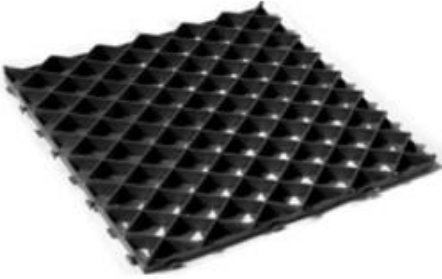
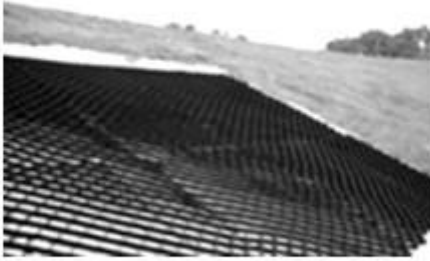




(ЧАСТИНА ДРУГА)

Геоматеріали для поверхневого укріплення

Під геоматеріалами розуміють будівельні матеріали, які, виконують свої функції в контакті з ґрунтом або іншими будівельними матеріалами в геотехніці та технології створення виробок. Геосинтетичні матеріали, які використовуються в якості захисту укосів і схилів від впливу ерозії і дозволяють запобігти зрушення верхнього шару ґрунту.

Основні види геосинтетичних матеріалів

Матеріал	Найменування	Область застосування
	Георешітки	<ul style="list-style-type: none">- зміцнення схилів доріг;- будова підпірних стін різного призначення;- армування неоднорідних ґрунтів;- укріплення русел річок і прибережної зони водойм;
	Геосітки	<ul style="list-style-type: none">- зміцнення і підвищення загальної стійкості крутих схилів; - поділ різних типів ґрунтів при зведенні насипу;- підвищення несучої здатності слабкої основи;- забезпечення рівномірної опади насипу і скорочення термінів консолідації підстави;- підвищення стійкості ґрунтових конструкцій на зрушення;

	<p>Геотекстиль</p>	<ul style="list-style-type: none"> - шляхове будівництво; - армування укосів; -будівництво тунелів; -гідротехнічні споруди; -виробництво гідро-дренажних систем;
	<p>Геомати</p>	<ul style="list-style-type: none"> - зміцнення укосів, кюветів насипів і виїмок; - озеленення укосів; - захист зсувних схилів ярів і споруд на ділянках зсувів;
	<p>Геомембрани</p>	<ul style="list-style-type: none"> - водотривкі греблі; - водойми і резервуари; - водопропускні канали;
	<p>Геокомпозити</p>	<ul style="list-style-type: none"> - горизонтальний і вертикальний дренаж будівельних конструкцій; - армування схилів, доріг, підпірних стінок; - стабілізація ґрунтів.

Георешітка - це стільникова конструкція з поліетиленових стрічок, з'єднаних між собою зварними швами з високою міцністю, яка в робочому положенні являє собою стійкий каркас в горизонтальному і у вертикальному напрямку. За допомогою цього каркаса фіксуються різні наповнювачі - щебінь, ґрунт, бетон, кварцовий пісок і інші. Високі стінки дозволяють укласти в собі також і крупнозернистий матеріал.

Об'ємні георешітки є гнучкий компактний модуль, що складається зі скріплених між собою полімерних стрічок, що утворюють в розтягнутому положенні об'ємну порожнисту конструкцію з заданими геометричними

параметрами. Основними характеристиками є розривне навантаження стрічки і міцність шва у відсотках від міцності стрічки.

Геосітка - це плоский полімерний рулонний матеріал з сітчастою структурою, утворений еластичними ребрами з високоміцних пучків ниток, скріпленими в вузлах прошивочною ниткою, переплетенням, склеюванням, сплавом або іншим способом, з утворенням осередків, розміри яких більші ребер, що утворюють сітку, оброблених спеціальними складами для поліпшення властивостей і підвищення їх стабільності. За структурою розрізняють двовісні і одновісні пористі конструкції. Перші мають стільники прямокутної форми і розраховані для використання на слабких ґрунтах, другі - витягнуті ромбоподібні за формою в один бік і здатні відмінно справлятися з навантаженнями на розрив. Високий модуль пружності дозволяє сприймати навантаження і розподіляти її.

