

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПІДСИЛЕННЯ ГРУНТОВИХ МАСИВІВ НЕСУЧИХ ОСНОВ СПОРУД

Виконано огляд існуючих методів відновлення та підсилення фізико-механічних властивостей ґрунтових масивів. На основі проведеного огляду виявлено, що найбільш перспективним методом підвищення міцності несучих основ є ін'єктування цементного розчину під тиском. Ін'єкційний метод закріплення ґрунтових масивів має ряд значних переваг у порівнянні з іншими методами, а саме: простота виконання робіт, гарантована надійність та міцність основ, можливість використання в будь-яких геологічних умовах. Окрім того, цей метод ін'єкційного підсилення ґрунтів має значні перспективи використання в сфері закріплення схилів доріг та укріплення ґрунтів під прокладеними підземними трубопроводами, підвищення несучої здатності висячих паль. В результаті проведеного аналізу запропонований новий метод закріплення ґрунтових масивів, який полягає у накладенні на стаціонарний потік рідини додатково створених періодичних імпульсів тиску.

Ключові слова: цементация ґрунтів, ін'єкційне закріплення основи, методи відновлення ґрунтових масивів, силікатизация, смолізация, електричне закріплення ґрунтів, термічний метод.

N. P. BADORA, I. V. KOTS
Vinnitsa National Technical University, Ukraine

COMPARATIVE ANALYSIS METHODS RENEWING AND REINFORCING THE SOIL MASS SUPPORT BASE STRUCTURES

Abstract – The review was carried out of the existing methods of restoring and enhancing the physical and mechanical properties of soil masses. On the basis of this review, it was found that the most effective method of increasing the strength of the support base is injection grout under pressure. Injection method of fixing soil masses has several significant advantages over other methods, such as: ease of work, guaranteed reliability and durability reasons, the use of any geological conditions. In addition, this method of injecting gain arrays has significant prospects for the use in fixing the slopes of roads and strengthening of soils under paved underground pipes, increasing the carrying capacity of hanging piles. The analysis suggested a new method of fixing soil masses, which is applied to a steady flow of fluid additionally created periodic pressure pulses.

Keywords: soil grouting, injection fixing base, recovery methods of ground arrays, silication, taration, electric grouting, thermal method.

Вступ

Необхідність підсилення ґрунтових масивів та несучих основ споруд виникає досить часто: при неправильному проектуванню основи; при просіданні підстилаючих шарів ґрунту; при замоканні просадочного ґрунту; внаслідок збільшення навантаження на фундамент при реконструкції будівлі; при довготривалій експлуатації споруд [1, 2]. Повна заміна фундаменту є досить високовартісною і в більшості випадків неможлива без повного знесення споруди, а несвочасний ремонт та укріплення несучих основ призводить до руйнації будівлі й об'єктів різного призначення. Таким чином, підсилення і відновлення несучих основ споруд та фундаментів будівель є актуальним і потребує подальшого детального аналізу та вивчення, пошуку і вибору оптимального варіанту методу закріплення порушеної основи.

Метою даної статті є проведення детального огляду та аналізу основних методів підсилення несучих основ споруд і дослідженню основних теоретичних та експериментальних результатів в даній області для пошуку оптимального варіанту закріплення порушеної структури ґрунтового масиву. На основі здійсненого аналізу передбачається розробити новий метод закріплення несучих основ споруд, який надасть можливість ліквідації основних недоліків існуючих технологій.

Виклад основного матеріалу

Укріплення та підсилення ґрунтів перш за все необхідне для підвищення несучої спроможності існуючого фундаменту та для уникнення розвитку деформації конструкцій аварійного характеру. Для виконання робіт з ремонту і реконструкції фундаментів та їх основ використовують різні методи укріплення та підсилення основ.

В залежності від технології виконання і процесів, що відбуваються в основі виділяють наступні методи закріплення ґрунтових масивів та несучих основ споруд: механічний, бітумізація та глинізація ґрунтів, силікатизация, смолізация, термічний метод, електричний, цементация.

