

З 1959 р. до 1993 р. журнал "Промышленное строительство и инженерные сооружения"
Видається з 1993 р.

Засновники: Мінрегіонбуд України,
ВАТ "КиївЗНДІЕП", УДНДІ "Діпромісто", ДП "Укрархбудінформ",
Академія будівництва України, Творча науково-технічна спілка будівельників України

ЗМІСТ

РЕКОМЕНДАЦІЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

"Будівельна наука в системі забезпечення ефективної роботи
будівельної галузі України 2

НОРМАТИВНА БАЗА

Ю.С. Слюсаренко, Я.Й. Червинський, В.Д. Шумінський
ОСОБЛИВОСТІ ДБН В.1.1-24:2009 "Захист від небезпечних геологічних
процесів. Основні положення проектування" 10

АРХІТЕКТУРА

С.В. Сьомка
ГАРМОНІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА З ЗАСТОСУВАННЯМ
МЕТОДІВ АРХІТЕКТУРНОЇ КОМПОЗИЦІЇ 16

ПРОЕКТУВАННЯ

Аттаєвна Башар
ФУНКЦИОНАЛЬНА СТРУКТУРА І АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНІРОВОЧНА
ОРГАНІЗАЦІЯ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНИХ КОМПЛЕКСОВ В СТРАНАХ
БЛИЖНЕГО ВОСТОКА 22

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Р.Ф. Рунова, В.В. Троян, О.В. Прянішніков
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИФІКУЮЧИХ
ТА АКТИВНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК У БЕТОННИХ МАСИВАХ 31

Л.Ф. Черных, М.А. Оноприенко
ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ ИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ И СТЕКЛЯННОГО
ШТАПЕЛЬНОГО ВОЛОКНА В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ
ЗДАНИЯХ 35

НАУКА – БУДІВНИЦТВУ

М.В. Михальчук, М.С. Барабаш
МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО
СТАНУ ПЛИТНО-ПАЛЕВИХ ПРОТИЗСУВНИХ КОНСТРУКЦІЙ 37

П.Т. Матченко
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ АРМАТУРНИХ
СТАЛЕЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ 41

На 1-й та 4-й стор. обкладинки: Торговий центр з адміністративною спорудою по вул. Артема, м. Донецьк – переможець конкурсу "Кращі будинки і споруди, збудовані та прийняті в експлуатацію у 2007 р. в Україні" у номінації "Об'єкти торгівлі та побуту".

- ♦ Передрук матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції.
- ♦ Редакція може не поділяти точки зору авторів.
- ♦ Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори.
- ♦ За зміст реклами відповідає рекламодавець.
- ♦ Журнал "Будівництво України" віднесено ВАКом України до видань, у яких можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт.

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПЛИТНО-ПАЛЕВИХ ПРОТИЗСУВНИХ КОНСТРУКЦІЙ

М.В. Михальчук, М.С. Барабаш, к.т.н.

Київ

У статті приведені методи розрахунку плитно-палевих конструкцій на дію вертикальних та горизонтальних навантажень, висвітлені результати дослідження НДС протизсувної конструкції будівлі з підземним паркінгом по пров. Ярославський у Подільському районі м. Києва. Розрахунок проводився на етапі будівництва відповідно до діючих норм з урахуванням результатів геологічних вишукувань. В якості основного інструмента досліджень застосовано програмний комплекс ЛІРА.

При забудові великих міст все частіше доводиться працювати на ділянках, що мають складні фізико-географічні умови або знаходяться біля підніжжя схилів та гір. У таких складних умовах будівництва перед інженерами-проектувальниками постає завдання зведення надійної захисної, в деяких випадках протизсувної конструкції. Незважаючи на актуальність проблем, спільна робота неоднорідних масивів ґрунтів із підземними конструкціями, що сприймають одночасно вертикальні та горизонтальні навантаження, створення їх ефективних моделей, алгоритмів розрахунку недостатньо вивчена і потребує додаткових досліджень.