Слід зазначити що, незважаючи на те, що геосітки і георешітки на перший погляд дуже схожі, між ними існує велика різниця. Основна відмінність георешіток від геосіток полягає в способі виробництва. Синтетичні рулонні матеріали, що слугують вихідною сировиною для георешіток, спочатку перфоруються і витягуються в одному або двох напрямках. Таким чином, георешітки є інтегральним матеріалом. В результаті витягування молекули полімерів орієнтуються в напрямку розтягу, цим підвищується міцність у цьому напрямку і, відповідно, зменшується відносне подовження. Нерухомі вузлові точки дозволяють георешіткам краще розподіляти навантаження між поздовжніми і поперечними елементами решітки (рис. 5.11).

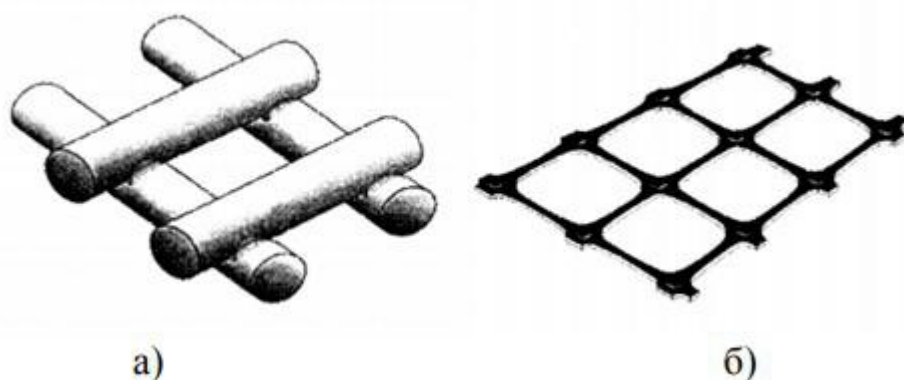


Рис. 5.11. Геоматеріали: а - геосітка, що складається з волокон і вузлів; б - георешітка - інтегральна структура

Геотекстиль - це нетканий матеріал з синтетичних або натуральних полімерів у вигляді плоских форм, стрічок або тривимірних структур, що забезпечує його високі фізико-механічні властивості, ізотропність, а також стійкість до різних хімічних сполук. До основних властивостей геотекстилю відносять високий модуль пружності, завдяки якому матеріал може сприймати значні навантаження і виконувати функцію армування при відносно малих деформаціях. Геотекстиль виконує функцію розділення шарів і дозволяє перерозподілити напругу в основі насипу, збільшити несучу здатність основи, стійкість укосів, поліпшити умови ущільнення земляного полотна.

Геотекстиль набув найширшого поширення в світі серед всіх видів геосинтетичних матеріалів.

Геомат - це рулонний матеріал, що представляє собою композит, який складається з геосітки і штучного полімерного матеріалу об'ємної форми. Полотно є високоміцною об'ємною конструкцією з гарною якістю драпірування, що дозволяє конструкції не руйнуватися і перебувати в постійному контакті з ґрунтовим профілем. Геомати слід застосовувати в якості армуючих і фільтруючих складових для створення стійкого рослинного покриву з метою запобігання ерозійних процесів і при необхідності відведення великої кількості води. Як правило, геомати використовують в комбінації з іншими типами зміцнення: біологічним, несучим, захисним і ізолюючим.

Окрему увагу варто приділити **геокомпозитам**, які представляють собою об'єднані різновиди геосинтетичних матеріалів. Зміцнені композиційні матеріали, складаються з полімерної (синтетичної або натуральної) безперервної матриці, яка виконує роль сполучника усіх компонентів матеріалу, і армуючої складової. Слід підкреслити, що при цьому створюється окремий матеріал, який об'єднує в собі характеристики складових геоматеріалів.

З усього різноманіття геокомпозитів можна виділити кілька найбільш поширених матеріалів, а саме:

- 1) з'єднання геотекстилю та георешіток або геосіток;
 - 2) з'єднання геотекстилю та спеціального дренажного прошарку.
- Основний різновид геокомпозитів - це двошарові фільтри з жорстким

каркасом між ними з полімерної геосітки або менш жорстким каркасом з високопористого нетканого матеріалу товщиною зазвичай 10 - 30 мм.

Геомембрану називають суцільні непроникні рулонні матеріали, товщиною від 0,5 до 5 мм, широко застосовуються для створення гідроізоляційних прошарків, а також для зниження величини активних зсувних напружень за рахунок гладкого контакту з нижнім шаром.

