**Розділ** **4.**

# ДЕФЕКТИ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

## Загальні поняття про дефекти

Якість будівництва характеризується сукупністю показників якості проектів, матеріалів, які використовуються, виробів і конструкцій, а також виконання будівельно-монтажних робіт при зведенні будівель і споруд. На якість зведення конструкцій впливають і умови їх експлуатації. Брак, який допущений на кожному етапі проектування, будівництва та експлуатації, шумується в загальному стані будівлі та споруди та виражається у дефектах окремих конструкцій.

Під дефектами будівельних конструкцій зазвичай розуміють невідповідність їх стандартам, технічним умовам, нормам проектування та проекту. Дефекти, які викликані зовнішніми впливами (механічними, тепловими) зазвичай називають пошкодженнями конструкцій.

У нормативній, довідковій літературі та у рядах іншої технічної літератури поняття дефект та пошкодження різне. Дефектами прийнято вважати невідповідність конструкції будь-якому параметру, який встановлений проектом або нормативним документом, а пошкодження – несправність, яку отримала конструкція при виготовленні, транспортуванні, монтажу та експлуатації.

Якщо прийняти таке визначення, то початково бездефектна конструкція, у якій виникла тріщина від навантаження, залишається бездефектною. Тому вважають, що поняття дефект є загальним, а поняття пошкодження – частковим, яке входить в поняття дефект.

Дефекти будівельних конструкцій класифікуються за різними ознаками: за матеріалом конструкцій, за частинами будівлі, яка має дефекти, за причинами, які їх викликали. Найбільше значення має класифікація дефектів за причинами, що їх викликали: помилки при проектуванні, неякісне виготовлення елементів конструкцій, помилки при виконанні будівельно-монтажних робіт, порушення правил експлуатації будівлі або споруди. Особливу групу причин виникнення дефектів складають помилки при проектуванні, які викликані відсутністю переліку умов виконання та монтажу конструкцій. У цьому випадку і при дотриманні в проекті норм проектування створити якісну конструкцію вважається неможливо.

Класифікація дефектів за причинами, які їх викликали, дозволяє встановити джерела дефектів та правильно вибрати способи їх попередження.

Більше половини всіх дефектів, які були виявлені в будівлях і спорудах, виникають із-за порушення технології виконання, зведення та монтажу конструкцій.

Будівельники повинні пам’ятати, що якщо у проекті є помилки, будівельні матеріали та вироби низької якості, то збудувати високоякісну конструкцію неможливо. Тому, перш ніж розпочати будівництво будівлі, необхідно ретельно вивчити проект, виявити в ньому недоліки та узгодити з проектною організацією відповідні зміни. При виготовленні та монтажу конструкцій необхідно впевнитись в їх відповідності стандарту, технічним умовам та проекту. Якщо цього не зробити, то збудована будівля буде мати дефекти.

Кожний дефект характеризується причинами, які викликали його, розмірами пошкодження конструкцій та можливими наслідками.

Дефекти можуть погіршувати нормальні умови експлуатації (порушувати температурно-вологісний режим приміщень, знижувати звукоізоляцію огороджуючи конструкцій, підвищувати експлуатаційні витрати на будівлю та ін.), знижувати несучу здатність конструкції, зменшувати її довговічність, призводити до часткового руйнування конструкцій та до аварій будівель або споруд.

Аварії будівельних конструкцій виникають частіше за все не з однієї причини, а через ряд помилок і порушень норм та правил проектування, зведення та експлуатації будівель та споруд.

Усі дефекти будівельних конструкцій, за виключенням тих, які викликані стихійними лихами, можна пояснити точність надзору з боку інженерно- технічного персоналу проектних, будівельних та експлуатаційних організацій, невисокою кваліфікацією виконавців та, у ряді випадків, відсутністю зацікавленості їх у випуску високоякісної продукції.

