



Рис.2 – Устройство подпорных стен из армированных грунтоцементных элементов при использовании подземного пространства

#### Список использованных источников

1. Степура И.В., Шокарев В.С., Павлов А.В. Выравнивание накренившихся зданий и сооружений // Труды II Международная научно-практическая конференция «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация». Минск (Республика Беларусь), БГУ. – 2001. С. 140-141.
2. Степура И.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Самченко Р.В. Из опыта реконструкции накренившегося здания // Труды Всеукраїнської науково-практичної конференції «Реконструкція будівель та споруд. Досвід та проблеми». Будівельні конструкції, вип. 54. – К.: НДБК. – 2002. – С. 80-82.

УДК 728:725:69.059:624.131.1

Ю.Л.Винников

### ГЕОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ ТА АДМІНІСТРАТИВНО-ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ НА ПОЛТАВЩИНІ

Найбільш поширені геотехнічні напрямки у реконструкції й технічній реабілітації об'єктів цивільно-житлового призначення Полтавщини на сьогодні визначаються загальною соціально-економічною ситуацією (як



то значна вартість нового будівництва, аварійний стан або необхідність капітального чи поточного ремонту частини існуючого житлового фонду, невідповідність старої забудови сучасним експлуатаційним вимогам, наявність незавершених чи "законсервованих" об'єктів тощо) й негативними інженерно-геологічними процесами (підтоплення територій, просадки, зсуви тощо).

Тому простежуються геотехнічні аспекти в:

- надбудові та перепрофілізації існуючих будівель;
- "розконсервації" об'єктів;
- використанні чи створенні підземних приміщень в існуючих будівлях;
- посиленні існуючих основ і фундаментів.

При проектуванні всі ці задачі можливо змоделювати універсальними програмними комплексами "PRIZ-Pile", "Start-2" та інш.

**Надбудова** одним-двома поверхами, влаштування мансард, заміна дерев'яних перекриттів на залізобетонні звичайно здійснюється без додаткового посилення існуючих основ і фундаментів будівель (житла, поліклінік, шкіл, адміністративних закладів) [1].

Ґрунти основ будівель Полтави представлені лесовими суглинками і глинами з фізико-механічними характеристиками:  $\rho = 1.54-1.86 \text{ т/м}^3$ ;  $W = 11-28\%$ ;  $e = 0.75-1.12$ ;  $W_L = 32-42\%$ ;  $W_p = 16-25\%$ ;  $I_p = 16-25\%$ ;  $\varphi^H = 14-32^\circ$ ;  $c^H = 5-46 \text{ кПа}$ . Фундаменти – стрічкові, шириною  $b = 0.55-1.15 \text{ м}$ . Глибина їх закладання  $d = 1.5-2.5 \text{ м}$ .

Натурні експериментальні дослідження показали, що для будівель з часом експлуатації 30-100 років при співвідношенні середнього тиску під подошвою фундаменту до розрахункового опору ґрунту природної структури  $p/R < 0.7$  ущільненої зони ґрунту під фундаментами практично не зафіксовано. При значенні  $p/R = 0.7-1.25$  товщина цієї зони не перевищувала  $0.5b$  і становила  $0.35-0.45 \text{ м}$ . У її межах структура лесу характеризується підвищенням щільності до  $5\%$ , а от значення кута внутрішнього тертя  $\varphi$  залишалось постійним або збільшувалось на  $1^\circ$  (іноді  $2^\circ$ ). Питоме зчеплення ґрунту зростає. Величину його при  $p/R = 0.7-1.25$  пропонується визначати за лінійною залежністю (при коефіцієнтах кореляції  $r = 0.95$  та варіації  $v = 0.057$ )

$$K_c = c_t / c = 0.23 + 1.09 \cdot (p/R), \quad (1)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт зростання питомого зчеплення ґрунту, що являє собою



співвідношення значень питомого зчеплення після його тривалого обтиснення під подошвою фундаменту  $c_t$  і в природному стані  $c$ .

Зростання модуля деформації ґрунту при тих же межах  $p/R$  можна розраховувати за аналогічною залежністю (при  $r = 0.93$ ,  $v = 0.041$ )

$$K_E = E_t / E = 0.61 + 0.55 \cdot (p/R), \quad (2)$$

де  $K_E$  – коефіцієнт зростання модуля деформації – відношення модуля деформації ґрунту після тривалого обтиснення  $E_t$  і в природному стані  $E$ .

Знаючи співвідношення  $p/R$ , множенням природних значень  $c$  та  $E$  на  $K_c$  і  $K_E$  можна розрахувати їх величини після тривалого обтиснення.

