

classification of existing methods and technical means of heating oil products, a description of the structures and the principles of operation of effective metal fiberglass electric heaters, technical specifications are given, features of their installation and operation under various conditions are described,

scientifically based recommendations for their selection and further effective use at various enterprises are given.

Key words: oil products heating, electric heaters, mortise, immersion and flow heaters.

DOI: 10.29295/2311-7257-2020-99-1-42-48
УДК 624.154.54

Вандоловський О. Г., Шептун С. Ю.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка.
(вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002. Україна; e-mail: awondol@gmail.com, zoooms@ukr.net
orcid.org/0000-0003-1085-9444, orcid.org/0000-0002-1981-4560).*

РЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ДРІБНОЗЕРНИСТОЇ БЕТОННОЇ СУМІШІ В ПАЛЯХ, ЯКІ ФОРМУЮТЬ В ПОПЕРЕДНЬО СФОРМОВАНИХ СВЕРДЛОВИНАХ

В роботі представлена технологія отримання особливо міцного, дрібнозернистого бетону для тонкостінних паль в цивільному будівництві. Досліджено вплив стискаючих навантажень на структуру води в бетонній суміші. Визначено оптимальний діапазон стискаючих навантажень на бетонну суміш. Теоретично розглянуті реологічні показники дрібнозернистої бетонної суміші. З урахуванням фізичних властивостей рідинної фази розроблено технологічні рішення, що дозволяють використовувати особливості реологічних показників води шляхом поділення процесу пресування на три етапи. Визначено оптимальне співвідношення початкового і залишкового В/Ц при ущільненні дрібнозернистої бетонної суміші. За допомогою теоретичних розрахунків встановлено, що існує реальна можливість виготовлення бетонних паль на основі дрібнозернистого бетону методом пресування, які міцно з'єднуються з оточуючим ґрунтом стінок попередньо пробурених свердловин.
Ключові слова: ущільнення дрібнозернистого бетону; реологічні властивості бетонної суміші.

Вступ. На відміну від звичайного важкого бетону, в дрібнозернистому бетоні дуже важливу роль відіграє розвинута поверхня складових бетону. В зв'язку з цим значний вплив відіграє рідка фаза - вода. В подальшому буде розглянуто різні види за структурою та її вплив на технологічні особливості ущільнення бетонної суміші.

Виготовлення фундаментів у вигляді тонкостінних паль на основі дрібнозернистого бетону методом пошарового пресування в попередньо пробурених свердловинах є економічно і технічно виправданим. Сили щеплення між зовнішньою поверхнею паль та з незруйнованим сухим ґрунтом (глинистим, супіщаним, суглинком) $F_1=0.54 \text{ кг/см}^2$, що значно перевищує міцність на зсув палі за технологією Страуса $F=0.34 \text{ кг/см}^2$, та рекомендованих

згідно ДБН В. 2. 1 -10:2018 – $F=0.25 \text{ кг/см}^2$ для буро-набивних паль.

Матеріали і методи досліджень. Обумовлені метою і завданнями роботи і базуються на системному підході. В даному дослідженні застосовуються стандартні методи аналізу та систематизації наукових видань по темі дослідження; аналіз першоджерел; методи структурного, факторного та порівняльного аналізу і виконана графоаналітична систематизація.

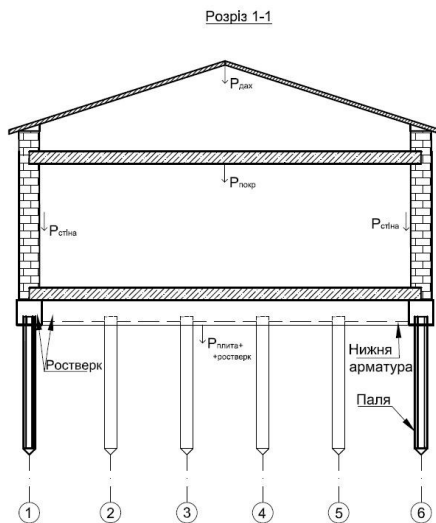
Результати дослідження.