Задача інженерно-технічних робітників усіх ступенів полягає у тому, щоб на всіх етапах будівництва випускати лише якісну продукцію, яка задовольняє технічним вимогам та нормам. Суворе дотримання норм проектування на етапі проектних робіт, кваліфікаційна експертиза проектно-кошторисної документації, дотримання стандартів та технічних умов на будівельні матеріали та вироби, технології виготовлення виробів у заводських умовах, безумовне виконання будівельних норм та правил виконання та прийому будівельно-монтажних робіт на будівельному майданчику, створення нормальних експлуатаційних умов після здачі будівель та споруд в експлуатацію забезпечує бездефектне виконання будівельних конструкцій та збільшення строків їх служби.

Основним засобом боротьби з виникненням дефектів будівельних конструкцій є здійснення належного контролю за проектуванням, виготовленням конструкцій, будівництвом будівлі, споруди та їх правильна експлуатація. Помилки проектів повинні бути виявлені шляхом перехресної перевірки у підрозділах проектної організації, відомчої експертизи проектів, при вивченні проектно-кошторисної документації замовником та підрядником. У період будівельно-монтажних робіт необхідний якісний технічний нагляд замовника та авторський нагляд проектної організації.

В останні роки з розпадом великих проектних і будівельно-монтажних організацій та появою багатьох дрібних організацій такого ж самого профілю різко знизилась якість будівництва. Особливо це відображається на зведенні невеликих об’єктів, наприклад котеджів. Замовники, економлячи гроші, замовляють проект у некваліфікованих виконавців, доручають будувати випадковим людям. У результаті з’явилось багато будівель з наявністю серйозних дефектів, у стані близькому до аварійного, а деякі будівлі просто руйнуються ще у процесі їх зведення. Неможна економити на проектних роботах, а будівництво будівлі потрібно доручати тільки солідним будівельним організаціям. В протилежному випадку переробка та підсилення дефектних конструкцій потребує більших затрат, які значно перевищують початкову «економію». Однією з найважливіших задач технічного обстеження будівлі або споруди є виявлення дефектів. Виявлені дефекти необхідно правильно діагностувати, що не завжди легко, особливо коли вони скриті, далі визначити причини їх появи. Для вибору правильного методу усунення дефектів необхідно кількісно визначити вплив дефектів на експлуатаційні якості будівельних конструкцій.



*Рис.* *4.1* *–* *Перевірка* *геометричних* *розмірів*

## Види дефектів будівельних конструкцій

1. Дефекти фундаментів мілкого закладання:
   * викликані помилками при проектуванні – помилки при розрахунку основ фундаментів, зниження міцності тіла фундаментів;
   * через порушення правил виконання робіт при зведенні фундаментів – порушення технології котлованних робіт, які призвели до ослаблення ґрунтової основи, дефекти зведення фундаментів, які призводять до зниження міцності тіла фундаменту мілкого закладання та погіршенню умов їх роботи;
   * порушення нормальної роботи ґрунтової основи фундаментів, які викликані недотриманням правил експлуатації будівель та споруд – порушення нормальної роботи ґрунтової основи, зниження міцності фундаментів через порушення правил експлуатації будівель, дефекти фундаментів, які викликані помилками при реконструкції будівель і споруд.
2. Дефекти кам’яних конструкцій:
   * викликані помилками та не доопрацюванням при проектуванні;
   * викликані зведенням кам’яних конструкцій;
   * дефекти кам’яної кладки викликані порушенням правил експлуатації будівель та споруд.
3. Дефекти збірних залізобетонних балок:
   * викликані не доопрацюванням при проектуванні;
   * викликані помилками при їх виготовленні;
   * викликані помилками при їх монтажу;
   * викликані порушеннями правил експлуатації будівель.
4. Дефекти збірних залізобетонних плит покриття та перекриття:
   * викликані не доопрацюванням при проектуванні;
   * викликані помилками при їх виготовленні;
   * викликані помилками при їх монтажу;
   * викликані порушеннями правил експлуатації будівель.