За структурою полотна геомембрани можуть бути одношаровими, двох шаровими, за характером поверхні геомембрани виробляють гладкі і текстуровані, за профілем полотна геомембрани відрізняють плоскі і профільовані, за способом з'єднання окремих полотен геомембрани підрозділяються на зварні і склеювані.

Відмінною рисою геомембран є високий ступінь подовження при навантаженнях (як правило, від 600% до 800%) і довговічність (від 25 до 100 років), що дозволяє максимально довго зберігати цілісність і непроникність шару геомембрани.

Зміцнення схилів об'ємною георешіткою - один з найбільш ефективних методів в тих випадках, коли застосування інших зміцнювальних конструкцій, наприклад габіонних, неможливо через нерівність рельєфу схилу, особливостей порід і ряду інших причин.

Приклад армування укосу об'ємними георешітками представлений на рис. 5.12.

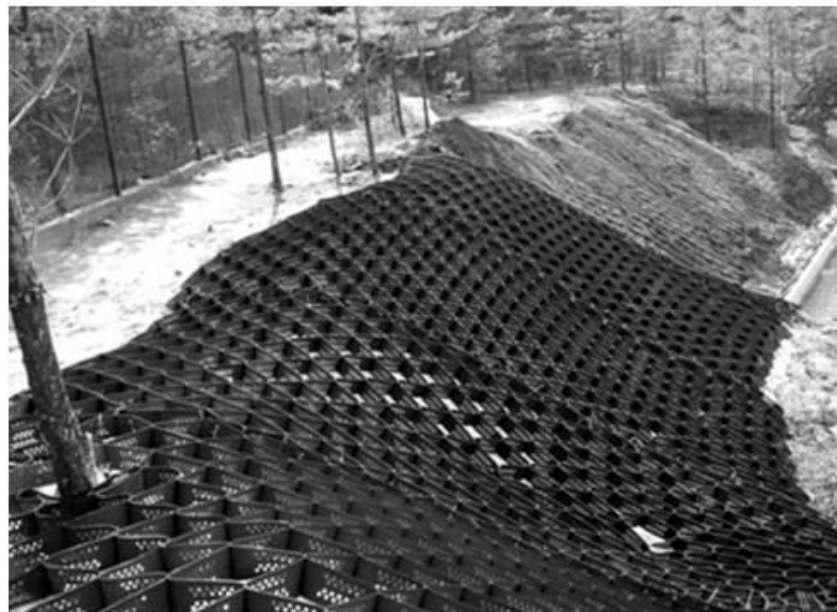


Рис. 5.12. Схема армування укосу об'ємними георешітками

Перфоровані стінки осередків георешітки покращують дренажні характеристики конструкції, що забезпечує зростання різного роду рослинності. Разом з тим слід підкреслити, що вибір конкретного геосинтетичного матеріалу з певним розміром осередків решітки необхідно проводити в залежності від мети застосування матеріалу. Так, георешітка з великими вічками буде найбільш доцільна у використанні на досить пологих схилах з помірно міцною основою ґрунтової поверхні, а круті схили слід зміцнювати з застосуванням георешітки з меншим розміром осередків. Також від крутизни армуємого схилу залежить вибір засипного матеріалу.

Процес укладання георешітки проходить в кілька етапів: матеріал укладається пошарово, осередки заповнюються рослинним ґрунтом з посівом насіння, піском або щебенем.

Решітку засівають навіть деякими сортами дерев, коренева система яких створює щільну сітку в глибині ґрунту, тим самим зміцнюючи укоси і запобігаючи зсуву. Перфорування дозволяє просочуватися воді і рівномірно розподілятися по осередках, запобігаючи заповненню і сприяючи фронтальному дренажу.

Закріплення геокаркасу на поверхні укосу і з'єднання окремих модулів між собою здійснюються з певним кроком анкерами довжиною 500 мм, 800 мм, як показано на рисунку 5.14.