Призначення фундаментів – передавати навантаження від ваги споруди на ґрунт. Конструкція та структура фундаменту повинна забезпечити довготривале існування споруд без появи тріщин в стінках будинку. Навантаження, отримані розрахунками згідно вимогам ДБН В.2.1-10-2018 повинні збільшуватися

застосуванням коефіцієнту надійності. При цьому необхідно враховувати дію зовнішніх впливів, як наприклад, зниження температури взимку (промерзання ґрунту) з наступним розм'якшенням ґрунту

Традиційна (загально прийнята) конструкція фундаментів для одно-триповерхових будинків на селі та околицях міст, а також в заміських садах – це стрічкові фундаменти, які виготовляються з бетону або з окремих залізобетонних блоків [1].

а)



б)

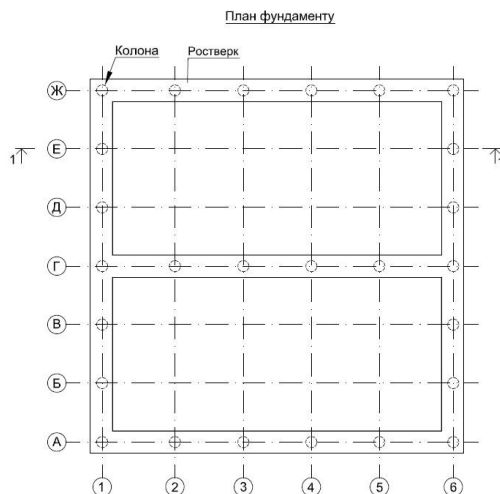


Рис. 1. Сільський будинок на пальовому фундаменті: а – загальний вигляд; б – план основи.

В зв'язку з деформацією ґрунту після морозів, стрічковий фундамент заглиблюють нижче зони промерзання (на півночі України до 1.2м). При ширині фундаменту 0.3м для трикімнатного будинку витрата

бетону дорівнює 40м³. Значно зменшити витрати бетону можливо за рахунок використання пальових фундаментів, загальний вигляд якого надано на рис. 1.

Палі об'єднують поверху балкою, яка має назву ростверк. Ростверк сприймає навантаження від несучих конструкцій будівлі та рівномірно розподіляє її на палі.

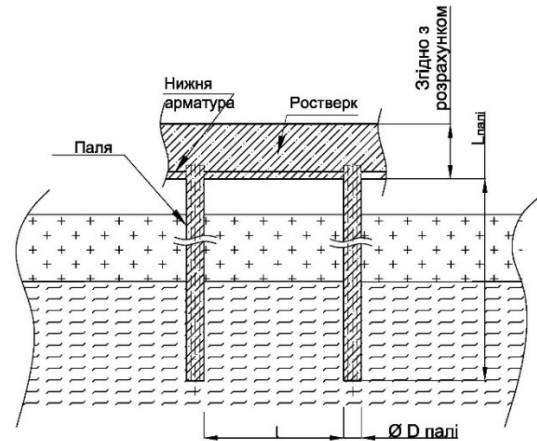


Рис. 2. Пальовий фундамент з ростверком.

Палі розділяють на два типи: висячі, які контактують з ґрунтом боковою поверхнею (тобто силою тертя об ґрунт τ , яка зазначена в вищезгаданих нормах ДБН), та палі-стійки, які спираються на скельний ґрунт. Такі палі використані в якості основи для хмарочосів в США, які більше ста років утримують цілісність споруд. В сільській місцевості в Україні слід розраховувати в основному на можливість використання висячих паль [2]. Перевага фундаментів на палях перед стрічковими в тому, що палі можна заглибити в ґрунт значно глибше зони промерзання. Технологія виготовлення паль надана на (Рис.3, І). Ручним буром виготовляють свердловину, яку згодом заповнюють бетоном. Але тому, що ручна робота з буріння була дуже важка, палі Страусса отримали обмежене застосування. В теперішні часи умови буріння полегшилися. З'явилися легкі пересувні ямобури, які дозволяють майже автоматично зі швидкістю 1м/хв отримувати свердловину. Вартість устаткування для буріння свердловин діаметром 100 - 200мм – 10 - 20 тис. гр. Завдяки можливості відносно легкого засобу буріння розроблено засіб

формування палі в середині отвору вибуреної свердловини.