Дефекти фундаментів.

Під дефектом фундаментів розуміють такий їх стан, коли конструкції які на них спираються отримують недопустимі деформації. Деформації будівель і споруд спільно з основою бувають:

* + крен – вертикальна вісь будівлі або споруди відхиляється від первинного положення;
  + прогин – великий розвиток осідань у середній частині будівлі і менше у торців;
  + вигин – великий розвиток осідань з торців будівлі і менше в середній його частині;
  + перекіс – нерівномірний розвиток деформації на короткій відстані по довжині будівлі.

Випадки недостатньої міцності тіла фундаментів через помилки при проектуванні вкрай рідкісні. Найбільш частою причиною помилок при проектуванні фундаментів є неповнота даних про геологічну будову і тектонічні структури району будівництва.

У процесі риття котловану пошкоджуються шари ґрунту, найбільш близькі до підошви фундаменту, тобто саме ті, стиснення яких особливо сильно впливає на осідання фундаментів. Деякі ґрунти у природному стані досить щільні і мало стискуються, але дуже сильно пошкоджуються при механічному впливі землерийних і транспортних машин, надмірному зволоженні та стають сильно стискуючими.

При виготовленні та монтажі збірних та монолітних фундаментів найчастіше зустрічаються такі дефекти:

* + зниження міцності бетону в порівнянні з проектною;
  + невідповідність арматури по діаметру, кількості і якості класам сталі в проекті;
  + недотримання необхідної товщини захисного шару бетону;
  + зміщення арматури з проектного положення;
  + зменшення проектних розмірів фундаментів;
  + зміщення фундаментів у плані і по висоті;
  + неякісне виконання монолітних залізобетонних поясів у фундаментах;
  + відсутність або неякісне виконання горизонтальної та вертикальної гідроізоляції фундаментів.

Зниження міцності бетону позначається насамперед на міцності фундаментів на продавлювання і на похилих перерізах.

Зменшення товщини захисного шару бетону призводить до корозії і знижує термін служби фундаменту.

Зменшення розмірів фундаментів збільшує тиск на ґрунт і їх осадку.

Зсув у плані стрічкових фундаментів призводить до ексцентриситету прикладення навантаження від стін, погіршує умови роботи як фундаментів, так і стін.

Неякісне виконання залізобетонних поясів у фундаментах знижує їх жорсткість у вертикальній площині, збільшує нерівномірність осідання.

Відсутність або неякісне виконання горизонтальної гідроізоляції стін викликає при експлуатації підвищення вологості стін.

Дефекти кам’яних конструкцій.

При проектуванні кам’яних конструкцій будівель і споруд в ряді випадків зустрічаються рішення, які призводять до дефектного стану цих конструкцій. У деяких проектних рішеннях несучі цегляні стовпи перерізуються конструкціями зі збірного залізобетону. Для частини перерізу стовпа опорою слугує залізобетонна конструкція, а для іншого – цегляна кладка. Так як залізобетон значно жорсткіше цегляної кладки, то все навантаження від стовпа практично передається тільки в межах площі дотику стовпа з залізобетоном. Не кратність розмірів залізобетонної конструкції і рядів кладки з цегли посилює цей дефект.

Через різницю коефіцієнтів лінійного розширення кладки та залізобетону між торцями залізобетонних перемичок і кладкою утворюється зазор. Тріщини не наскрізні і зазвичай зачіпають тільки зовнішній ряд кладки стін. Неприпустимо передбачати в проекті в межах одного поверху, кілька марок цегли і розчину, це призводить до появи елементів із заниженою проти проекту міцністю.