Механічний спосіб зміцнення ґрунтів передбачає влаштування ґрунтових подушок і ґрунтових паль, ущільнення катками, трамбівками [3]. Переваги та недоліки механічного методу підвищення будівельних властивостей ґрунтових масивів представлені на рис.1.

Методи бітумізації та глинізації ґрунтів зазвичай застосовують для зменшення водопроникності і створення протифільтраційних завіс. Бітумізацію виконують шляхом нагнітання в ґрунт розплавленого бітуму або холодної бітумної емульсії [4]. Глінізація полягає в зануренні у ґрунт ін'єкторів і подачі водної суспензії бетонованої глини з вмістом монтмориллоніту не менше 60%. Глинисті частинки утворюють гель, який заповнює пори піску і забезпечує зниження водопроникності основи до 10 разів. До недоліків цих методів відносять: обмежена область використання, створення тільки протифільтраційної завіси, що

незначно впливає на збільшення несучої здатності та складність технологічного процесу, яка обумовлена використанням великої кількості різноманітних технічних засобів. Проведений аналіз свідчить, що запропонований метод укріплення не забезпечує необхідної несучої здатності пошкодженої основи фундаменту.

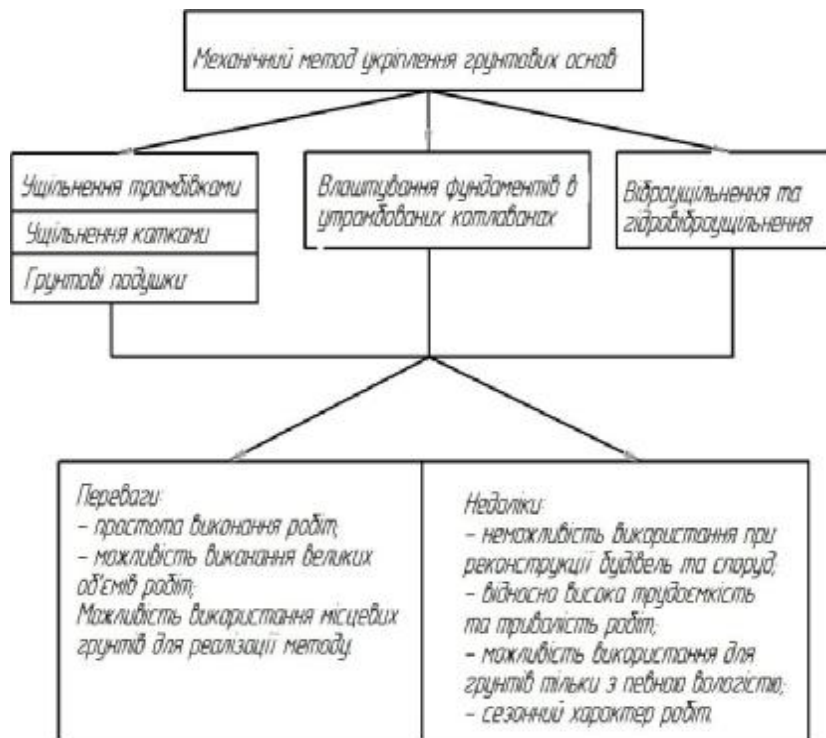


Рис. 1. Класифікація механічного методу укріплення ґрунтових основ

Досить великого розповсюдження в останній час отримав метод силікатизації ґрунтів, що полягає у поступовому нагнітанні в ґрунт розчину силікату натрію (рідке скло). Для закріплення ґрунтів використовують однорозчинний та дворозчинний способи силікатизації. Однорозчинний спосіб використовують в тих випадках, коли в склад ґрунтів входять солі, які виконують роль затверджувача, тобто замінюють рідке скло. Процес закріплення виконується практично миттєво, міцність набувається швидко. Дворозчинним способом силікатизації закріплюють піщані ґрунти. Цей спосіб полягає у послідовному нагнітанні в ґрунт розчинів силікату натрію та хлористого кальцію. Гель, який утворюється в результаті реакції надає ґрунту значну міцність та стійкість основи [5]. Основними недоліками цього методу є обмеження використання за коефіцієнтом фільтрації, обмежений тиск ін'єктування до 0,4 МПа, так як використання більшого тиску призводить до руйнування структури ґрунту, відносно висока вартість реагентів та процесу виконання робіт. Також слід відмітити, що при закріпленні ґрунтів для кожної місцевості необхідний індивідуальний підбір складу розчину, питомої ваги та інших параметрів. При силікатизації ґрунтів відмічається нерівномірність, неоднорідність закріпленого ґрунтового масиву, що значно впливає на несучу здатність та стабільність основи.