Для оцінки напружено-деформованого стану (НДС) таких основ і фундаментів використовують універсальний програмний комплекс "PRIZ-Pile" для ПЕОМ [2], що реалізує метод кінцевих елементів (МКЕ) (восьмивузлових ізопараметричних, віссиметричних, з квадратичним описом геометрії та поля переміщень за перерізом, з чотирма точками інтегрування) у фізично та геометрично нелінійній постановці. Він дає змогу використовувати, крім прямокутної сітки КЕ, ще й криволінійну.

Вихідні параметри пружно-пластичної моделі ґрунту отримують:

- в умовах одновимірної деформації при часі витримки кожного ступеня навантаження до стабілізації деформацій. Залежність модуля деформації ґрунту  $E_i$  від його об'єму (у компресійному кільці, КЕ)  $V_i$  на  $i$ -тому ступені тиску описують у таблиці чи виразом:

$$E_i / E_0 = 1 + a_0 [V_i / V_0 + \ln(V_i / V_0) - 1], \quad (3)$$

де  $E_0$  і  $V_0$  – модуль деформації та об'єм зразка ґрунту на початковій ступені навантаження;  $a_0$  – емпіричний коефіцієнт;

- зі стандартних випробувань ґрунту методом одноплощинного зрізу при аналогічних значеннях вертикального тиску. Залежність опору ґрунту зрізуванню  $\tau$  від нормальної напруги  $\sigma$  описується лінійною чи параболічною функцією.

До вихідних параметрів ґрунту відносяться також: співвідношення модулів деформації за горизонтальним і вертикальним напрямками осей (при представленні ґрунту анізотропним середовищем); питома вага ґрунту  $\gamma$ ; коефіцієнт Пуассона  $\nu$ .

Розрахунок МКЕ провадять за два етапи. Спершу для моделювання НДС тривалий час обтиснутої основи задають вимушені вертикальні переміщення (на величину стабілізованого осідання) вузлових точок, які імітують подошву фундаменту, чи прикладають до фундаменту



навантаження, при якому він експлуатується. При цьому в табличній і графічній формах (комплекс підпрограм "Pile Graph") визначаються напруження в ґрунті, зміну об'ємів КЕ, значення наведених властивостей ґрунтів у кожному КЕ: коефіцієнта пористості  $e$ , щільності сухого ґрунту  $\rho_d$ , модуля деформації, характеристик міцності.

До речі, змодельовані параметри ущільнення основ під подошвою фундаментів досить близькі до результатів емпіричних залежностей (1) і (2) [2].

Отримані показники ґрунту використовують на другому етапі – доведенні навантаження до значення, що запроєктоване на фундамент після реконструкції. Це навантаження прикладається кроками у вигляді зосередженої сили  $F_v$  до осьового вузла верхньої грані фундаменту. Враховується подальше ущільнення (розущільнення) ґрунту, перехід його в пластичний стан (із досягненням межі міцності відповідно до умови Мізеса-Шлейхера-Боткіна). Результатом етапу є залежність осідання фундаменту від навантаження, напруги (ізобари  $\sigma_z$ , розпори  $\sigma_r$ ) в масиві ґрунту на кожному із ступенів навантаження, зміни фізико-механічних характеристик ґрунту навколо фундаменту.

За час експлуатації ґрунт зворотної засипки ущільнюється. Між ним і бічною поверхнею фундаменту виникають сили тертя та зчеплення. За умови виключення відкопування, питомі сили тертя ґрунту за бічною поверхнею фундаменту дорівнюють [1]:

$$t = \gamma_c \cdot (P_g \cdot \operatorname{tg}\varphi + K \cdot c), \quad (4)$$

де  $\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи (для суглинку  $\gamma_c=1$ );  $P_g$  – тиск ґрунту на бічну поверхню фундаменту;  $K$  – коефіцієнт, який залежить від показника  $I_L$  глинистого ґрунту;

$$P_g = (1 + K_p) \cdot P_{ar}, \quad (5)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, що враховує додатковий тиск ґрунту від сил тертя (залежить від кута  $\varphi$ , відстані від поверхні до розрахункового рівня  $h$  і умовного радіуса фундаменту  $r_y$  (функція його зовнішнього периметра  $u$ ));

$P_{ar}$  – активний тиск ґрунту на фундамент:

$$P_{ar} = \gamma \cdot r_y \cdot F_1 + q \cdot F_2 - K \cdot c \cdot F_3, \quad (6)$$

де  $q$  – рівномірний тиск за поверхнею;  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  – коефіцієнти, які приймають за графіками залежно від  $\varphi$  та  $h/r_y$ .



