

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВПЛИВУ ВОДОНАСИЧЕННЯ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ НА НЕСУЧУ СПРОМОЖНІСТЬ ФУНДАМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Тема роботи присвячена дії води - один із суттєвих факторів, який впливає на деформування ґрунтових основ. Плівки води расклинюють дисперсне середовище ґрунту, створюючи умови для додаткового його розуцільнення.

Тема є актуальною задачею сьогодення при визначенні несучої спроможності фундаментних конструкцій.

Розвиток сучасних ЕОМ суттєво наблизило фундаментальні математичні проблеми до прикладних, посилило їх взаємовплив. Поява нового потужного методу досліджень – числового експерименту – тісно пов'язала фізичний зміст задачі, її математичне формулювання, числові методи розрахунку та сучасні ЕОМ.

В роботі для розв'язку нелінійної задачі геомеханіки використано числовий МГЕ, наведено обґрунтування теоретичними викладками та проілюстровано даними числового розрахунку.

Ключові слова: метод граничних елементів, напружено деформований стан, водонасичення ґрунтової основи.

Annotation

The topic of the work is devoted to the action of water - one of the essential factors that affects the deformation of soil bases. Films of water wedge the dispersed soil environment, creating conditions for its additional loosening.

The topic is an urgent task today when determining the bearing capacity of foundation structures. The development of modern computers significantly brought fundamental mathematical problems closer to applied ones, and strengthened their mutual influence. The emergence of a new powerful method of research - the numerical experiment - closely connected the physical content of the problem, its mathematical formulation, numerical calculation methods and modern computers.

In the work, the numerical MGE was used to solve the nonlinear problem of geomechanics, the justification was given by theoretical explanations and illustrated by numerical calculation data.

Key words: boundary element method, stressed deformed state, water saturation of soil base.

Замочування лесових ґрунтів – доволі типове явище. Задача є актуальна і потребує вирішення, необхідне прогнозування несучої спроможності фундаментних конструкцій в таких ґрунтових основах. В роботі до цієї задачі залучено числовий метод граничних елементів.

Суть МГЕ – перетворення системи 15 диференціальних рівнянь локального методу розрахунку конструкцій в інтегральне рівняння (1). Рівняння стану, що встановлює залежність між потенціалом (переміщеннями) і потоком (напруженнями) на границі дослідного об'єкту отримано К. Бреббія [1] при реалізації числового МГЕ:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ij,j} + b_j &= 0 \\ \varepsilon_{ij} &= \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \\ \sigma_{ij} &= C_{ijkl}\varepsilon_{kl} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{ij}(\xi)u_j(\xi) + \int_{\Gamma} p_{ij}^*(\xi, x)u_j(x)d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} u_{ij}^*(\xi, x)p_j(x)d\Gamma(x), \quad (1)$$

де u -заданий вектор переміщень на границі фундаментної конструкції;

p - шуканий вектор напруг на границі;

u^* , p^* , σ^* - ядра граничного рівняння (1) – рішення Р. Міндіна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним взбурюючим впливам ($P=1$) в півпросторі [4].

Матричний запис інтегрального рівняння (1):

$$H\dot{U} = G\dot{P} + D\dot{\epsilon}^p, \quad (2)$$

де H, G - матриці впливу МГЕ. Матриці $D = \int_{\Omega} \dot{\sigma}^* \Phi^T d\Omega$ відповідають інтегралам, які включають непружні деформації.

Дилатансійність водонасиченого ґрунтового середовища враховувалась згідно положень теорій Ніколаєвського В. Н., Бойка І. П. [3,5].

Значення середньозважених основних вхідних фізико-механічних характеристик ґрунтів, які вводились в розрахунок і залежали від вологості ґрунту (варіанти нашарувань ґрунтів основи):

I	$S_r = 0.47$,	$w = 0.19$,	$E = 17$ МПа,	$\nu = 0.35$,	$\rho = 1.986$ г/см ³ ,	$C = 3.1$ МПа,	$\phi = 8.82^\circ$
II	$S_r = 0.65$,	$w = 0.204$,	$E = 14.3$ МПа,	$\nu = 0.357$,	$\rho = 1.947$ г/см ³ ,	$C = 1.23$ МПа,	$\phi = 3.1^\circ$
III	$S_r = 0.83$,	$w = 0.24$,	$E = 8.9$ МПа,	$\nu = 0.362$,	$\rho = 1.894$ г/см ³ ,	$C = 0.02$ МПа,	$\phi = 0.7^\circ$

Схема дискретизації активної зони основи і результати числового прогнозування несучої спроможності призматичної забивної палі С 6-30

в залежності від вологості ґрунту $S_r = 0,47; 0,65; 0,83$ подано на рис.1.