До найбільш характерних дефектів кам’яних конструкцій при їх зведенні, можуть бути віднесені наступні:

* + неоднорідність швів;
  + застосування виду і марок цегли і розчину не відповідним проекту;
  + неякісна перев’язка цегли у кладці, відсутність перев’язки повздовжніх стін з поперечними;
  + пропуск або заниження перетинів зв’язків стін з колонами і перекриттям;
  + потовщення горизонтальних швів кладки;
  + погане заповнення розчином вертикальних швів кладки;
  + порушення вертикальності стін і стовпів;
  + укладання прогонів і балок на стіни і стовпи без опорних плит;
  + недостатня довжина обпирання перемичок на стіни;
  + пропуск або зменшення кількості арматури в армокам’яних конструкціях;
  + неякісне виконання металевих покриттів парапетів, карнизів і поясків, а також примикань покрівлі до стін;
  + неправильне виконання температурних, осадових і антисейсмічних швів;
  + дефекти кладки через порушення правил виробництва робіт в зимових умовах.

Неоднорідність швів, що надає найбільший вплив на міцність кладки, є прихованою, важко кількісно оцінюваним дефектом.

Застосування неправильної перев’язки цегли, що порушує зв'язок верстових рядів з забутовкою, заповнення забутовки стін цегельним боєм можуть привести до обвалення сильно навантажених стовпів і простінків і відшарування зовнішньої версти від забутовки на протяжних ділянках стіни.

Часто зустрічається дефект кам’яної кладки – відсутність перев’язки повздовжніх стін з поперечними, що призводить до зниження стійкості ділянок стін і просторової жорсткості будівлі.

Погане заповнення вертикальних швів призводить до зменшення міцності кладки на 6-7 %, розчин у вертикальних швах перешкоджає вільній деформації каменю в горизонтальному напрямку. Порожні вертикальні шви є концентраторами напружень. Кладка з такими швами легко продувається, її теплопровідність значно зростає.

Під час робіт в зимових умовах зустрічаються випадки застосування каменю, не очищеного від снігу і льоду, заниження марок розчину, неправильне дозування хімічних проти морозних добавок. Все це знижує міцність кладки після її відтавання.

Дефекти дерев’яних конструкцій.

Найбільш поширеними дефектами дерев’яних конструкцій, що допускаються при їх виготовленні є наступні:

* + застосування сирої деревини;
  + відсутність або недостатнє антисептування деревини;
  + відхилення від проектних розмірів конструкцій;
  + неправильне виконання з’єднань елементів один з одним;
  + використання неякісних з’єднуючих речовин в клеєних конструкціях.

У багатьох випадках в будівельних конструкціях застосовується деревина природної або підвищеної вологості. Це призводить до появи в колодах і брусах поздовжніх тріщин від нерівномірного висихання деревини, викликає короблення пиломатеріалів і сприяє утворенню гнилі. Застосування в будівельних конструкціях навіть висушеної деревини без відповідного антисептичного оброблення загрожує утворенням гнилі і грибків.

Глибина врубки строго повинна відповідати проекту. При зниженні глибини врубки з’єднання елементів матиме недостатню міцність. При збільшенні глибини врубки міцність елемента, в якому зроблена врубка, може виявитися недостатньою через зменшення площі його поперечного перерізу в місці врубки.

Дефекти сталевих конструкцій.

Помилки при проектуванні сталевих конструкцій пов’язані, в основному, з прорахунками у визначенні навантажень, з невдалим рішенням зв’язків, неправильним вибором сталі для конкретних умов будівництва, з відсутністю в проекті спеціальних вказівок про забезпечення можливості деформацій при проході металевих конструкцій через стіни, перекриття.

Основними помилками виготовлення сталевих конструкцій є:

* + непрямолінійність стрижневих елементів;
  + зменшення довжини зварних швів;
  + низька якість зварювання;
  + використання занижених перерізів конструкцій;
  + використання дефектних металевих матеріалів.

Зміна проектних розмірів конструкції веде до зміни розрахункової схеми і роботи конструкції.

Установка в конструкції погнутих елементів різко знижує несучу здатність як самого елемента, так і конструкції в цілому.