Метод смолізації ґрунтів полягає у введенні в ґрунт високомолекулярних органічних сполук типу карбомідних, фенолформальдегідних та інших синтетичних смол у суміші з затверджувачами (кислотами, кислими солями). Враховуючи те, що цей метод має ряд вагомих переваг таких, як: простота виконання робіт, можливість використання методу при реконструкції споруд, відносно висока міцність закріпленої ґрунтової основи. Але слід відмітити значні недоліки цього методу, а саме: високу вартість процесу; проблеми, що пов'язані з отриманням однорідності закріпленого масиву; екологічні проблеми, обумовлені введенням токсичних сполук.

Термічний метод полягає у випалі ґрунтів розпеченими газами, які подаються в товщу ґрунту разом з повітрям через жароміцні труби в пробурених свердловинах. Глибина закріпленої товщі ґрунту досягає 20 м. Цей метод застосовують для лесових ґрунтів, неводонасичених глинистих ґрунтів. Сутність термічного закріплення полягає в перетворенні структурних зв'язків у ґрунті під впливом високих температур. У результаті закріплення усуваються просадні властивості ґрунтів, зростають їхня міцність і водостійкість. Оскільки для створення високої температури використовують газ, то в Україні даний метод не застосовується внаслідок його дороговизни. Крім того, даний метод має недоліки обумовлені значною тривалістю та вибуховістю, обмеженим терміном роботи укріпленого ґрунтового масиву при підвищенні вологості ґрунту, підвищенні правил техніки безпеки при виконанні робіт.

Електричним методом закріплюють вологі глинисті ґрунти та водонасичені піски. Метод полягає у використуванні ефекту електроосмосу, для чого через ґрунт пропускають постійний електричний струм з напруженістю поля 0,5–1 В/см і щільністю 1–5 А/кв.м². Суть процесу полягає в тому, що внаслідок міграції

під дією електричного поля іонів солей багатовалентних металів здійснюється коагуляція глинистих частинок. При цьому глина осушується, ущільнюється і втрачає здатність до пучення. До недоліків цього методу слід віднести низьку ефективність, що обумовлена малими діаметрами закріплення ґрунту, висока вартість та проблеми пов'язані з безпекою проведення робіт.

Найбільш широкого розповсюдження здобув метод цементації ґрунтів, який окрім створення протифільтраційної зависи забезпечує високу несучу здатність укріпленого ґрунтового масиву, причому, вартість у рівнянні з іншими методами є незначною. Цементация є нешкідливою у порівнянні із смолізацією, а також відносно більш проста у використанні та безпечна. Якщо більш детально зупинитися на методі цементації, то залежно від способу подачі ін'єктуємого розчину у ґрунт виділяють наступні його види: цементацию під високим тиском, що використовується для порід із коефіцієнтом фільтрації більше 50 м/добу; ін'єктування при тиску нагнітання 0,1...0,8 МПа через свердловини малих діаметрів з використанням тампонів, що переміщуються по ін'єктору або з використанням манжетної технології; ін'єктування з використанням високого тиску з гідророзривом порід [6–10], коли цементний розчин руйнує структуру ґрунту з подальшим його перемішуванням, ущільненням та армуванням. Цей метод використовують для закріплення ґрунтових основ, як вище, так і нижче рівня ґрунтових вод.

В наш час існує три основних схеми підсилення ґрунтів із використанням ін'єкційного методу [11]:

- схема нагнітання “зверху вниз”;
- схема ін'єктування “знизу вверх” (циркуляційна технологія);
- горизонтальне ін'єктування або ін'єктування під кутом.