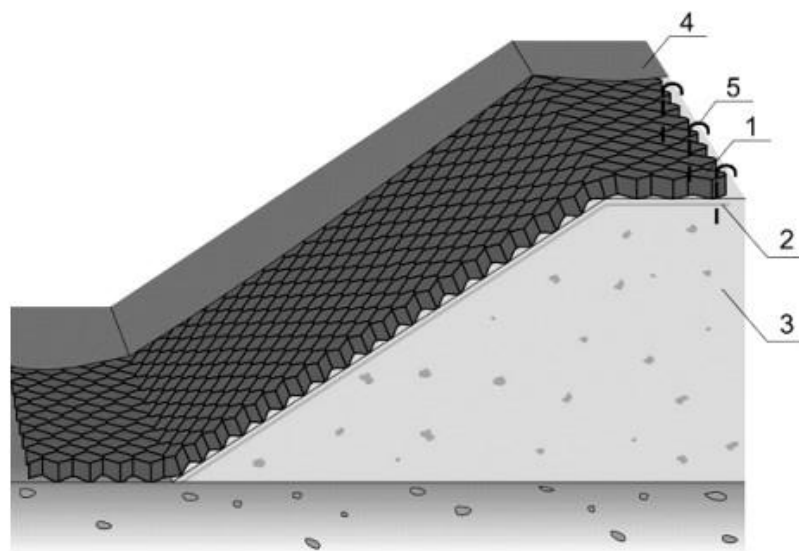


Рис. 5.14. Схема конструктивного рішення зміцнення укосів насипних споруд георешітками: 1 - георешітка; 2 - нетканний геотекстильний матеріал, покладений під георешітку; 3 - ґрунт тіла насипу; 4 - рослинний ґрунт; 5 – анкера

У складних гірничо-гідрогеологічних умовах на поверхні укосу під георешітку рекомендується створювати захисний шар або зворотний фільтр з геотекстильних матеріалів. Створення такого шару (фільтра) обов'язково при:

- зміцненні підтоплюваних укосів (зворотний фільтр);
- зміцнення непідтоплюваних укосів, складених водонестійкими, легкокорозивними ґрунтами (захисний шар);
- наявності відклинюваних водоносних горизонтів в мокрих виїмках (зворотний фільтр).

Для кріплення георешіток застосовуються пластикові, металеві та композитні полімерні анкери.

Пластиковий анкер зазвичай являє собою суцільнолиту пластмасову деталь. Його перевагами є: стійкість до корозії, мала вага. Недоліками є крихкість при низьких температурах, невисока міцність і неможливість використання на мерзлоті і складних породах.

Металевий анкер виконують із сталевих прутів і застосовують в умовах складних ґрунтів (ґрунт, змішана з камінням, суглинок і т.п.). Недоліками такого типу анкера є схильність до корозії і велика вага.

Композитні полімерні анкери виготовляють з склопластикової арматури. Такі анкери об'єднали в собі всі переваги пластикових і сталевих.

Композитні склопластикові анкери мають малу вагу, не схильні до корозії, мають міцність сталевих анкерів, зберігають міцність в широкому діапазоні температур, можуть використовуватися в складних породах.

У верхній частині укосів закріплення георешітки за допомогою анкерів виконується в кожній гратці. Кріплення секцій між собою анкерами проводиться в гратках в напрямку зверху вниз, через гратку в поперечному напрямку. Крім цього всередині кожного модуля встановлюються анкери з кроком 1-1,5 м в шаховому порядку. Конкретніше розміри анкерів і крок їх установки визначаються проектом залежно від порід, крутизни укосів, маси заповнювача решітки з умови закріплення конструкції на схилі від зсуву.

Основні функції для кожного типу геосинтетичних матеріалів

Тип геосинтетичного матеріалу	функція поділу	функція арматури	функція дренажу	функція утримуючої конструкції
Геотекстиль	+	+	+	-
Георешітки	+	+	+	-
Геосітки	+	+	+	-
Геомембрани	-	-	-	+
Геокомпозити	+	+	+	+

5.2. ЗМІЦНЕННЯ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД ТА ІЗОЛЯЦІЯ ПОРІД УКОСІВ

Зміцнення гірських порід необхідно для поліпшення властивостей міцності масиву на ослаблених ділянках. Воно досягається введенням у тріщини масиву речовин, які після схоплювання з породою мають значно більш високі характеристики опору зсуву, ніж до зміцнення. Ефект підвищення міцності породи досягається за рахунок проникнення матеріалу зміцнювача по тріщинах і схоплювання його з породою. Введення зміцнювача в масив здійснюється під тиском. У якості зміцнюючих речовин речовин застосовуються цементні розчини, полімерні смоли та силікати.