Неправильно виконані стики мають недостатню несучу здатність і можуть призвести до аварії конструкції.

## 

## Дефекти та пошкодження, викликані помилками в проектах

Проектування будинків, що зводяться індустріальними методами, супроводжуються помилками, які викликані новизною та відсутністю певних норм та правил.

Недостатнє знання властивостей застосовуваних матеріалів та їхньої зміни властивостей з часом призвели до серйозних пошкоджень окремих збірних елементів і будівель в цілому. Відносить це перш за все до матеріалів, які застосовували для теплоізоляції стін (багатошарові зовнішні стіни), неправильне використання яких призвело до їх промерзанню і зволоженню. Проектування надмірно тонкого фактурного шару призвело до значних пошкоджень, тріщин захисного шару і проникненню вологи всередину стіни.

Основними недоліками, що призводять до зволоження будівельних конструкцій є: недостатній кут нахилу скатів покрівлі, недостатній діаметр водостічних жолобів і труб, недостатні ухили підвіконних зливів і т. ін..

Мають свої особливості реконструкції будівель і споруд.

У будівлях, що експлуатуються більше 20 років, необхідно розглядати роботу деяких конструкцій як спільну, на відміну від нового проектування. Так, опори однопрогонових металевих балок наближаються до затискання при досягненні кладкою 100 % міцності, оскільки майже виключається поворот опорної частини балок щодо своєї осі.

Фахівці проектних організацій не завжди використовують при перевірних розрахунках несучої здатності фундаментів теорію консолідації ґрунтів під підошвою фундаментів при експлуатації будівлі більше 25 років під впливом власної ваги будівлі. Ігноруючи це, в проекту документацію може бути закладене рішення по розширенню підошви фундаменту, або з укріплення ґрунтів, що різко збільшує фінансові та трудові витрати при ремонті будівлі.

Особливу увагу, при капітальному ремонті з повною зміною перекриттів на збірні залізобетонні, необхідно приділяти якості цегляної кладки, її несучої здатності, наявності вентиляційних каналів і особливо димоходів від пічного опалення. Існуючі димоходи в значній мірі послабляють цегляну кладку, і неврахування цього може призвести до аварійної ситуації. Серйозним конструктивним прорахунком вважається відсутність утеплювача по торцях залізобетонних плит, прогонів, металевих балок при товщині зовнішніх стін менше 64 см, в результаті чого відбувається місцеве промерзання кладки. При реконструкції старих будівель в ряді випадків виникає необхідність влаштування прибудов. Щоб уникнути появи тріщин у вузлах спряження старої кладки з новою закладають підошву фундаментів прибудови на глибині існуючих фундаментів, а також обов’язково виконують шпунт з просмолених дощок між існуючим фундаментом із заглибленням його на 50-60 см, передбачаючи осадовий шов між новою і старою кладкою.

## Руйнування, викликані деформаціями ґрунтів

Враховуючи, що основи і фундаменти знаходяться в закритому стані, основними припущеннями їх ненадійного технічного стану і одночасно приводом до проведення обстежень є:

* + - деформації будівель, споруд і їх окремих будівельних конструкцій (крен, вигин, кручення, перекіс, прогин, тріщини, розломи і т. п.);
    - осідання ґрунтів навколо будівель і споруд, а також осідання підлог в підвальних приміщеннях;
    - деформації і руйнування фундаментів і стін з боку підвальних приміщень;
    - підтоплення території навколо будівлі і споруди, а також підвальних приміщень в зв’язку зі зміною ґрунтових вод, аварій побутових і технічних систем водопостачання і каналізації;
    - порушення зовнішнього водовідведення (вимощення, водостічних труб, дренажних систем).

Найбільш характерними ознаками деформації ґрунтових основ є:

* + - нерівномірні і місцеві осідання;
    - фактичні осідання, що перевищують допустимі значення;
    - випирання ґрунту основ з-під підошви фундаменту.