Основними перевагами ін'єкційного методу цементації є можливість підсилення основи нижче рівня ґрунтових вод, використання в будь-яких геологічних умовах, можливість створення протифільтраційної зависи з одночасним підсиленням ґрунту, технічна простота та безпечність використання, екологічність, а також слід зауважити, що цей метод має досить велику область застосування та значні перспективи використання у порівнянні із іншими методами (рис. 2). На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що метод цементації є достатньо універсальним, економічним та безпечним, а тому нами для подальшого дослідження був запропонований ефективний метод імпульсного ін'єктування ґрунтів, який передбачає накладання на стаціонарний потік розчину додатково середовища періодичних імпульсів тиску [12, 13]. Це надає можливість зменшити сили тертя між ґрунтовим середовищем та технологічним розчином в результаті зменшення в'язкості розчину при дії на потік імпульсної складової і, як наслідок, збільшити глибину проникнення розчину та збільшити радіус розповсюдження його в товщі ґрунтового масиву.



Рис. 2. Перспективи використання ін'єкційної цементації ґрунтів під тиском

Висновки

1. Здійснено огляд існуючих методів відновлення на підсилення фізико-механічних властивостей ґрунтових масивів. Для кожного методу проаналізовано його переваги та недоліки. В результаті проведеного огляду встановлено, що найбільш перспективним методом підвищення міцності несучих основ є ін'єктування цементного розчину під тиском.

2. Ін'єкційний метод закріплення ґрунтових масивів має ряд значних переваг у порівнянні з іншими методами, а саме: простота виконання робіт, гарантована надійність та міцність основ, можливість використання в будь-яких геологічних умовах. Окрім того, цей метод ін'єкційного підсилення ґрунтів має значні перспективи використання в сфері закріплення схилів доріг та укріплення ґрунтів під прокладеними підземними трубопроводами, підвищення несучої здатності висячих паль та інші.

3. На основі проведеного аналізу запропонований новий метод закріплення ґрунтових масивів, який

полягає у накладенні на стаціонарний потік рідини додатково створених періодичних імпульсів тиску, що дозволяє зменшити сили зовнішнього тертя (між ґрунтовим середовищем та розчином) та внутрішнього тертя, зменшити в'язкість розчину і, як наслідок, збільшити проникність та збільшити радіус розповсюдження розчину в ґрунтовому масиві.

Література

1. Причины, вызывающие необходимость усиления оснований и фундаментов. Режим доступа : <http://obsledovatel.com/2011/02/prichiny-vyizyivayushhie-neobhodimost-usileniya-osnovaniy-i-fundamentov/>.
2. Ремонт аварийных фундаментов. Режим доступа до електронного ресурсу : <http://www.zs-z.ru/zagorodnoe-stroitelstvo/fundament/remont-avarijnix-fundamentov.html>
3. Ущільнення ґрунту віброкотками. Режим доступа до електронного ресурсу : <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-127-fundamenty/11.htm>
4. Безрук В.М. Укрепление ґрунтов в дорожном и аэродромном строительстве / В.М. Безрук– М. : Транспорт, 1971 – 247с.
5. Аскалов В.В. Классификация химических способов закрепления ґрунтов в основании зданий и сооружений / В.В. Аскалов // Основания, фундаменты и механика ґрунтов. – М., 1966. – № 6. – С. 24–25.
6. Баранов Н.Н. Инъектирование ґрунтов при глубоком фундаментостроении / Н.Н. Баранов // Строительство и архитектура Белоруссии. – Минск, 1981. – № 4. – С. 36–37.
7. Богомолов В.А. Метод высоконапорной инъекции связных ґрунтов при устройстве и усилении оснований и фундаментов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.23.02 «Основания и фундаменты» / В.А. Богомолов. – Пермь, 2002. – 18 с.
8. Головки С.И. Теоретические и практические аспекты проблемы закрепления оснований методом высоконапорной инъекции растворов / С.И. Головки // Новини науки Придніпров'я. Серія: Інженерні дисципліни. – 2004. – № 2. – С. 83–87.
9. Ланис А.Л. Упрочнение ґрунтов методом напорных инъекций / А.Л. Ланис, В.И. Пусков, М.Я. Крицкий, В.Ф. Скоркин // Строительные конструкции. – К.: НИИСК, 2004. - №61, т.2. - С. 53-58.
10. Писанко В.П. Уплотнение ґрунтового основания методом высоконапорного инъектирования с нагнетанием смесей по заданным траекториям / В.П. Писанко, М.Л. Нуждин // Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство: сборник научных трудов. – СПб., 2003. – С. 361–364.
11. Головки С.И. Теория и практика усиления ґрунтовых оснований методом высоконапорной цементации : монография / С.И. Головки. – Днепропетровск : Пороги, 2010. – 247 с.
12. Пат. № 63266U Україна, МПК8 E02D 3/00, E21B 43/16, E21D 20/00. Установка для нагнітання будівельних розчинів в ґрунтовий масив / Коц І. В., Бадьора Н. П. ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u201100502 ; заявл. 17.01.2011 ; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.
13. Бадьора Н. П. Технологія та устаткування для імпульсного нагнітання скріпних розчинів в ґрунтовий масив / Н. П. Бадьора // Науково-технічна конференція XL професорсько-викладацького складу співробітників та студентів ВНТУ, 9–11 бер. 2011: тези доповіді – 1с.