Взаємодія масивів ґрунтів із підземними частинами будівель і споруд (фундамент, підпірна стіна, протизсувна конструкція, тунель) завжди має важкий просторово-змінний характер, що обумовлено, зокрема, нелінійними властивостями ґрунтів. Механічні ж властивості змінюються в широких межах і тому неможливо створити одну адекватну модель для всіх видів ґрунтів від слабких водонасичених глинистих і пухких піщаних до щільних глинистих і щільних великозернистих піщаних. Відкритим також залишається питання розподілення вертикального навантаження на конструкції в залежності від несучих здатностей їх основ.

При розрахунку плитно-палевих конструкцій на одночасну дію горизонтальних (N) та вертикальних (Q) навантажень необхідно вирішити ряд основних завдань щодо врахування та правильного моделювання наступних сил опору основи (рис 1):

- горизонтального реактивного опору ґрунту по поверхням опор глибокого залягання (R_{X1}) та бічній стороні плити (R_{X2});
- вертикального опору основи під п'ятами паль та плитою (R_{Z1} та R_{Z2} відповідно);
- бічних сил тертя між конструкціями та ґрунтом основи (R_{Z3} та R_{X3}).

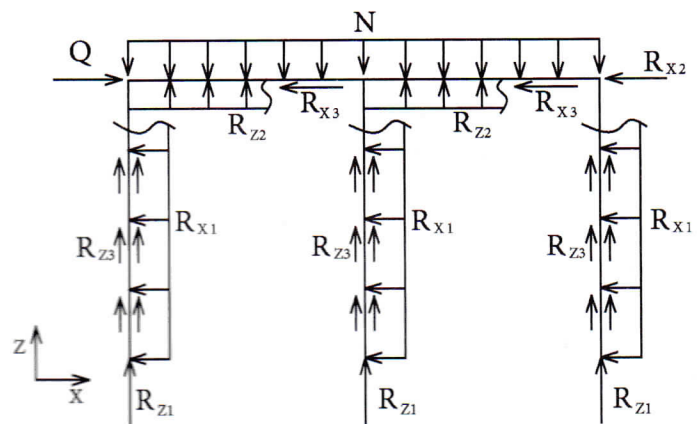


Рис. 1. Розрахункова схема плитно-палевої протизсувної конструкції

Розглянемо перший метод вирішення поставлених завдань, використавши спрощену модель ґрунту з постійними коефіцієнтами постелі. Відомо, що модель із одним коефіцієнтом постелі не враховує просторову роботу основи, тому застосовуємо розповсюджену двохконстантну, що реалізована в багатьох розрахункових програмних комплексах, у тому числі в ПК ЛІРА. Але і вона не дозволяє оцінити напружено-деформований стан неоднорідного масиву ґрунту, не враховує його нелінійну роботу, тому розглядається лише для розрахунку конструкції.

В першу чергу для плити обчислюються та задаються коефіцієнти постелі C_1 та C_2 , що враховують вертикальний опір основи (R_{Z2}). Це можна здійснити вручну або автоматично за результатами моделювання геологічних вишукувань майданчика будівництва в системі Ґрунт (ПК ЛІРА).

Далі визначається розрахункове значення ґрунту під нижнім кінцем палі (R_{Z1}) за формулою:

$$R = \frac{R_{c.n}}{\gamma_g} \left(\frac{l_d}{d_f} + 1,5 \right); \quad R = \frac{R_{c.n}}{\gamma_g}, \quad (1)$$

(для скальних ґрунтів) (для нескальних ґрунтів)

де $R_{c.n}$ – нормативне значення границі міцності на осьовий стиск ґрунту у водонасиченому стані, тс/м²; γ_g – коефіцієнт надійності по ґрунту; l_d – розрахункова глибина палі, защемленої в ґрунті, м; d_f – зовнішній діаметр палі, м;

Отримане значення задається як відповідна числова в'язь (у вигляді погонної жорсткості на розтяг-стиск) у протилежному напрямку глобальної осі дії стискувального навантаження (вісь z) спеціальному одновузловому кінцевому елементу пружного зв'язку (КЕ 56) Необхідно тільки попередньо додати цей тип КЕ нижнім вузлам палі.