Цементні розчини нагнітаються в масив через свердловини та повинні мати термін схоплювання, що забезпечує його проникнення по тріщинах на проектну відстань. Швидкосхоплювальні цементні слід застосовувати в сильно тріщинуватих породах з більшим розкриттям тріщин, а при тонких тріщинах – цементні розчини із тривалим строком схоплювання. Строк схоплювання можна регулювати, додаючи в розчин соду, хлористий кальцій і інші речовини, що скорочують час схоплювання. Цементнація сильно тріщинуватих порід може вестися піщано-цементними розчинами. В усті свердловини бетонується трубка–кондуктор із фланцем, до якого приєднується вимірювальна апаратура й трубопровід (рис. 5.15), по якому подається цементний розчин.

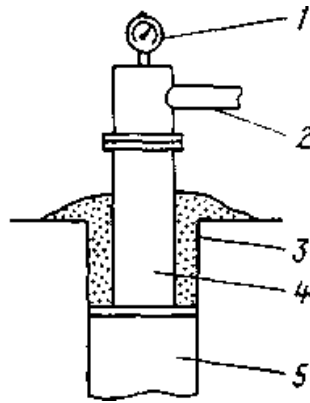


Рис. 5.15. Схема устаткування устя шпари при цементації:

*1 – манометр; 2 – трубопровід; 3 – бетон;
4 – трубка-кондуктор; 5 – шпала*

Електрохімічні методи зміцнення являють собою різновид силікатизації (уведення в масив, що зміцнюється, силікату натрію, хлористого кальцію). Однак застосування цих розчинів проводиться не за рахунок нагнітання їх у свердловини під тиском, а за рахунок створення різниці електричних потенціалів між сусідніми свердловинами, тому що проникність порід занадто мала.

Електрофізичні методи (електроосмос) полягають у впливі постійного струму (анод і катод вводяться в поруч розташовані свердловини) на воду, що втримується в слабких глинистих породах з малою проникністю. Вода рухається до свердловин і відбувається осушення масиву, що підвищує його характеристики міцності. Зміцнення цими двома способами ефективно лише на невеликій відстані від свердловин (до 1–1,5 м) і витрати на зміцнення великі, що дозволяє поки застосовувати ці способи в промислово-експериментальних роботах.

Ізоляція відкосів застосовується для запобігання їх вивітрюванню. Оскільки процеси вивітрювання найбільше сильно залежать від часу стояння відкосів, ізоляція доцільна для глибоких кар'єрів із тривалим строком існування. У якості ізолюючих покриттів можуть застосовуватися полімерні матеріали, бетон, бітум і ін. Полімерні покриття не знайшли широкого застосування у зв'язку з великою вартістю ізоляції.

Струменева цементация ґрунтів (Jet Grouting)

Струменева цементация - методика закріплення породи нового покоління, що дозволяє значно спростити процес будівництва на нестабільних, обводнених і порушених породах.

Поява струменевої цементации дозволило відкрити нові перспективи в експлуатації родовищ на ділянках з проблемними геологічними умовами, а також добитися значного зниження фінансових ризиків при зведенні різних об'єктів на порушених породах.

Укріплення ґрунтів є необхідним в таких випадках:

- Необхідність поліпшити характеристики ґрунту в межах родовища;
- Облаштування протифільтраційних споруд для захисту від підземних вод;
- Створення тунелів та інших підземних об'єктів;
- Зміцнення укосів, берегів водойм.

Зміцнення ґрунту являє собою зміну його фізико-механічних властивостей під впливом струменя, що нагнітається ін'єкційного розчину. Результатом застосування технології стає трансформація породи в ґрунтоцементний масив, що набуває високу міцність і протифільтраційні характеристики.

Нагнітання стабілізуючого розчину по ін'єкційній технології проходить під невеликим тиском (до 20 атм.), Для введення розчину в ґрунт використовуються забиті в породу перфоровані труби-ін'єктори або свердловини (рис. 5.16).

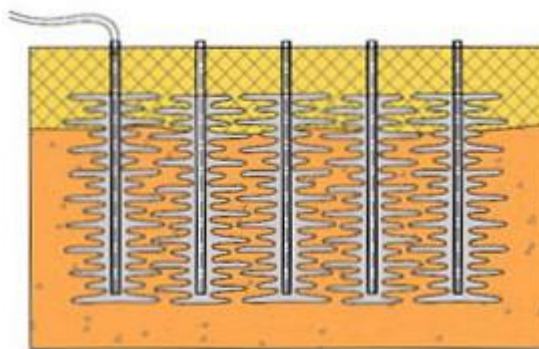


Рис. 5.16. Ін'єкційна цементация через свердловини, поширення стабілізуючого розчину по тріщинах породи.