References

1. The causes of the need for strengthening of the foundations. URL: <http://obsledovatel.com/2011/02/prichiny-vyizyivayushhie-neobhodimost-usileniya-osnovaniy-i-fundamentov/>.
2. Emergency repair of foundations. URL: <http://www.zs-z.ru/zagorodnoe-stroitelstvo/fundament/remont-avarijnix-fundamentov.html>
3. Uschilnennya rruntu vibrokotkami. URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-127-fundamenty/11.htm>
4. Bezruk V.M. Soil stabilization in road and airfield construction - Moscow: Transport, pp.1971 – 247.
5. Askale V.V. Classification of chemical grouting methods in the base of buildings, Bases, foundations and soil mechanics. – М., 1966. – No 6. – pp. 24–25.
6. Baranov N. N. Injection soils with a deep foundation engineering, Construction and Architecture of Belarus. – Minsk, 1981. – No 4. – pp. 36–37.
7. Bogomolov V.A. The method of high-pressure injection of cohesive soils at the device and strengthening of the foundations: Author. dis. for the degree of PhD, tech. Science: special. 05.23.02 "Foundations" – Perm, 2002. – P.18.
8. Golovko S.I. Theoretical and practical aspects of securing high-pressure injection method bases solutions, Science News Pridniprovia. Seriya: Inzhenerni distsiplini. 2004. – № 2. pp. 83–87.
9. Lanis A.L., Starts V.I., Kritsky M. Y., Skorkin V.F. Hardening soil by pressurized injection Building construction. – К. : NIISK, 2004. No 61, Vol.2. pp. 53–58.
10. Pisanko V.P., Nuzhdin M.L. Subsoil compaction by high-pressure injection with injection mixture to the desired path, Reconstruction of Historical Cities and Geotechnical Engineering: a collection of scientific papers. - St. Petersburg, 2003. – pp. 361–364.
11. Golovko S.I. Theory and practice of enhancing soil bases by high-pressure grouting: monograph. – Kiev: Thresholds, 2010. – 247 p.
12. Patent No 63266U Ukraine, MPK8 E02D 3/00, E21V 43/16, E21D 20/00. Installation for nagnitannya budivelnih rozchyniv in rruntovy array / Kots I. V. Badora N.P.; applicant and patentee Vinnitsa National Technical University,. - No u201100502; stated 01/17/2011., Published 10.10.2011.
13. Badora N.P. Technology that equipment for impulsive injection solutions in ground array. Scientific and Technical Conference XL faculty, staff and students Vinnitsa National Technical University, Ukraine 9-11 March . 2011: Abstracts – 1p.

Рецензія/Peer review : 19.3.2013 р.

Надрукована/Printed : 16.6.2013 р.

Рецензент: д.т.н., проф. кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету Моргун А.С.