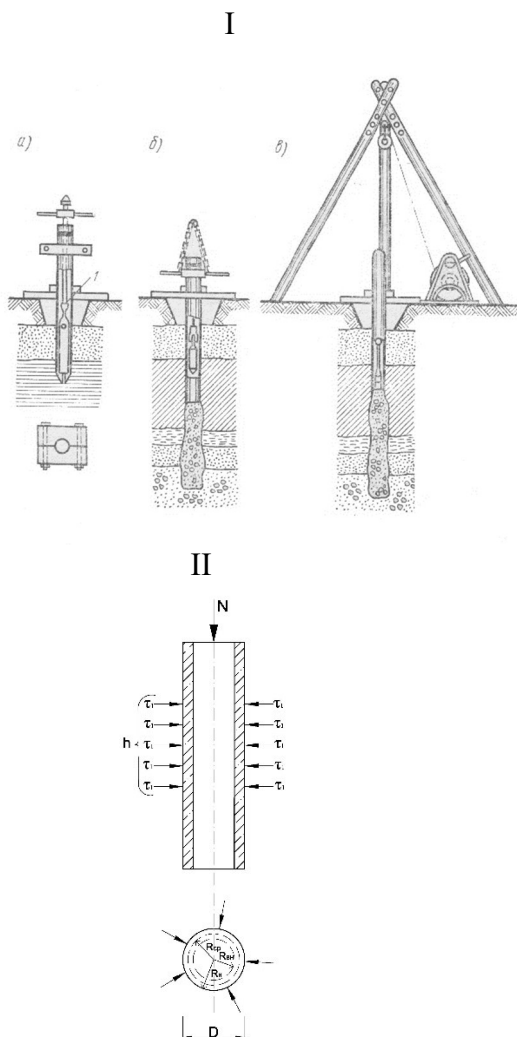


Рис. 3. I) Схема виготовлення палі Страуса: а) Буріння свердловини; б) Подача бетону в трубу; в) Трамбування бетону; II) Конструкція пальової основи і діючі зусилля: N – вертикальне навантаження, f – зусилля зчеплення палі з ґрунтом, h – товщина шару несучої частини палі в ґрунті. II) Тонкостінна паля за розробленою технологією.

В зв'язку з тим, що паля має малу товщину стінки C ($C=0,1\dots0,2D$), де D – діаметр палі. Заповнювач бетону для палі не може бути більшим, як $1/3 C$, тобто дрібнозернистим. Максимальна щільність і міцність бетону досягається при найбільш щільному пакуванні заповнювача при мінімальній товщині плівки води.

Бетонна суміш є 3-х фазовою системою: тверда, рідка і газоподібна. Є. Фрейсіне [3] запропонував вираз $\frac{w+a}{c}$ як фактор, що характеризує ступень ущільнення бетону (w – об'єм води, a – газу, c – цементу). При $\frac{w+a}{c} \rightarrow \min$ досягається максимальна структурна щільність.

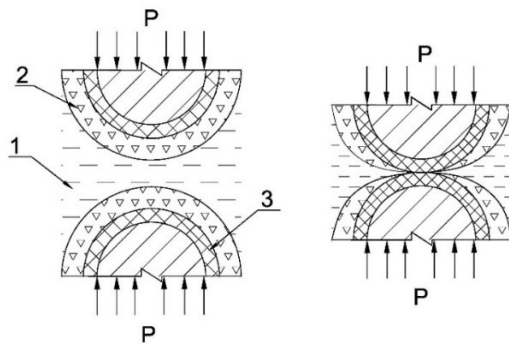
Отримання високоміцних водонепроникних бетонів з дрібнозернистих бетонних сумішей вимагає використання інтенсивних способів ущільнення бетонної суміші, наприклад, тромбування, пресування або роликового прокату [4].

Пресування, як метод ущільнення бетонних сумішей, розповсюджений в виробництві бетонних труб. Цим методом досягнуто високі показники по міцності бетонів на цементному в'язучому [5,6]. На (Рис. 3.ІІ) представлена тонкостінна паля за розробленою технологією.