Недоліки ін'єкційного способу

- Використання ін'єкційного методу можливо лише на породах, що володіють досить великим коефіцієнтом фільтрації (від 0,2 м / добу);
- При закріпленні тріщинуватих ґрунтів стабілізуючий розчин може поширюватися на десятки метрів, що веде до непередбачуваних збільшенням витрат на будівництво;
- Результат ін'єкційного закріплення багато в чому залежить від характеристик породи і її внутрішньої структури (наявності включень, порожнин, тріщин), в зв'язку з чим ін'єкційна методика не дозволяє створити рівномірно укріплену ґрунтову основу під велике спорудження.

Методика Jet Grouting почала застосовуватися в Японії і низці європейських країн у другій половині XX століття. За кілька десятиліть прогресивна технологія стала використовуватися в усьому світі і на сьогоднішній день задіюється як в цивільному, так і в промисловому будівництві.

Струменева цементация поєднує в собі переваги ін'єкційних технологій (ефективність, можливість проведення робіт в обмеженому просторі, поблизу будівель) і такі специфічні переваги, як:

- Можливість роботи з ґрунтами з будь-яким коефіцієнтом фільтрації і структурою, включаючи пісок, гравій і суглинок;
- Можливість створення монолітного ґрунтоцементного масиву, що володіє передбачуваними і стабільними характеристиками, що не залежать від типу породи.

Ґрунтоцемент, створений за методикою Jet Grouting, володіє штучно створеною рівномірною консистенцією і встановленими властивостями (коефіцієнт фільтрації, коефіцієнт стиснення і т.п.), завдяки чому вже під час проектування можна домогтися високої точності розрахунків і звести до мінімуму ризик неправильного осідання. Через особливості технології створений в ході струменевої цементации ґрунтоцемент має форму круглих в перерізі паль (рис. 5.17).



Рис. 5.17. Процес будівництва протифільтраційної завіси з ґрунтоцементних паль.

Суть методу Jet Grouting - паралельне руйнування породи і перемішування ґрунту і стабілізуючого розчину в форматі *mix-in-place* (англ. «Змішування на місці»). Прогресивний метод не тільки відрізняється ефективністю, але і дозволяє економити ресурси, одночасно виконуючи дві технологічні операції.

Для армування породи методом Jet Grouting використовується наступний базовий набір обладнання:

- Спеціалізована бурова установка з буровим шнеком, оснащеним соплами;
- Ін'єкційний насос для бетону;
- Змішувальна станція для виробництва стабілізуючого розчину.

