

УДК 624.131

М.Л. Зоценко, д.т.н., проф.

Ю.Л. Винников, д.т.н., проф.

Г.Т. Стороженко, к.т.н., доц.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

П.М. Омельченко, к.т.н.

ТОВ «ЕКФА», м. Полтава

## ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ ПАЛЯМИ З ТРУБОБЕТОНУ

*Наведено досвід використання палей з труобетону для підсилення фундаментів мілкового закладання існуючих будівель за умов підтоплення територій.*

**Ключові слова:** фундамент мілкового закладання, паля, труобетонна конструкція, підсилення.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.** Переважна частина території України знаходиться в складних інженерно-геологічних умовах (як-от: просадочні, слабкі та насипні ґрунти, підтоплені території і т. ін.), у яких будівництво та експлуатація об'єктів пов'язані із загрозою розвитку нерівномірних деформацій (прогин, вигин, перекид, крен), що викликають появу тріщин у несучих конструкціях і зниження експлуатаційної надійності будівель та споруд [1]. Одночасно через дорожнечу нового будівництва чи його складність за умов щільної міської забудови зростають обсяги реконструкції будівель і споруд. Поширеними стають їх надбудови й перепланування внутрішнього простору, що призводить до зростання навантаження на існуючі основи та фундаменти [2 – 8].

**Огляд останніх досліджень джерел і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Тому будівельники при реконструкції будівель та споруд доволі часто, а особливо за умов підтоплення територій, змушені розв'язувати питання підсилення існуючих фундаментів, зведених з вийманням ґрунту, зокрема пересаджуванням їх на палі різних видів (наприклад, збірні, що занурюють вдавлюванням або з використанням пневмопробійників, буроін'єкційні, буронабивні, ґрунтоцементні та ін.), що передають навантаження на глибші міцні ґрунти. При цьому існуючі фундаменти пересаджують на виносні палі чи палі підводять під підшву фундаменту [2 – 11]. Несучу здатність і кількість таких палей визначають розрахунком або за даними попередніх натурних випробувань.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** За умов підтоплення територій, складених лесоподібними чи насипними ґрунтами, є пропозиції використовувати для підсилення фундаментів існуючих будівель палей з труобетону [4, 5, 9, 10, 12]. Однак для їх більш широкого впровадження в геотехнічну практику потрібен певний практичний досвід на натурних об'єктах.

Виходячи з вищесказаного, за **мету роботи** прийнято науково-технічне супроводження методу підсилення фундаментів існуючих будівель палями з труобетону на об'єктах реконструкції.

**Основний матеріал і результати дослідження.** Характерним об'єктом застосування палей з труобетону для підсилення існуючих фундаментів є реконструкція Будинку культури та техніки бавовняно-прядильної фабрики в центральній частині Полтави. Двоповерхова цегляна будівля без підвалу була зведена в 1958 р. Її розміри в плані складають 65 x 33,5 м, а товщина несучих стін 510 та 640 мм. Фундаменти

влаштовані з вийманням ґрунту, стрічкові, бутові, з шириною підошви 1100 і 1500 мм при глибині закладання 2,95 та 3,25 м. Залізобетонні пояси відсутні.

Виникнення тріщин уперше було зафіксовано ще в 1975 р. через загальне підняття рівня ґрунтових вод у центрі Полтави, внаслідок чого суттєво знизилися значення механічних характеристик насипних і лесоподібних ґрунтів, що слугували основою фундаментів. Уже через 15 років ширина розкриття тріщин у несучих стінах місцями (переважно у фасадній частині) досягла кількох сантиметрів, через що фасадна частина разом з портиком почала помітно «відриватися» від іншої частини будівлі. Як показало геометричне нівелювання II класу точності з використанням ґрунтового репера та 20 стінових осадкових марок за всім периметром будівлі, швидкість розвитку осідань фасадної частини досягла 5–12 мм/рік.

Технічний стан фундаментів було визначено як «задовільний». Ґрунтовий масив складали такі інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

– ІГЕ-1 – насипний (неоднорідний як за площею, так і за глибиною шару) ґрунт, з умістом органічних речовин  $I_r = 0,05 - 0,113$  та опором статичному зондуванню  $q_s = 0,2 - 2,0$  МПа (суміш ґрунтово-рослинного шару й суглинку з будівельним і побутовим сміттям) потужністю 1,7 – 8,7 м;

– ІГЕ-2 – суглинок лесоподібний від напівтвердого до м'якопластичного, потужністю до 2,7 м зі значеннями фізико-механічних властивостей: коефіцієнт пористості  $e = 0,895$ ; коефіцієнт водонасичення  $S_r = 0,75$ ; питома вага ґрунту  $\gamma_{II} = 17,6$  кН/м<sup>3</sup>; кут внутрішнього тертя ґрунту  $\varphi_{II} = 24^\circ$ ; питоме зчеплення ґрунту  $c_{II} = 13$  кПа; модуль деформації ґрунту  $E = 5,5$  МПа;  $q_s = 0,8 - 1,4$  МПа;