З метою розробки способів, що забезпечують підвищення щільності і однорідності дрібнозернистого бетону без застосування високого тиску, розглянуто процеси в бетоні при пресуванні. Бетонна суміш складається з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Тверда фаза представлена складовими: «С» – цемент, «GS» – заповнювач. Зменшення їх об'єму при ущільненні неможливе. Газоподібна фаза «А» і рідина «W» під дією сили «Р» змінюються в об'ємі, одночасно фаза «А» може стискатись, витіснятись і розчинятись у рідині [7].

Рідка фаза має різноманітні форми зв'язку з поверхнею твердого тіла. Найближчі до твердої поверхні шари рідини частково набувають властивостей твердого тіла – адсорбційна або міцнозв'язана рідина. Щільність води в такому шарі – $1,2-2,0 \text{ г/см}^3$, міцність при зсуві – 104 МПа . За межами вищевказаного шару розташовується дифузійнозв'язана (рихлозв'язана) рідина. Властивості дифузійної рідини також відрізняються від властивостей звичайної рідини. Так, вода в дифузному шарі не замерзає при температурі 1°C , швидкість її пересування в капілярах менше ніж вільної води, яка залежить від температури [8,9].

а)



б)

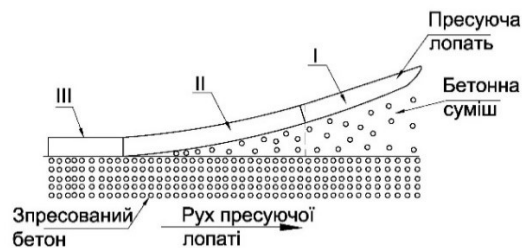


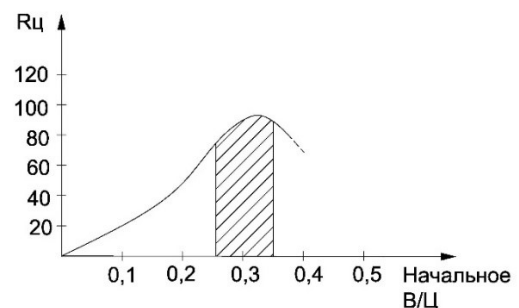
Рис. 4. Зближення твердих частин і зміння форм зв'язку рідкої фази: а) різні види і положення води під час ущільнення суміші; Різновиди рідини по типу зв'язків: 1 – вільна; 2 – рихлозв'язана (дифузна); 3 – міцнозв'язана (адсорбційна). б) технологія ущільнення згідно теоретичних розрахунків: I, II, III – сегменти лопаті для пресування бетону.

Ущільнення двофазної системи (після усунення фази «А») відбувається за рахунок подальшого зближення частинок твердої фази (Рис. 4.а). Зменшення об'єму можливо тільки за рахунок складової «W». Фази «W», «C», «GS», не зменшуються в об'ємі за рахунок тиску. Тому зменшення об'єму можливо тільки при віджимі надлишку «W». Процес зближення твердих частинок проходить як на макрорівні, так і на мікрорівні. Тиск «Р» (Рис 4, а) прикладений до сольватованих частинок цементу викликає зближення цих частинок і сприяє збільшенню інтенсивності сил притягнення між ними. Оптимальне ущільнення досягається коли зближення приведе до дотику адсорбованих шарів рідини між собою. За І. Н.

Ахвердовим [4] при дотику шарів рідин відбувається міжмолекулярна взаємодія.

Бетонна суміш може містити різну кількість води: при відносно малій її кількості, коли присутні тільки адсорбційні шари, переміщення твердих частинок потребує значних зусиль, причому ущільнення можливо без віджимання води. Елбакідзе М. Г. виконав експерименти по визначенню впливу початково введеної кількості води на властивості пресованого цементного тіста в [10]. За цими даними нами побудовані графіки (Рис 5). Перший графік демонструє зв'язок між початковим водо-цементним відношенням і міцності при стиску. Другий – вплив залишкового водоцементного відношення при пресуванні $P = 2,0$ МПа. Графіки вказують, що максимум міцності R_b досягається у випадку, коли кількість початкової води перевищує її залишковий об'єм. При $V/C_{\text{поч}} = 0,2-0,4$ після пресування залишається $V/C_{\text{зал}} = 0,24-0,26$.