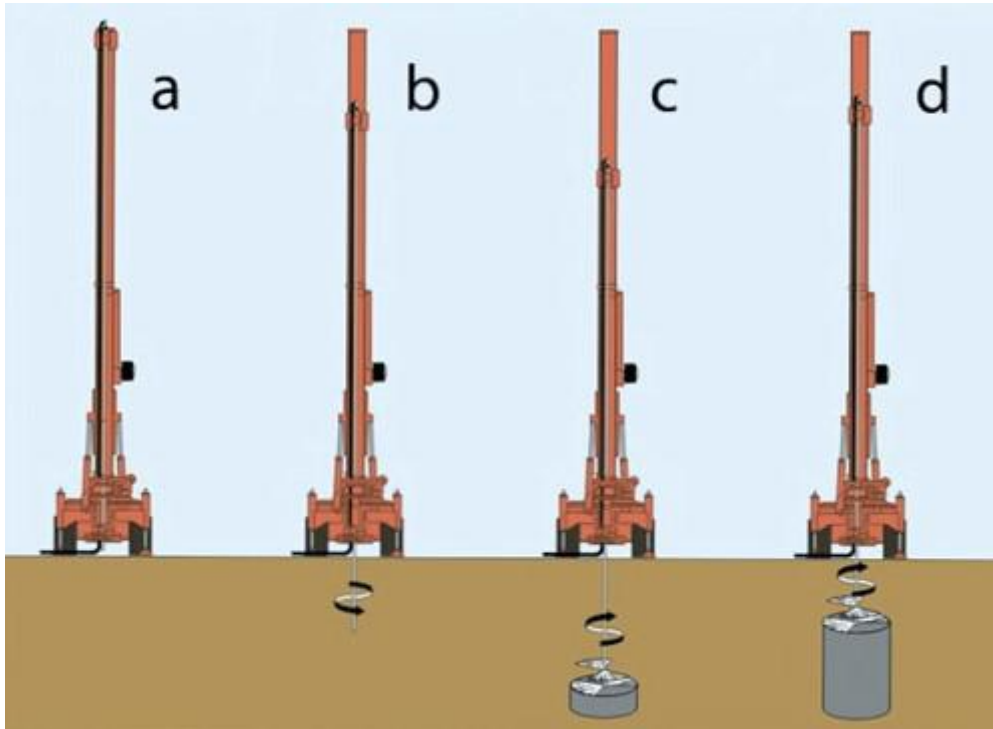
Буровий інструмент

За своєю будовою буровий інструмент для Jet Grouting відрізняється від стандартного через наявність каналу для подачі стабілізуючого розчину. Досягнувши кінця шнека, бетонний розчин подається у внутрішній простір монітора - спеціального пристрою, сполученого з буровим долотом. Монітор

обладнаний форсунками, що перетворюють енергію високого тиску в кінетичну енергію потоку, що руйнує і перемішує породу.

Основні етапи зміцнення ґрунтів за методикою Jet Grouting

Попереднім етапом робіт стає випробування ґрунтів на ділянці будівництва, необхідне для виявлення оптимально відповідної технології цементації, необхідного складу стабілізуючого розчину, а також глибини буріння. Виготовлення ґрунтоцементних паль (рис. 5.18) включає в себе наступні кроки:



*Рис. 5.18. Створення ґрунтоцементної палі:
a - закачування бетону; b - буріння до проектної позначки; c - подача бетону під тиском; d - формування тіла палі.*

1. Приготування бетонної суміші необхідної консистенції;
2. Тестування зразка ґрунтобетонних паль на коефіцієнт фільтрації і відповідність проектної міцності;
3. Закачування стабілізуючої суміші в бурове устаткування;
4. Занурення монітора в ґрунт до необхідної глибини;
5. Руйнування породи і створення ґрунтобетонних паль за допомогою енергії струменя, яка подається під напором;
6. Вилучення монітора з одночасним створенням тіла ґрунтоцементні палі.

Відмінності систем цементації Jet-1, Jet-2 и Jet-3?

Головна відмінність між трьома існуючими системами струменевої цементації - організація процесу руйнування ґрунту і створення ґрунтоцементних паль. Представлене на сучасному ринку бурове обладнання для Jet Grouting дозволяє виконувати руйнування ґрунту і формування паль за допомогою:

- подачі під напором бетонного розчину (Jet-1);
- бетонного розчину і повітряного струменя (Jet-2);
- бетонного розчину, повітряного струменя і водяного струменя (Jet-3).

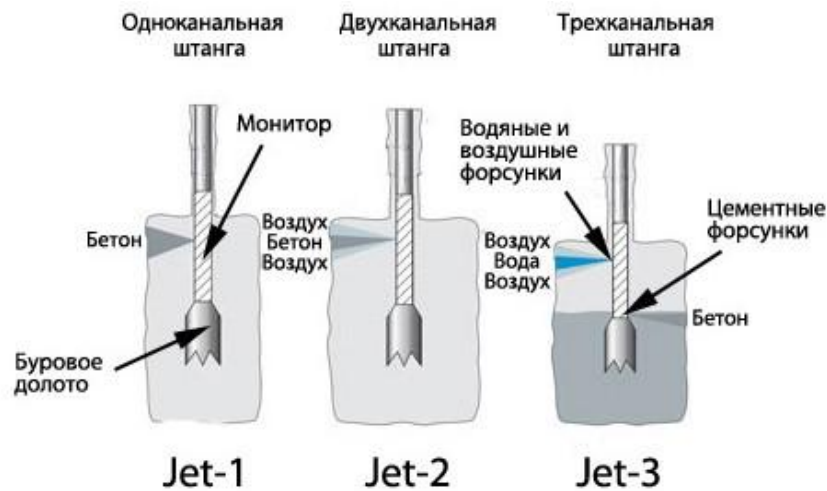


Рис.5.19. Створення ґрунтоцементу за допомогою систем Jet-1, Jet-2 и Jet-3.

Із зростанням складності методики цементування зростає і максимально можливий діаметр створюваної ґрунтоцементної палі (рис. 5.20). Додавання до струменя бетонного розчину струменів повітря і води дозволяє більш ефективно руйнувати породу, досягаючи більшого обсягу тіла палі.