– ІГЕ-3 – суглинок лесоподібний потужністю до 3,7 м ( $e = 0,78$ ;  $S_r = 0,97$ ;  $\gamma_{II} = 19,0$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{II} = 28^\circ$ ;  $c_{II} = 8$  кПа;  $E = 7$  МПа;  $q_s = 0,6 - 2,0$  МПа);

– ІГЕ-4 – суглинок тугопластичний до глибини 12 м ( $e = 0,81$ ;  $S_r = 0,94$ ;  $\gamma_{II} = 18,8$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{II} = 26^\circ$ ;  $c_{II} = 13$  кПа;  $E = 9,5$  МПа;  $q_s = 2,0 - 6,0$  МПа).

Рівень ґрунтових вод досяг 4,5 – 4,8 м від поверхні землі, а найбільша насипна товща якраз і відповідала фасадній частині будівлі. Середній тиск під підошвою фундаменту склав  $p \approx 0,2$  МПа. Активізація осідань фасадної частини будівлі викликана замоканням насипного ґрунту ІГЕ-1, на який спирались її фундаменти, внаслідок підтоплення території.

Через значну насипну товщу підсилення фундаментів здійснювалося шляхом передачі навантаження від стрічкових фундаментів на палі. Кожна паля складалася з 2 – 4 секцій металевий труб діаметром 168 мм і довжиною 3 м, які послідовно зварювалися між собою в процесі їх вдавлювання. Перша секція палі мала металевий наконечник із кутом при вершині  $30^\circ$ . Палі прорізували ІГЕ-1, ІГЕ-2, ІГЕ-3 й входили в ІГЕ-4. Несуча здатність дванадцятиметрових паль складала  $F_d = 259,3 - 441,0$  кН.

На першому етапі підсилення з обох боків від несучої стіни відривали шурфи розміром 1,5 x 1 м і глибиною 2 м із середини та 0,8 м – ззовні будинку. За допомогою компресора й перфоратора пробивали отвори в бутовій кладці фундаменту, після чого встановлювали опалубку, арматурні каркаси та бетонували монолітні розподільчі балки довжиною 2200 мм і перерізом 500 x 500 мм. При бетонуванні в балці залишали відрізки труби діаметром 214 мм і по 4 анкерні болти з кожного кінця балки (рис. 1).

До вдавлювання паль бетон 28 діб набрав міцність. Пристосування для вдавлювання паль установлювали на розподільчу балку та закріплювали з використанням анкерних болтів. Кожне пристосування містило дві опорні плити, чотири стояки з металевих кутиків, два гідроциліндри діаметром 110 та 130 мм, захват для паль, петлю для



будівлю з підвалом зведено ще на початку минулого століття. Фундаменти – цегляні. Їх основою служили лесоподібні суглинки, та через підтоплення території, як і в попередньому прикладі, суттєво знизилися значення механічних характеристик ґрунту. За цих умов середній тиск під подошвою фундаментів виявився в 1,5, а місцями до 2 разів більшим за розрахунковий опір ґрунту. Відновилися нерівномірні деформації основи будівлі, а з ними продовжився розвиток тріщин у несучих стінах.

Палі (окремими ланками, що зварювали між собою) занурювали в ґрунт з обох боків від стін пневмопробійником. Для збільшення їх несучої здатності використано електрохімічний спосіб закріплення ґрунту [1], що базується на спроможності іонів заліза, дисоційованих при пропусканні постійного електричного струму, вступати в реакцію з ґрунтом і утворювати з ним цементуючі з'єднання. Після пропускання струму навкруги сталевих паль міцність ґрунту підвищується (за рахунок спроможності електролітично асоційованого заліза утворювати в ґрунті цементуючі новоутворення й участі реакційно спроможного кремнезему, що є в ґрунті, й теж утворює цементуючі з'єднання внаслідок проходження постійного електричного струму).

Для перевірки впливу закріплення у водонасичені лесові ґрунти на глибину 9,5 м було занурено 25 металевих паль, відстань між якими склала 1 м. Їх прийняли за аноди, як катоди використали занурені на ту ж глибину арматурні стрижні зі сталі А-І  $\varnothing=20$  мм. За

Вертикальне статичне навантаження на палю  $F$ , кН

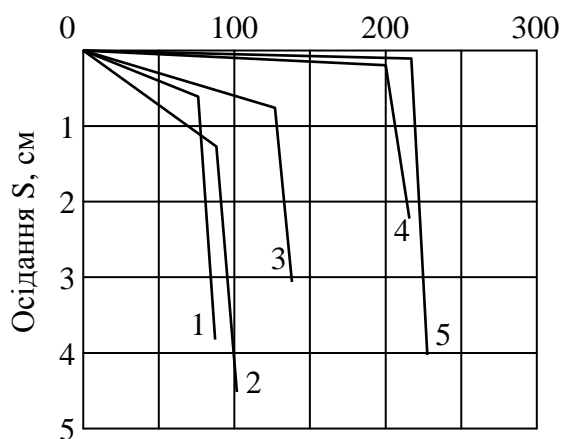


Рисунок 2 – Залежність «навантаження – осідання» за кількості енергії на 1 м.п. палі: 1 – без закріплення; 2 – 9 кв/год; 3 – 18,6 кв/год; 4 – 28,4 кв/год; 5 – 32,4 кв/год

джерело постійного струму використано зварювальний випрямляч електричного струму ВС-600. При обробці ґрунту струмом робоче напруження склало 60 В, а сила струму – біля 100 А.