Тобто, при проектуванні збільшення навантаження на існуючі фундаменти ми рекомендуємо враховувати зміщення їх основ, зміни конструктивної схеми та розмірів споруд і, в окремих випадках, сили тертя за їх арматурними елементами, у т. ч. з наступним електрохімічним закріпленням [7];

- додавання бічною поверхнею.

При “розконсервації” об’єктів експериментально досліджують зміни в стані основ і фундаментів. Внаслідок тривалого замокання основи у відкритих котлованах значення фізико-механічних характеристик ґрунту верхніх шарів, звичайно, суттєво знижуються (модуль деформації – у 2 та більше разів, питоме зчеплення – на 10-20 кПа).

Зміни НДС таких основ моделюють як комплексом “PRIZ-Pile”, так і “Start-2”. В останньому використане вісесиметричне й плоске рішення МКЕ змішаної пружно-пластичної задачі [3]. При її реалізації використовуються фізичні рівняння, що вміщують механічні характеристики ґрунтів, які визначаються за стандартними методиками.

За результатами розрахунків призначаються конструктивні заходи, зокрема монолітні залізобетонні пояси, армовані шви тощо, без додаткового посилення вже існуючих фундаментів. Таким шляхом, після десятирічного перерви були добудовані дев’ятиповерхові житлові будинки в Полтаві.

**Використання чи створення підземних приміщень в існуючих будівлях**, головним чином, у центральних частинах міст дає додаткові підземні об’єми, що використовують в якості складів, кафе, магазинів, підсобних приміщень, майстерень, сховищ (останнє - в офісах банків) [4]. При цьому звичайно реалізуються заходи із захисту просадочної основи будівель від замокання або, навпаки, водозахисні заходи із водозахисту підземних приміщень.

При проектуванні таких підземних приміщень: розрахункові схеми їх стін підвалів і фундаментів складають з урахуванням їх зносу, тиску ґрунту в його сучасному стані, тертя між стінками фундаменту та злежалим ґрунтом зворотної засипки; здійснюють їх перевірки на зрушення та перекидання.

Накопичено й досвід **посилення існуючих основ і фундаментів** шляхом:

- пересаджування будівель на виносні металеві палі, що занурюються вдавлюванням [5] чи пневмоспробійником [6], у т. ч. з наступним електрохімічним закріпленням їх основ;
- армування основи паль до більш міцного шару тощо.

Таким чином, маємо певну геотехнічну базу наукового супроводження реконструкції об’єктів цивільно-житлового призначення на Полтавщині.



### Список літератури

1. Яковлев А.В., Винников Ю.Л. Досвід проектування надбудов будинків Полтави та їх подальшої експлуатації. – Світ геотехніки - К.:НДІБК, 2000.-С.22-24.
2. Винников Ю.Л. До математичного моделювання зміцнення ґрунту під фундаментами будівель, які реконструюють// Будівельні конструкції. – Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 54.- К.:НДІБК, 2001.- С.160-163.
3. Зоценко М.Л., Борт О.В. Розрахунки міцності і деформацій основ з використанням рішень нелінійної механіки ґрунтів//Зб. матеріалів наук.-техн. семінару “Розрахунок будівель та споруд спільно з основою”. – К.-Львів: НДІБК, 2002. – С. 44-52.
4. Зоценко Н.Л., Винников Ю.Л., Яковлев А.В., Омельченко П.Н. Об устройстве подземных помещений в существующих зданиях// Сб. науч. тр. Национальной горной академии Украины №1 «Проблемы и перспективы освоения подземного пространства крупных городов».- Днепропетровск, РИК ИГАУ.-1998.- С.282-284.
5. Зоценко Н.Л., Винников Ю.Л., Бабенко В.А. Усиление фундаментов общественного здания методом вдавливания свай// Реконструкция Санкт-Петербург-2005: Материалы Международного симпозиума.Ч.2.- С.-Птб.,1993.-С.130-133.
6. Зоценко М.Л. Використання пневмопробійників при влаштуванні і реконструкції основ та фундаментів// Будівельні конструкції. – Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 54.- К.:НДІБК, 2001.- С.276-283.
7. Алпатов Ю.В., Зоценко М.Л. Поліпшення властивостей основи фундаментів армуванням ґрунтовими палями, утворенням електрохімічним закріпленням// Будівельні конструкції. – Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 55.- К.:НДІБК, 2001.- С.203-210.