Наступним кроком є моделювання горизонтального опору ґрунту (R_{X1}). Для цього палі розбиваються на ділянки завдовжки не більше 1 м, так щоб в межах однієї ділянки всі характеристики тіла палі і виникаючого реактивного опору ґрунту були однакові. В загальному випадку, рівнодіюча реактивного опору ґрунту на i -й ділянці j -ї палі визначається за формулою:

$$R_{ij} = L_{ij} \cdot b_{ij} \cdot y_{ij} \cdot K_{ij}, \quad (2)$$

де L_{ij} – довжина i -ї ділянки j -ї палі, м; b_{ij} – умовна розрахункова ширина на i -й ділянці j -ї палі, що приймається рівною при $d_{ij} \leq 0,8$ м – $b_{ij} = 1,5d_{ij} + 0,6$ м; при $d_{ij} \geq 0,8$ м – $b_{ij} = d_{ij} + 1,0$ м, але не більше кроку палі у ряду, перпендикулярному напрямку дії горизонтального навантаження, м (d_{ij} – діаметр j -ї палі на i -й ділянці) y_{ij} – горизонтальне переміщення посередині i -ї ділянки j -ї палі, м; K_{ij} – горизонтальний коефіцієнт жорсткості основи посередині i -ї ділянки j -ї палі, кН/м³ (тс/м³).

Отримане значення опору можемо задати як лінійне горизонтальне протидіюче навантаження. Але для отримання точніших результатів, що відповідали б реальній роботі ґрунту, і врахування його пружних властивостей необхідно використати спеціальний одновузловий кінцевий елемент пружного зв'язку (КЕ 56), додавши його до всіх вузлів палі. В такому випадку величина погонної

жорсткості палі на згин визначається за формулою:

$$EI_{ij} = \frac{Q_{ij} \cdot L_{ij}}{y_{ij}}, \quad (3)$$

де EI_{ij} – жорсткість i -ї ділянки j -ї палі на згин, кН/м; Q_{ij} – поперечне зусилля, що діє на i -й ділянці j -ї палі; L_{ij} y_{ij} , – те саме, що у формулі 2

Отримане значення задаємо як відповідну числову в'язь (у вигляді погонної жорсткості на розтяг-стиск) у протилежному напрямку дії поперечного навантаження вздовж глобальної осі (x) посередині i -ї ділянки j -ї палі. Аналогічно визначається реактивний тиск ґрунту по бічній стороні плити R_{X2} . Також горизонтальний реактивний опір ґрунту можна представити у вигляді коефіцієнтів постелі C_{Z1} та C_{Z2} , що обчислюються вручну відомими методами або автоматично в системі Ґрунт.

Останнім кроком у вирішенні поставлених завдань з використанням двохконстантної моделі ґрунту є моделювання бічних сил тертя, що виникають між поверхнею конструкцій та ґрунтом основи (R_{Z3} та R_{X3}). У ПК ЛІРА це можливо вирішити шляхом застосування для палі відомого кінцевого елемента пружного зв'язку (КЕ 56), якому в протилежному напрямку дії сил бічного тертя вздовж глобальної осі (z) на кінцях i -ї ділянки j -ї палі задати величину погонної жорсткості зв'язку, що обчислюється за формулою:

$$EF_{ij} = \frac{N_{ij} \cdot L_{ij}}{S_{ij}}, \quad (4)$$

де EF_{ij} – жорсткість i -ї ділянки j -ї палі на стиск кН/м; N_{ij} – повздовжнє зусилля, що діє на i -й ділянці j -ї палі, кН; L_{ij} – довжина i -ї ділянки j -ї палі, м.

Аналогічно моделюються бічні сили опору по поверхні плити R_{X3} з використанням вищезгаданого одновузлового кінцевого елемента (КЕ56) та формули (3)

Описаний спосіб розрахунку плитно-палевих конструкцій на дію вертикального та горизонтального навантаження є достатньо складним та трудомістким, оскільки на практиці інженерно-геологічні умови майданчиків будівництва досить різноманітні, що потребує величезної кількості допоміжних обчислень.