а)



б)

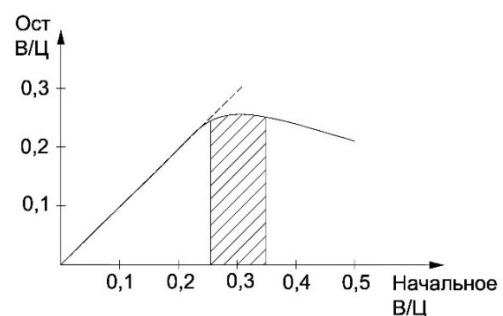


Рис. 5. – а) Залежність міцності R_c пресованих (2,0 МПа) зразків цементного тіста від початкового V/C ; б) Залежність кінцевого від початкового співвідношення V/C цементного тіста при тиску (2,0 МПа).

Віджим надлишку вологи при пресуванні приводить до зменшення В/Ц в бетоні. Зразки, що пресуються тонкими шарами, після зняття опалубки відрізняються від зразків, ущільнених за один прийом тим, що їх поверхня вкрита вологою. Із щілин між елементами форми в процесі пресування шарами проходить віджимання вільної рідини [11,12].

При виготовленні паль у свердловинах можна використовувати вигнуту лопать для пресування бетону (Рис 4, б.). Лопать пресує бетон у три стадії. На першій стадії відділяється фаза «А». На другій стадії відбувається віджим вільної води. На третій стадії на бетонну суміш діє сталий тиск для підсилення міжмолекулярної взаємодії молекул міцнозв'язаної (адсорбційної) води на межі контакту шарів адсорбованої води між собою. В результаті ущільнення бетону отримуємо палі з підвищеною несучою здатністю по міцності бетону і щеплення з ґрунтом.

Обговорення результатів. Зусилля пресування P повинно відповідати визначеному складу бетону і не виходити за межі області оптимальних значень. При зусиллях пресування $P > 2$ МПа під час віджимання рідини виникають турбулентні явища, що викликає редеформацію структур цементного тіста під впливом адсорбованих молекул води і таким чином порушується щільності усієї системи [4].

Залежність P_0 від вологості суміші ($V/C_{\text{поч}}$) можна знайти в літературі [4,13,14]. По цим даним опір бетонного розчину різко падає при тиску $P > 0,02$ МПа і залишається практично однаковим в діапазоні 0,02...2,0 МПа. Подальше підвищення тиску не ефективне. По мірі зниження інтенсивності пресування і зменшення його тривалості зона оптимальних значень товщини шару зміщується в сторону менших величин. Залежності між основними параметрами пресування показує, що основні технологічні параметри: зусилля пресування, час пресування, товщина шару, що піддається пресуванню – найбільше впливають на якість ущільнення.

Висновки.

1. Для виготовлення тонкостінних паль необхідно використовувати дрібнозернистий бетон. Згідно з Ю. М. Баженовим, дрібнозернисті бетони більш жорсткі і потребують інтенсивних методів ущільнення суміші. Це можна пояснити розвинутою поверхнею дрібнозернистого заповнювача.

2. Одним з ефективних методів ущільнення є пресування. З метою встановлення оптимальних технологічних рішень при пресуванні. Теоретично розглянуті реологічні показники суміші. Встановлено, що значну роль в цьому процесі грає рідина фаза, а саме – вода.

3. Встановлено, що структура води змінюється, в процесі ущільнення суміші: під впливом активних центрів поверхні твердої фази вода розподіляється на три види шарів: адсорбційну (міцнозв'язана), дифузійну (рихлосв'язана), вільну.

4. З урахуванням фізичних властивостей рідинної фази розроблено технологічні рішення, що дозволяють використовувати особливості реологічних показників води шляхом поділення процесу пресування на три етапи: 1- ущільнення за рахунок виділення газової фази; 2 – ущільнення за рахунок виділення вільної рідини; 3 – ущільнення шляхом зближення шарів рихлопов'язаної вологи.

