

ДЕФОРМАЦІЯ ДИСКРЕТНОГО ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

В.О. Задорожнюк, А.С. Сідлецький

Анотація. В статті наведено практичне опрацювання нової нелінійної технології розрахунку фундаментних конструкцій за числовим методом граничних елементів.

Ключові слова: напружено-деформований стан, метод граничних елементів, пластична течія ґрунту.

Annotation. In the article the practical elaboration of a new nonlinear technology for the calculation of foundation structures by the numerical method of boundary elements is given.

Key words: stress-deformed state, method of boundary elements, plastic flow of soil.

Вступ

В роботі спрогнозовано за МГЕ поведінку під навантаженням матеріалу, що не опирається розтягу (ґрунту), в якому при навантаженні здійснюється перерозподіл напружень, і тому метод його розв'язку аналогічний методу рішення задач теорії пластичності.

Важливою областю прикладання МГЕ до нелінійних задач є задачі пружно-пластичних середовищ, до яких відносяться ґрунтові основи.

Величина навантаження на основи споруд згідно діючих нормативів підбирається таким чином, щоб не була перевищена межа пропорційності між напруженнями і деформаціями і лише з'являлись локальні пластичні зони. Величина таких напруг складає біля 4 кг/см^2 – це величина, що менше структурної міцності ґрунтів. А в сучасних висотних будівлях тиски сягають 0,3-1 МПа.

Тому виникає потреба зробити розвідку ситуації напружено-деформованого стану (НДС) ґрунтів сучасними методами з урахуванням можливості роботи основ в граничному стані, виявити резерви міцності.

Основна частина

Проведено визначення несучої спроможності буро набивної палі $L=8$ м (рис. 2). Нелінійну роботу системи «буронабивна паля – основа» змодельовано з використанням сучасного числового МГЕ.

Для реалізації цього методу використано інтегральний синтез рівнянь рівноваги, геометричних та фізичних рівнянь. Таким чином, поведінка ґрунту під навантаженням описувалась інтегральним рівнянням, отриманим

К. Бреббія:

$$c_{ij} \cdot u_j + \int_{\Gamma} p^*_{ij} u_{ij} d\Gamma = \int_{\Gamma} u^*_{ij} p_i d\Gamma + \int_{\Omega} \sigma^*_{jk} \varepsilon^p_{jk} d\Omega, \quad (1)$$

де u, p – шукані вектори переміщень та напружень на границі фундаментної конструкції; інтеграл по області Ω (Ω – активна зона навколо фундаментної основи) включає вектор пластичних деформацій ε_p ; Γ – границя досліджуваного об'єкта; u^*, p^* – сингулярні фундаментальні рішення

Р. Міндліна, що відповідають одиничним взбурюючим впливам в півпросторі. Для оцінки приходу граничного стану (початку порушення рівноваги між частинками ґрунту і його агрегатами, перехід

грунту в стан пластичної течії) використано октаедричну теорію міцності та критерій текучості Мізера-Шлейхера-Боткіна :

$$\tau_{окт} = f(\sigma_{окт}); f(\sigma_{окт}, \tau_{окт}) = 0 \quad (2)$$

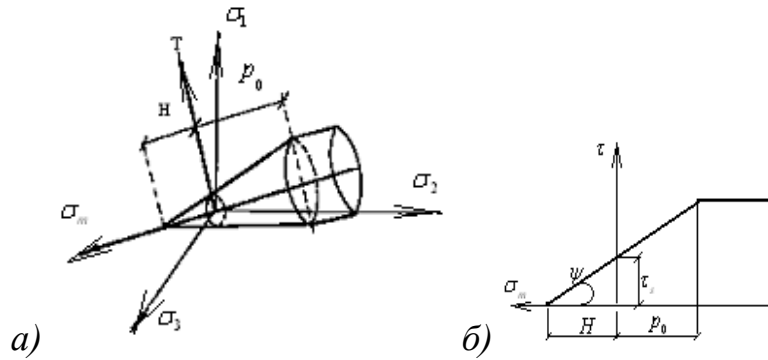


Рис. 1 – Критерій текучості Мізера-Шлейхера-Боткіна в координатах головних напружень (а), меридіональний переріз в площині гідростатичного тиску (б)