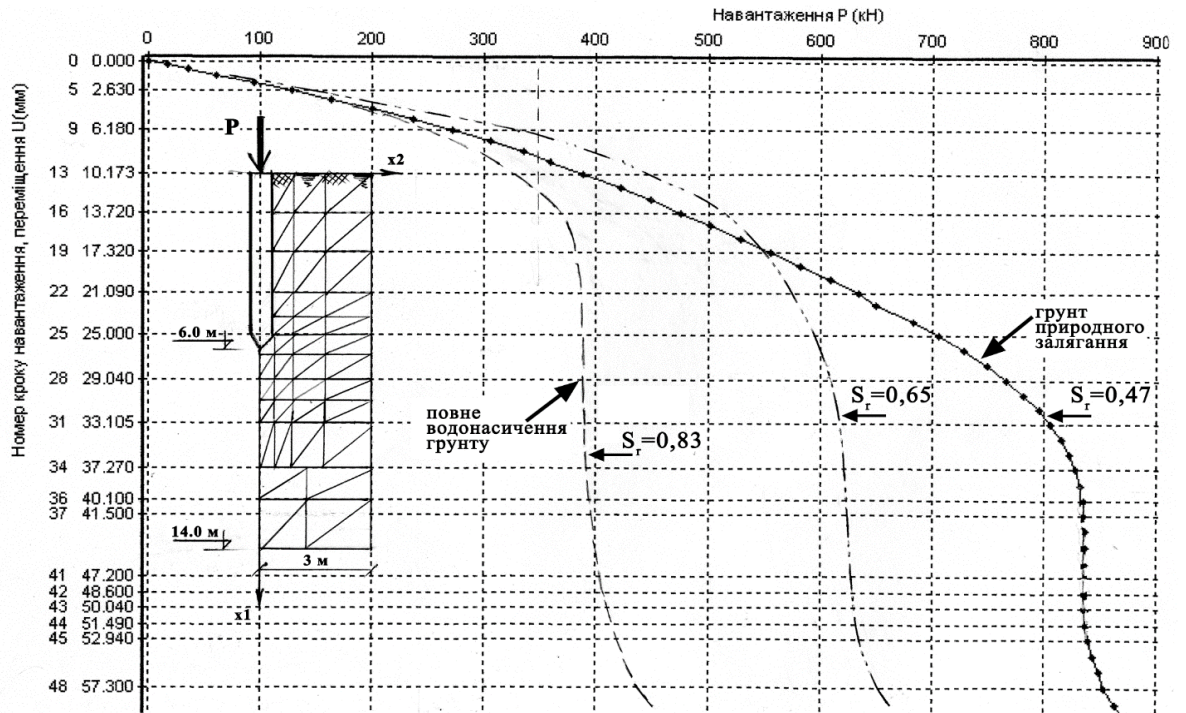


Рис.1. Графіки навантаження-осідання. Результати моделювання за МГЕ

Порівняння результатів числового моделювання з експериментальними даними [4] показали задовільне співпадання. Згідно [4] фактична несуча спроможність забивних призматичних паль в лесових ґрунтах при повному їх водонасиченні знизилась приблизно в 2, 2-2,4 рази. В числовому розрахунку за МГЕ несуча спроможність палі зменшилась в 2,27 рази при зміні степені вологості ґрунту від $S_r = 0,47$ в природному стані до $S_r = 0,83$ після замочування.

По даних числового моделювання за МГЕ зниження несучої спроможності здійснилось через різке зниження несучої спроможності палі по бокові поверхні (тобто, знизилась сила тертя по бокові поверхні через “деградацію” основи при замочуванні, що привело до втрати зчеплення і внутрішнього тертя ґрунту і розвитку значних пластичних областей). Так, при повному водонасиченні ґрунту (рис.1) при $P=350$ кН ґрунт працює вже в третій фазі - фазі втрати міцності основи і прогресуючої течії ґрунту, а в ґрунтах природного стану при такому ж навантаженні $P=350$ кН ґрунт ще знаходиться в першій фазі - фазі ущільнення.

Висновки

1. За допомогою запропонованої математичної моделі опір палі з урахуванням степені замочування може бути визначений з точністю, достатньою для проектування. Знаючи НДС ґрунту, можна зробити прогноз розвитку подій.

2. За даними числового моделювання за МГЕ несуча спроможність палі С 6-30 при замочуванні до повного водонасичення понизилась до 44% в порівнянні з ґрунтами натурального залягання. Результати моделювання підтвердили, що величини сил тертя в тонкозернистих лесових ґрунтах дуже чутливі до води і різко зменшуються при збільшенні вологості. Це приводить до значного зменшення несучої спроможності фундаментів.

3. За умови можливого замочування лесових ґрунтів необхідні попередні розрахунки прогнозу зниження несучої спроможності фундаментів з залученням сучасних нелінійних методів механіки ґрунтів.

4. Напрацьовано методику урахування впливу води на несучу спроможність фундаментних конструкцій, яка дозволяє розв'язувати нелінійну задачу механіки ґрунтів за числовим методом граничних елементів (МГЕ).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моргун А. С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів // А. С. Моргун. – Вінниця : ВНТУ. – 2013 – 108с.
2. Brebbia K. Applications of MGE in engineering // K. Brebbia, S. Walker. -1982.
3. Николаевський В. Н. Дилатансія та закони незворотного деформування ґрунтів / В. Н. Николаевський // Зб. Основи, фундаменти та механіка ґрунтів. - 1979. - № 5. - С. 29-31.
4. Електронний ресурс - <http://www.geotek.ru/>.
5. Бойко І. П. Теоретичні основи проектування пальових фундаментів на пружньо-пластичні основи / І. П. Бойко // Основи та фундаменти. – К. : Будівельник, 1985. № 18. – С. 11–18.

Моргун Алла Серафимівна – професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: morgunallaS@gmail.com

Метль Іван Миколайович - декан ФБТЕГП; Вінницький національний технічний університет, м.. Вінниця, e-mail: vanmet@ukr.net

Лебідь Руслан Іванович – аспірант Вінницького національного технічного університета, м.. Вінниця