Рис. 5.20. Готова ґрунтоцементні палі, завмер діаметра за допомогою рулетки.

Основними критеріями вибору між трьома системами є тип порід на ділянці будівництва і економічна ефективність застосування конкретної методики цементації. Залучення найбільш дорогої системи Jet-3, що вимагає використання додаткового обладнання, виправдано лише при масштабному будівництві великих гірничих об'єктів на проблемних ґрунтах. Традиційна система Jet-1 застосовується найбільш широко, найбільш затребуваними сферами використання є створення протифільтраційних завіс траншейного типу, зміцнення ґрунтів і цивільне будівництво. У тому випадку, якщо підвищена вага порід вимагає додатково посиленої опори, можливе застосування системи Jet-2, що дозволяє створювати палі більшого діаметра.

Jet-1 (Single Fluid System, однокомпонентна система)

Найбільш незначними витратами варіант, для реалізації потрібно оснастити бурове обладнання шнеком з каналом для подачі бетонної суміші. Нагнітання стабілізуючого розчину відбувається під тиском до 600 атм., Бетонна суміш подається з форсунками в напрямку, перпендикулярному напрямку руху бурового шнека. У зв'язку з тим, що руйнування породи проводиться за допомогою струменя бетонного розчину, в малопрониклих глинистих породах максимальний розмір ґрунтоцементні палі зменшується.

Необхідне обладнання: бурова машина, бурової шнек з каналом для подачі бетонної суміші, насос для Jet Grouting, змішувальна станція.

Максимальний діаметр палі: до 60 см. В суглинках, до 80 см. В піщаних породах.

Jet-2 (Double Fluid System, двохкомпонентна система)

Струмінь бетонної суміші додатково посилюється за допомогою подачі стисненого повітря в тому ж напрямку. Для проведення робіт потрібно спеціалізований повітряний насос для Jet-2 і бурове обладнання, оснащене двоканальним шнеком. подача повітря здійснюється за допомогою повітряних форсунок. Використання енергії стисненого повітря збільшує продуктивність і дозволяє створювати палі більшого діаметра. Як і при цементації по техніці Jet-1, подвійний

Необхідне обладнання: бурова машина, двоканальний бурової шнек, насос для Jet Grouting, повітряний компресор, змішувальна станція.

Максимальний діаметр палі: до 110 см. Суглинках, до 150 см. В піщаних породах.

бетоноповітряний струмінь подається в бічному напрямку, руйнуючи породу навколо бурового шнека.

Jet-3 (Triple Fluid System, трьохкомпонентна система)

Найбільш дорога і складна технологія, вимагає застосування трьохканального бурового шнека і трьох різновидів насосів, а також підвищеної витрати цементу. На відміну від перерахованих вище методик, при цементації Jet-3 порода руйнується виключно за допомогою потужного водовоповітряного струменя, яка подається перпендикулярно напрямку буріння через сопла. Стабілізуючий розчин подається вертикально через розташовані нижче форсунки, що дозволяє виключити домішки в тілі палі і створити об'ємні бетонні споруди великого діаметру. На сьогоднішній день методика Jet-3 - єдина технологія цементації ґрунтів, за допомогою якої можна зробити повне заміщення породи бетоном. Система цементації Jet-3 широко застосовується при будівництві на порушених ґрунтах з включеннями, карстовими пустотами і т.д.

Необхідне обладнання: бурова машина, спеціалізована бурова штанга з трьома окремими каналами, насос для Jet Grouting цементний, насос для повітря, насос для води, змішувальна станція.

Максимальний діаметр палі: до 250 см.

Для зміцнення порід відкосів застосовують біологічні методи.

Багаторічний досвід дорожнього й цивільного будівництва дозволив установити, що ерозія в значно меншій мірі проявляється на відкосах, поверхня яких закріплена рослинним покривом. У цей час на кар'єрах ведуться роботи із закріплення відкосів піщано-глинистих порід, як у природньому стані, так і порушеної структури.

Породи відкосу, що закріплюється біологічним способом, є ґрунтом і тому повинні задовольняти мінімальним вимогам, що забезпечують розвиток рослин, – бути проникними для кореневої системи, містити мінімум мінеральних речовин, придатних для засвоєння рослиною, і ін. Найбільше повно цьому відповідають суглинки, супіски, глини й піски.