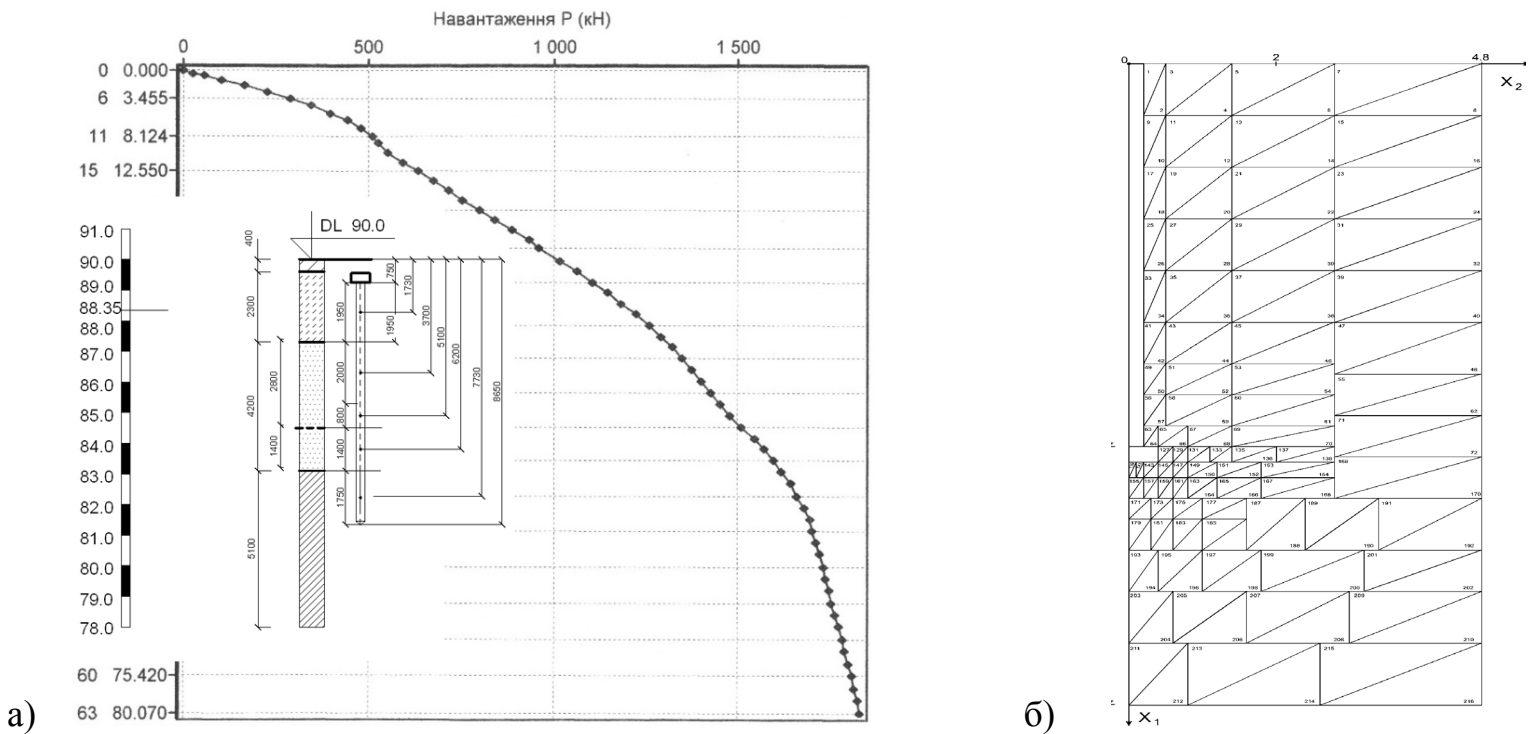


Рис. 2: а) – Числовий прогноз за МГЕ результату навантаження буронабивної палі та б) – схема дискретизації активної зони навколо пальової основи

Основою числової реалізації МГЕ є перехід від функціональних інтегральних співвідношень до їх алгебраїчних аналогів. Запропонована модель ґрунту та алгоритми її прикладання в практичних розрахунках неодноразово верифікувалась на реальних об'єктах. Для отримання рішення системи розрахункових рівнянь проводилась дискретизація границі області буронабивної палі граничними лінійними елементами (ГЕ), активна зона ґрунтової основи дискретизувалась трикутними осередками, рис. 2,б.

Висновки

По даних експерименту при $s=3,6$ см $P=1397$ кН, числовий прогноз фіксує $P=1375$ кН.

Результати розрахунку деформування буронабивної палі по запропонованій дилатансійній моделі дають можливість ще на стадії проектування зробити прогноз кінцевих осідань основи в

конкретних інженерно-геологічних умовах та відслідкувати відповідні значення несучої спроможності.

Модель дозволяє розглянути граничний стан основи за двома групами граничних станів (несучої здатності та деформацій) в рамках однієї розрахункової моделі.

Результати числових розрахунків підтверджують ефективність проведених за МГЕ процедур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко І. П. Напружено – деформований стан ґрунтового масиву при побудові нових фундаментів поблизу існуючих будинків // Основи і фундаменти. Міжвідомчий науково – технічний збірник. / І. П. Бойко, В. О. Сахаров. – К.: КНУБА, 2004 – С. 3 – 10.
2. Бреббиа К. Методи граничних елементів: пер. з англ. / К. Бреббиа, Ж. Теллес, К. Вроубел. – М.: – Мир – 1988 – 523 с.
3. Моргун А. С. Деформативність ґрунту при пластичній формозміні та дилатансії: монографія / А. С. Моргун – Вінниця: ВНТУ, 2017, - 103 с.
4. Николаевский В. Н. Современные проблемы механики ґрунтов // Определяющие законы механики ґрунтов / В. Н. Николаевський. – М. Стройиздат, 1975 – С. 210 – 227.

Науковий керівник Моргун Алла Серафимівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету. e-mail: alla@morgun.com.ua

Задорожнюк Віолета Олегівна – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ.

Сідлецький Артем Сергійович – магістрант ВНТУ

Alla Serafimivna - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction, Urban Management and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

Violeta Zadorozhniuk - postgraduate student of the Department of Construction, Urban Management and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

Artem Sidlehsciy – postgraduate student of Vinnytsia National Technical University.