На рис. 2 подано графіки «навантаження – осідання» при різній кількості енергії на 1 м.п. палі. Характерним є загальне окреслення графіків. Зі збільшенням кількості електроенергії воно стає крутішим, тобто чіткіше фіксується зрив палі. Це свідчить про те, що міцність ґрунту забезпечується за рахунок його зчеплення. Чим більше електроенергії, тим більше зчеплення ґрунту [1].

Сумарні додаткові осідання будівлі за період підсилення фундаментів і наступні два роки

експлуатації не перевищили 4 мм.

**Висновки.** Таким чином, результати науково-технічного супроводження підсилення фундаментів мілкого закладання існуючих будівель палями з труобетону на об'єктах реконструкції свідчать про достатньо високу надійність цього методу, хоча за тривалістю робіт він менш конкурентоспроможний.

#### Література

1. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / [М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлєв та ін.]. – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – 568 с.
2. Зоценко, М.Л. Підсилення основ та фундаментів при реконструкції будівель / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, О.В. Борт // Бетон и железобетон в Украине. – 2006. – № 1. – С. 2–8.
3. Винников, Ю.Л. Практикум з експлуатації основ і фундаментів сільських будівель / Ю.Л. Винников, А.В. Яковлєв, В.М. Мукосєєв. – К.: Урожай, 1995. – 144 с.

4. Зоценко М.Л. Сучасні проблеми пальового фундаментобудування / М.Л. Зоценко // Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. зб. – К.: НДІБК, 2004. – Вип. 61. – Т. 2. – С. 33–39.
5. Коновалов, П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий: монография / П.А. Коновалов, В.П. Коновалов. – М.: АСВ, 2011. – 384 с.
6. Улицкий, В.М. Геотехническое сопровождение развития городов (практическое пособие по проектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки) / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин – СПб.: «Стройиздат Северо-Запад», Группа компаний «Геореконструкция», 2010. – 551 с.
7. Мангушев, Р.А. Геотехника Санкт-Петербурга: монография / Р.А. Мангушев. – М.: АСВ, 2010. – 264 с.
8. Тугаенко, Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай и свайных фундаментов / Ю.Ф. Тугаенко. – Одесса : Астропринт, 2008. – 216 с.
9. Mandolini, A. Pile foundations: Experimental investigations, analysis and design / A. Mandolini, G. Russo, C. Viggiani // Active Geotechnical Design in Infrastructure Development: Proc. of the XIII Danube-European Conf. on Geotechnical Engineering. – Ljubljana, 2006. – Vol. 2. – P. 177–213.
10. Савинов, А.В. Применение свай, погружаемых вдавливанием, при реконструкции исторической застройки городов: автореф. дис. на соискание науч. степени д-ра техн. наук: 05.23.02 / А.В. Савинов. – Волгоград : ВГАСУ, 2008. – 34 с.
11. Блащук, Н.В. Сумісна робота існуючого фундаменту і паль при його підсиленні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.23.02 / Н.В. Блащук. – К.: ДП НДІБК, 2012. – 20 с.
12. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 181 с.

М.Л. Зоценко, д.т.н., проф., Ю.Л. Винников, д.т.н., проф., Г.Т. Стороженко, к.т.н., доц.  
 Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
 П.Н. Омельченко, к.т.н.  
 ООО «ЕКФА», г. Полтава

## УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ СВАЯМИ ИЗ ТРУБОБЕТОНА

*Приведен опыт использования свай из трубобетона для усиления фундаментов мелкого заложения существующих зданий в условиях подтопления территорий.*

**Ключевые слова:** фундамент мелкого заложения, свая, трубобетонная конструкция, усиление.

M.L. Zotsenko, Dr.Tech.Sc., Prof., Y.L. Vynnykov, Dr.Tech.Sc., Prof., G.T. Storozhenko, Ph.D., Docent  
 Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk  
 P.M. Omelchenko, Ph.D.  
 TOV "EKFA", Poltava

## STRENGTHENING OF THE FOUNDATIONS BY PILES OF CONCRETE TUBE

*Experience of use the piles of concrete tube for strengthening of the shallow foundations of existing buildings when underflooding of territories is presented.*

**Keywords:** shallow foundation, pile, concrete tube construction, strengthening.

Надійшла до редакції 7.09.2012

© М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, Г.Т. Стороженко, П.М. Омельченко