Основними причинами деформацій ґрунтових основ є:

* + - перевищення розрахункових навантажень на основу;
    - зовнішні динамічні навантаження (сейсмічні і вибухові та ін..);
    - зміна рівня ґрунтових вод, температурного режиму, а також фізико- механічних характеристик ґрунтів основ в період будівництва і експлуатації будівель і споруд;
    - замала або невірна глибина закладання фундаментів;
    - помилка при проектуванні інженерно-геологічних випробувань та розрахунків в проектуванні.

Найбільш характерними пошкодженнями і дефектами фундаментів є:

* + - недопустимі значення величин деформацій і зміщення фундаментів в плані і по висоті (крен, вигин, кручення, перекіс, прогин, осадка і т. п.);
    - тріщини, сколи, злам фундаменту;
    - оголення арматури, корозія в тілі бетонних фундаментів;
    - руйнування матеріалу каменю і розчину в швах кам’яної кладки фундаментів;
    - гниття елементів дерев’яних фундаментів (паль, лежнів, стільців і т. д.);
    - пошкодження вертикальної і горизонтальної гідроізоляції фундаментів. Основними причинами пошкодження і дефектів фундаментів є:
    - деформації ґрунтових основ;
    - перевищення розрахункових навантажень на фундаменти;
    - механічні пошкодження при оголенні фундаментів, введенню і заміні комунікацій;
    - динамічні впливи сейсмічного і взривного характеру, порушення режиму роботи технічного обладнання, робота транспортних і будівельних машин і ін..;
    - старіння матеріалів фундаментів і гідроізоляції;
    - вплив агресивного середовища, значне зволоження;
    - помилки при проектуванні фундаментів.

Основний вигляд деформації ґрунтів – це ущільнення їх при стисненні. Що виникає під дією нормальних зусиль, прикладених до елементу ґрунту, і відбувається головним чином за рахунок взаємного переміщення (зрушень,поворотів) твердих мінеральних частинок, що викликає зменшення пористості ґрунту. Характеристиками деформативності ґрунтів є коефіцієнт відносної стисливості або обернено пропорційний до нього модуль загальної деформації і коефіцієнт відносної поперечної деформації, аналогічний модулю пружності і коефіцієнт Пуассона пружних тіл.

При будівництві нових споруд і реконструкції діючих часто виникає необхідність передати на ґрунти основи значні навантаження. У складних ґрунтових умовах ці навантаження (статичні, динамічні) викликають великі і часто нерівномірні осідання фундаментів споруд.

Розглянемо деякі основні види ґрунтів та їх характеристику.

Скелясті ґрунти – найбільш надійні, міцні, не просідають, не розмиваються, не спучуються. Фундамент можна зводити безпосередньо на поверхні такого ґрунту, без будь-якого заглиблення в них.

Піщані – мають властивість до ущільнення під навантаженням, просадочні, не затримують воду і при промерзанні не спучуються.

Супіски та суглинки – ґрунти, що займають проміжне положення між піщаними і глинистими ґрунтами. Вони містять від 3 до 30 % включень глини. При вмісті глини від 10 до 30 % ґрунт відносять до суглинку, при більш низькому вмісті – до супіску.

Глинисті ґрунти можуть стискуватися, розмиватися і при замерзанні спучуються. Ці ґрунти не надійні для зведення фундаменту, який повинен закладуватись на всю глибину промерзання.