Більш раціональнішим і потужнішим (за своїми можливостями) є метод, що базується на скінченно-елементній моделі конструкції та основи. Слід відзначити, що крім розрахунку, який враховує фізично нелінійні властивості ґрунту, маємо можливість оцінити і досконало дослідити напружено-деформований стан не тільки самої конструкції, але і масиву ґрунту, що її оточує.

Метод реалізується програмним комплексом ЛПРА, а саме системами ЛІР-ВІЗОР та Ґрунт і виконується поетапно на прикладі дослідження НДС протизсувної конструкції будівлі з підземним паркінгом у м. Києві.

На першому етапі необхідно власноруч чи за допомогою іншого програмного забезпечення виконати достатньо великий обсяг робіт із визначення стійкості схилу, величини тиску активного, пасивного та зсувного навантажень. Попередньо для сприйняття активного тиску ґрунту було передбачено підпірну стінку з буронабивних паль $d = 1,3$ м і довжиною $l = 23$ м, а для сприйняття зсувного тиску була розроблена стримувальна протизсувна конструкція, яка за рахунок реактивного опору стійкого ґрунту по поверхнях опор глибокого залягання здатна не допускати продавлювання і зсуву масиву ґрунту. До конструктивного рішення ввійшла система буронабивних паль $d = 1,0$ м довжиною $l = 11,5$ м і плита, що жорстко зв'язує палі між собою.

На другому етапі була розроблена математична скінченно-елементна модель протизсувної конструкції та ґрунтової основи. При моделюванні захисної конструкції застосовані скінченні елементи з лінійними характеристиками жорсткості у вигляді стержнів та пластин, а ґрунтова основа, в свою чергу, змодельована як сукупність фізично нелінійних скінченних елементів у вигляді трикутних призм. Ґрунтова основа моделювалася за результатами геологічних вишукувань із певним кроком триангуляції по глибині та в плані. Кожному шару ґрунту присвоювалися відповідні фізико-механічні характеристики.

Розрахункова скінченно-елементна модель, що реалізує конструктивне рішення протизсувної просторової конструкції, представлена на рис. 2

Також на цьому етапі вирішувались основні найбільш проблематичні та трудомісткі завдання,

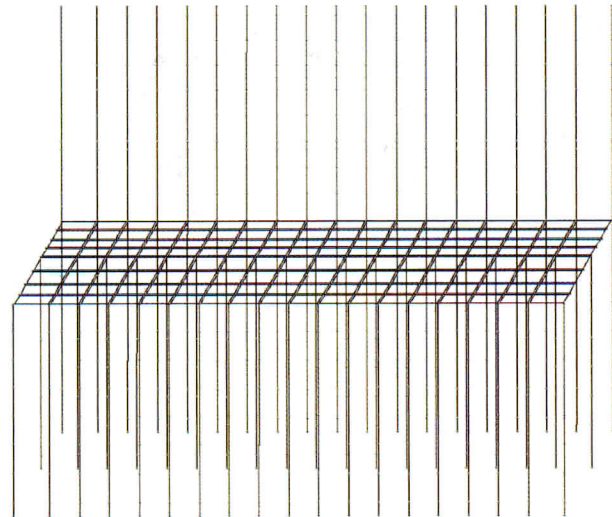


Рис. 2. Розрахункова скінченно-елементна модель протизсувної конструкції

що детально висвітлені в першому методі розрахунку. При цьому використовується менше людських ресурсів, адже з автоматизацією та інтеграцією обчислень залишається лише питання моделювання бічних сил тертя між конструкціями та ґрунтом (R_{z3} і R_{x3}) та вертикального опору основи під п'ятами паль (R_{z1}), що виконується аналогічно вищезгаданому методу. Останнього опору можна також позбутися, якщо використати просторову модель палі.