5. Експериментально доведено, що при використанні розроблених технологічних рішень досягається ущільнення бетону із залишковим $V/C = 0,24-0,26$, який є оптимальним за показником міцності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Баженов Ю. М., Комар А. Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. М., Стройиздат, 1984. с. 672.
2. Самородов А.В., Табачников С.В. Способ определения сил сопротивления песчаного грунта по боковой поверхности модельной сваи в состоянии покоя. 36. наук. праць: Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, 2015. Вип. 5 (79). С. 91-95.

3. Горганов Г. И. Савин В. И. и др. Состав, структура и свойства цементных бетонов. Стройиздат, М., 1976. с. 213.
4. Ахвердов И. И. Основы физики бетона. Стройиздат, М., 1981. с. 466.
5. Люлько О.О., Бондар В.О. Особливості формування трубчатих паль в підтоплених ґрунтах // Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, 2016. - №3 (85). - С. 158-162.
6. Вандоловский А. Г., Угинчус Д. А., Улитина Г. А. Повышение плотности бетона неармированных бетонных труб. Труды «Водгео», гидротехника, вып. 5, М., 1975. С. 16-21.
7. Фадеева В. С. Формуемость пластичных дисперсных масс. Стройиздат, М., 1961. с. 163.
8. Рыжов С. Н. Зависимость адсорбции от величины зерна адсорбента. Сб. Труды ВНИИУАА, вып. 18. Физика почв, ВАСХНИЛ, М., 1937. С. 41-48.
9. Негиль А. М. Свойства бетона. Стройиздат, М., 1972. с. 344.
10. Мчедлов-Петросян О. П., Вандоловский А. Г., Ладыженский В. Н. Бетонные трубы для водохозяйственного строительства. Стройиздат, М., 1971 с.94.
11. Элбакидзе М. Г. Прессование и вибропрессование цементного теста, раствора и бетона. Известия ТНЦГЭИ, 1976.
12. Соломатов В. И. Элементы теории композиционных строительных материалов. Изв. ВУЗов, СиА, 1980, № 8 с. 61-70.
13. Дистлер Г. И. Электрическая структура реальных поверхностей твердых тел и формирование граничных слоев с особыми свойствами, обеспечивающими передачу дальнего действия влияния твердых тел. // Сборник докладов IV конференции по поверхностным силам. М., «Наука», 1972. С. 245-261.
14. Табачников С. В., Найдьонова В. Є. Допитання математичного моделювання роботи бурових паль з урахуванням довантажувальних сил тертя, що діють по бічній поверхні Зб. наук. праць: Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, 2018. Вип. 2 (92). С. 184-188.

Вандоловський А. Г., Шептун С. Ю.
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

УПЛОТНЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ В СВАЯХ, КОТОРЫЕ ФОРМИРУЮТ В ПРЕДВАРИТЕЛЬНО СФОРМИРОВАННЫХ СКВАЖИНАХ.

В работе представлена технология получения особо прочного, мелкозернистого бетона для тонкостенных свай в гражданском строительстве. Исследовано влияние сжимающих нагрузок на структуру воды в бетонной смеси. Определен оптимальный диапазон сжимающих нагрузок на бетонную смесь. Теоретически рассмотрены реологические показатели мелкозернистой бетонной смеси. С учетом физических свойств жидкой фазы разработаны технологические решения, позволяющие использовать особенности реологических показателей воды путем разделения процесса прессования на три этапа. Определены оптимальное соотношение начального и остаточного В/Ц при уплотнении мелкозернистой бетонной смеси. С помощью теоретических расчетов установлено, что существует реальная возможность изготовления бетонных свай на основе мелкозернистого бетона методом прессования, которые прочно соединяются с окружающим грунтом стенок предварительно пробуренных скважин.

Ключевые слова: уплотнение мелкозернистого бетона, реологические свойства бетонной смеси.

Wandolovskyi A. Sheptun S. RHEOLOGICAL FEATURES OF COMPACTION OF FINE-GRAINED CONCRETE MIXTURE IN PILES, WHICH ARE FORMED IN PREFORMED WELLS.