До складу заходів, що усувають або зменшують деформації основ, складених просідаючими ґрунтами, входять наступні:

1. Ущільнення просідаючих ґрунтів попереднім замочуванням, у тому числі з використанням глибинних вибухів.
   * Спосіб рекомендується застосовувати для усунення просадочності ґрунтів, зниження їх деформативності та підвищення несучої спроможності при товщах просідання завглибшки понад 8 м, які характеризуються просіданням від власної ваги. Застосування способу ефективне при ущільнювальних ґрунтах, які представлені пилуватими пісками, супісками або лесоподібними суглинками з щільністю сухого ґрунту не більше 15,0 кН/м3 і коефіцієнтом фільтрації не менше 0,05 м/добу.
   * Усунення властивостей просідання ґрунтів верхнього недоущільненого шару потужністю 2,5-4,0 м слід виконувати; пошаровим влаштуванням ґрунтових, гравійно-піщаних, щебеневих, та інших піщаних подушок; до ущільненням ґрунтів важкими трамбівками; прорізкою верхнього шару фундаменту.
2. Регульоване замочування просідаючих ґрунтів.

Спосіб регульованого замочування може застосовуватися для будівництва споруд до 16 поверхів включно для усунення властивостей просідання ґрунтів на товщах із максимальною величиною просідання від власної ваги ґрунту до 1,5 м, які не відносяться до зсувних, закарстованих сейсмічних територій. Застосовується в процесі зведення будинків і споруд з ущільненням ґрунтів основи під дією зовнішнього навантаження та власної ваги ґрунту.

При просіданні ґрунтів від власної ваги до 0,5 м застосовують одно стадійне замочування у процесі зведення об’єкта, а понад 0,5 м – замочування здійснюється в дві стадії: перша – до зведення будинку або споруди, друга – у процесі його зведення.

1. Способи ущільнення основ слабких водо насичених ґрунтів.
   * На практиці для зниження величини і нерівномірності осідань фундаментів часто влаштовують піщані подушки. З їх допомогою вдається зменшити глибину закладання фундаментів і розподілити тиск на велику площу, зменшити розміри фундаментів. Піщані подушки влаштовують з середньо- і крупнозернистих пісків, щебеню, гравію, граф війно-піщаної суміші.
   * У ряді випадків доцільно застосовувати вапняні палі. У товщі ґрунтів під захистом обсадних труб пробурюють свердловини діаметром 30…50 см. Їх заповнюють негашеним комовим вапном, шаром близько одного метра. У обсадних трубах спускають трамбівку масою 300…400 кг і роблять ущільнення. Знову насипають шар вапна і утрамбовують і т. д. Ґрунт ущільнується при зануренні труби і після трамбування вапна. При взаємодії негашеного вапна з водою у порах ґрунту відбувається гашення. Внаслідок цього збільшується діаметр вапняної палі на 60…80 % і додатково ущільнюється ґрунт навколо палі. Крім того, при гасінні вапна виділяється велика кількість тепла. Температура піднімається до 200 °С, внаслідок чого вологість навколишнього ґрунту зменшується, а характеристики міцності збільшуються. Далі проводять поверхневе ущільнення ґрунту важкими трамбівками. Піщані палі влаштовують шляхом забивання в ґрунт металевої труби з закритим кінцем. Порожнину заповнюють піском з ретельним ущільненням. Навколо стовбура палі утворюється ущільнена зона слабкого ґрунту діаметром до півтора метри (при діаметрі палі 0,4…0,5 м).
   * У практиці іноді застосовують електрохімічну обробку ґрунтів для підвищення несучої здатності основ споруд, створення огороджень при проходці котлованів і траншей, боротьби з морозним здиманням, із зсувами. Вона використовується для зміцнення всіх видів ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації менше 0,5 м/добу (дрібних і пилуватих пісків, супісків, суглинків, глин, мулів, торфу). Електрохімічна обробка розділяється на електроосушення, електролітичну обробку і електросилікатизацію.

Довготривале зміцнення можна отримати при введенні хімічних добавок.

Підсилення ґрунтів основ методом силікатизації представляє собою процес нагнітання в ґрунт закріплюючих розчинів через попередньо занурені перфоровані трубки (ін’єктори). При цьому штучно змінюються будівельні властивості ґрунтів в результаті взаємодії з спеціальними хімічними речовинами, які надають ґрунтам допоміжну міцність, стійкість, знижують водопроникність.