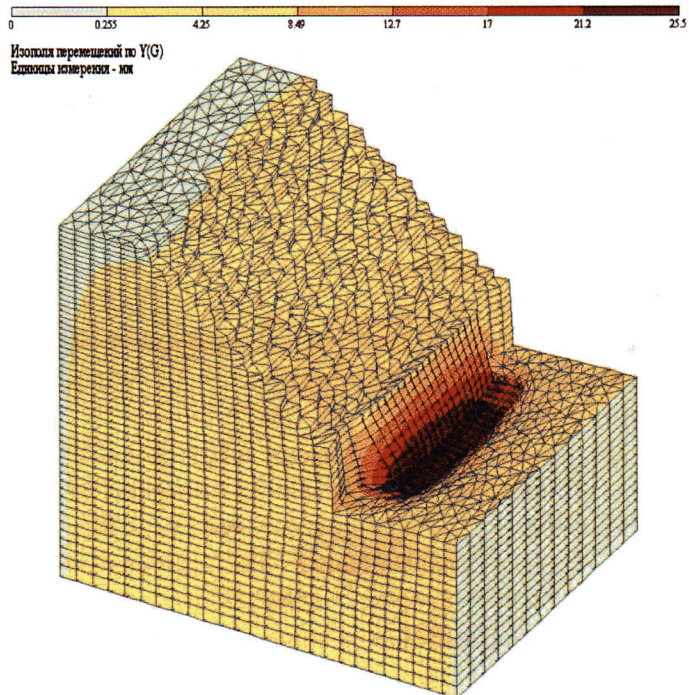


Рис. 3. Напружено-деформований стан системи ґрунт – протизсувна конструкція

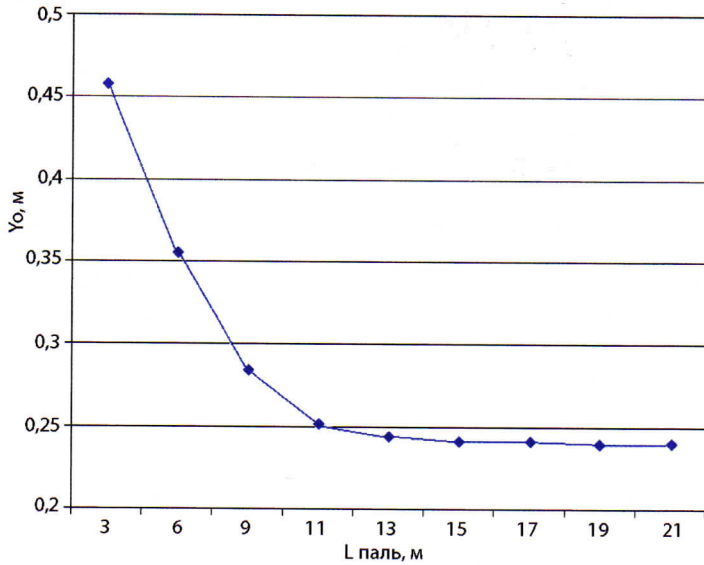


Рис. 4. Залежність горизонтального переміщення пиль від їх довжини

На наступному етапі розраховувались та досліджувались НДС системи ґрунт – протизсувна конструкція на дію різних навантажень (рис. 3).

Досліджувалась також залежність між горизонтальним переміщенням верхніх точок пиль від їх довжини, результат наведено на рис. 4.

На завершальному етапі розрахунків була виконана перевірка системи ґрунт – протизсувна конструкція на загальну стійкість. Розрахунок виконувався в припущенні, що поверхня ковзання проходить через нижню точку конструкції при сейсмічному впливі величиною 6 балів.

Висновок. Висвітлено метод, що дає можливість вести спільний розрахунок на вертикальну та горизонтальну дію плитно-палевих конструкцій та масиву ґрунту як єдиної скінченно-елементної системи програмного комплексу ЛІРА, враховуючи фізично нелінійні властивості та реактивні опори ґрунту. При цьому відбувається моделювання розрахункової схеми, що найбільше наближається до реальної. За допомогою розробленого методу виконано дослідження НДС системи ґрунт – протизсувна конструкція, встановлено залежність горизонтального переміщення пиль від їх довжини.