The technology of obtaining especially durable, fine-grained concrete for thin-walled piles in civil engineering is presented. The effect of compressive loads on the structure of water in a concrete mixture was investigated. The optimal range of compressive loads on the concrete mix has been determined. The rheological parameters of fine-grained concrete mixture are theoretically considered. Taking into account the physical properties of the liquid phase, technological solutions have been developed that allow to use the features of rheological parameters of water by dividing the pressing process into three stages. The optimal ratio of initial and residual Water / Cement is determined when compacted with fine-grained concrete mixture. Using theoretical calculations, it is established that there is a real possibility of producing concrete piles based on fine-grained concrete by pressing, which are firmly connected to

the surrounding soil by the walls of pre-drilled wells.

Keywords: fine-grained concrete, rheological properties of concrete mix.

DOI: 10.29295/2311-7257-2020-99-1-48-55

УДК 624.131:624.154

Винников Ю.Л., Манжалій С.М.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(Першотравневий проспект, 24, Полтава, 36011, Україна; e-mail: vynyukov@ukr.net, msn1975@i.ua; ORCID
0000-0003-2164-9936; ORCID 0000-0002-5819-6056)

ДОСВІД ПОСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ ІЗ ПРИЗМАТИЧНИХ ПАЛЬ У СКЛАДІ СТІЧКОВОГО РОСТВЕРКУ ПІДВЕДЕННЯМ ПЛИТИ

Викладено аналіз даних геотехнічного моніторингу на натурному об'єкті системи «деформована будівля – забивні призматичні паль у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром»; подано результати впровадження авторського конструктивно-технологічного рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під існуючі ростверки монолітної залізобетонної плити в практику реконструкції деформованих житлових будівель.

Ключові слова: пісок, слабкий ґрунт, забивна призматична паля, монолітний залізобетонний ростверк, монолітна залізобетонна плита, геотехнічний моніторинг.

Вступ. Причинами наднормативних деформацій будівель і споруд звичайно є: 1) помилки при інженерно-геологічних вишукуваннях; 2) неякісне проектування; 3) порушення правил виконання будівельних робіт; 4) порушення правил експлуатації цих об'єктів [1 – 9].

Тривалі геодезичні спостереження за осіданнями будівель на палях показали, що як абсолютні, так і відносні стабілізовані значення осідань у переважній більшості випадків менші за їх розраховані та нормативні граничні величини [2, 5, 7, 9 – 16]. Тому в групу деформованих будівлі на пальових фундаментах попадають дещо рідше за аналогічні об'єкти з фундаментами на природній основі. Причинами наднормативних осідань основ пальових фундаментів будівель (і як наслідок виникнення та розвиток тріщин і інших помітних деформацій у несучих конструкціях), крім вказаних вище, найчастіше виступають: невинноване застосування підвищуючих коригуючих коефіцієнтів на результати компресійних випробувань сильностисливих ґрунтів; попадання нижніх кінців паль у шари (прошарки) слабого ґрунту; занурення паль вище від проектної позначки; завищення несучої здатності паль внаслідок

недотримання оптимального часу їх «відпочинку» після занурення чи помилкова інтерпретація графіків «навантаження – осідання пальі»; надміру близьке розміщення сусідніх паль у плані, що при їх зануренні особливо в пісках призводить до «виштовхування» вгору раніше занурених; нерівномірне навантаження паль у складі ростверку і т. ін. [1 – 5, 9, 16, 17].

Достовірно урахувати вплив перелічених факторів на величину деформацій основ пальових фундаментів будівель, особливо методами класичної механіки ґрунтів, досить складно. Вибір конструктивно-технологічних рішень посилення (реконструкції) кожної деформованої будівлі здійснюють після ретельного оцінювання технічного стану несучих конструкцій об'єкту, дослідження параметрів їх основ і фундаментів, встановлення причин наднормових деформацій [1, 3 – 5, 7, 18].

Тому удосконалення конструктивно-технологічних рішень посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку є актуальною теоретичною та практичною задачею сучасної геотехніки.

Матеріали і методи досліджень. Розглянемо приклад впровадження