та апроксимація залежності $K = f(\sigma)$ привели до одержання рівняння $K = \text{tg}\beta = A \cdot \sigma + B = 2,383 \cdot \sigma + 0,166$ (при $r = 0,967$). Зважаючи на залежність (2), можна записати рівняння, яке зв'язує τ та R:

$$\tau = (2,383 \cdot \sigma + 0,166) \cdot R. \quad (3)$$

Тепер для ущільненого й водонасиченого лесового ґрунту після завершення просадочної деформації за виразом (3) і заданою величиною σ розраховують τ , а далі й показники міцності ґрунту ϕ та c , враховуючи середню величину питомого опору пенетрації \bar{R} . Результ-

тати розрахунку подані в табл.2.

Таблица 2 – Результати розрахунку питомого опору зрушення τ за середньою величиною питомого опору penetрації \bar{R} і виразом (3)

σ , МПа	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
τ , МПа	0,05	0,071	0,092	0,113	0,134	0,155

З даних табл.2 випливає, що для середнього значення питомого опору penetрації $\bar{R} = 0,1755$ МПа для ущільненого та зволоженого лесового суглинку показники міцності становлять: $\varphi = 22,7^\circ$; $c = 29,2$ кПа.

Із стандартної обробки даних плоского зрушення за 16 точками (ДСТ Б В.2.1-5-96) маємо нормативні показники міцності: $\varphi^H = 22,7^\circ$; $c^H = 32,2$ кПа.

Отже, значення показників міцності лесового ґрунту за виразом (3) і традиційним методом практично співпали й близькі до тих показників аналогічних суглинків Полтавщини, що виявлені в численних попередніх дослідях.

Певний інтерес являє аналіз варіації показників міцності лесового ґрунту з використанням формули (3) для екстремальних величин питомого опору penetрації $R_{\min} = 0,112$ МПа і $R_{\max} = 0,237$ МПа. Ці результати наведені в табл.3.

Таблица 3 – Відхилення значень показників міцності

Показники	$R_{\min} = 0,112$ МПа			$R_{\max} = 0,237$ МПа		
	σ , МПа	0,10	0,20	0,30	0,10	0,20
τ , МПа	0,0453	0,072	0,0987	0,0958	0,1523	0,2088
	$\text{tg}\varphi = 0,267$; $\varphi = 14,9^\circ$; $c = 18,6$ кПа			$\text{tg}\varphi = 0,565$; $\varphi = 29,5^\circ$; $c = 39,3$ кПа		

Дані табл.3 остаточно підводять до висновку про необхідність проведення багаторазової penetрації зразків лесового ґрунту непорушеної структури навіть за умов попереднього ущільнення та замочування, адже з дослідів видно, що показники міцності можуть відрізнятись удвічі.

Аналогічні обробки здійснені й для інших лесових суглинків і супісків Полтавщини. Вони охоплювали досить широкий діапазон мін-

ливості значень межі текучості від $W_L = 22,7\%$ (супіски Кременчука) до $W_L = 39,9\%$ (важкі суглинки Полтави). Результати обробок ілюструють дані табл.4.

Таблиця 4 – Результати узагальнення пенетраційних досліджень та випробувань на плоске зрушення лесових ґрунтів Полтавщини

№	Вологість на межі текучості $W_L, \%$	Дослідні значення коефіцієнтів рівняння (3)		Розрахункові значення коефіцієнтів рівняння (3)	
		A	B	A	B
1	22,7	3,985	0,219	4,047	0,230
2	28,9	3,408	0,225	3,409	0,197
3	34,5	3,260	0,159	2,832	0,168
4	36,6	2,240	0,127	2,620	0,157
5	39,0	2,383	0,166	2,370	0,145

Для дальшого аналізу мінливості коефіцієнтів A та B у рівняннях (3) як найбільш впливовий показник, що характеризує особливості глинистого ґрунту, був обраний W_L . Після апроксимації результатів лінійною функцією одержано узагальнене рівняння, що охоплює всі наведені в табл.4 дані:

$$\tau = [(6,385 - 0,103 \cdot W_L) \cdot \sigma - 0,0052 \cdot W_L + 0,348] \cdot R, \quad (4)$$

де $A = 6,385 - 0,103 \cdot W_L$; $B = 0,348 - 0,0052 \cdot W_L$ при $r = 0,82...0,93$.

За виразом (4) для розглянутих видів глинистого ґрунту при середніх величинах питомого опору пенетрації замоченого й ущільненого ґрунту \bar{R} розраховані питомі опори зрущенню і показники міцності. Вони вміщені в табл.5.

Таблиця 5 – Значення показників міцності лесового замоченого й ущільненого ґрунту, розраховані за виразом (4)

$W_L, \%$	$\bar{R}, \text{МПа}$	Питомий опір зрущенню $\tau, \text{МПа}$ при $\sigma, \text{МПа}$				tgφ	φ, град	c, кПа
		0	0,10	0,20	0,30			
22,7	0,097	0,022	0,062	0,101	0,140	0,394	21,4	22,2
28,9	0,116	0,023	0,063	0,102	0,142	0,400	21,8	22,0
34,5	0,154	0,026	0,069	0,113	0,157	0,440	23,7	25,0
36,6	0,196	0,031	0,082	0,133	0,185	0,520	27,5	29,0
39,0	0,176	0,026	0,067	0,109	0,150	0,714	22,5	25,8

Середні 23,4° 24,8 кПа

З табл.5 видно, що спроба узагальнити результати випробувань різних за походженням і гранулометричним складом глинистих ґрунтів у прийнятих умовах випробувань (попереднє ущільнення замоче-

ного ґрунту) не виявила чітку залежність показників міцності ϕ і c від W_L . Можна прийняти за нормативні осереднені показники $\phi^H = 23,4^\circ$; $c^H = 24,8$ кПа. За відсутності вертикального тиску ($\sigma = 0$) величину питомого зчеплення знаходять як $\tau = c = (0,348 - 0,0052W_L) \cdot R$. Результати розрахунку також внесені до табл.5.

Підводячи підсумки досліджень, можна констатувати наступне:

1) між даними візурбувань на плоске зрушення та усередненими результатами penetрації в генетично однорідному зв'язному ґрунті існує чітка лінійна залежність з високими статистичними показниками ($r = 0,8...0,9$). Для зразків ґрунту непорушеної структури такий зв'язок слід вважати відмінним;

2) уточнення взаємозв'язку $\tau = f(R)$ для більш широкого узагальнення рекомендується з використанням величини вологості на межі текучості W_L як такого, що визначається в лабораторних умовах більш-менш об'єктивно і тісно пов'язаний із вмістом глинистих часток;

3) визначення питомого опору зрушення і показників міцності лесового ґрунту у водонасиченому стані (після завершення просадочної деформації) пропонуємо здійснювати за усередненою величиною питомого опору penetрації за допомогою виразів (3), (4).

І. Яковлев А.В., Винников Ю.Л. Визначення показників міцності глинистого ґрунту за результатами penetрації // Збірник наукових праць Полт. держ. техн. ун-ту ім. Юрія Кондратюка. Вип.5. – Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 2000. – С.245-249.

Отримано 02.07.2001

УДК 624.131.37

А.Г.РУДЬ, канд. техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ДЕФОРМАЦИИ ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ НАБУХАНИИ

Рассматривается характер набухания пылевато-глинистых грунтов при водонасыщении. Предложено устройство для определения величины горизонтального набухания и давления набухания грунтов.

С целью изучения горизонтальных деформаций набухающих грунтов было изготовлено устройство в виде приставки к компрессионному прибору. Устройство представляет собой стальную цилинд-