



УДК 631.48: 631.434

INFLUENCE OF STRUCTURE FORMATION PROCESSES ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LAYERS FROM LARGE DESTRUCTIVE SOILS REINFORCED WITH CEMENT
ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ З ВЕЛИКОУЛАМКОВИХ ҐРУНТІВ, ЗМІЦНЕНИХ ЦЕМЕНТОМ

Siedov A.V. / Сєдов А.В.

k.t.s., as.prof. /к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-7879-6614

Fomenko O.O. / Фоменко О.О.

*assistens / асистент**Kharkiv National Automobile and Highway University,**Kharkiv, str. 25 Yaroslav Mudryho Street, 61002**Харківський національний автомобільно-дорожній університет,**м. Харків, вул. Ярослава Мудрого 25, 61002*

Анотація. В роботі розглядається питання використання місцевих маломіцних кам'яних матеріалів, зміцнених неорганічним в'язучим, при будівництві дорожнього одягу. Конструктивний шар з зміцненого матеріалу, завдяки його монолітності і міцності працює в пружній стадії, що забезпечує більшу надійність роботи дорожнього одягу в цілому.

Для влаштування дорожніх основ і покриттів можна застосовувати всі види і різновиди великоуламкових, піщаних і глинистих ґрунтів. Великоуламкові ґрунти являють собою шматки, що утворилися в результаті руйнування скельних порід, з розмірами частинок більше 2 мм. Властивості матеріалу залежать від структури укріпленого ґрунту і, головним чином, ґрунтової зони контакту.

Процеси змочування та адсорбції залежать від адсорбційних та електроповерхневих властивостей ґрунту та в'язучого, що зумовлюють особливості ґрунтової зони контакту та структури укріпленого ґрунту.

Ключові слова: великоуламкові ґрунти, цемент, адгезійний контакт, адсорбція, електроповерхневі властивості, гетерогенні системи.

Вступ При конструюванні і будівництві шарів дорожнього одягу необхідно максимально використовувати місцеві маломіцні кам'яні матеріали, зміцнені неорганічним в'язучим (цемент, вапно, активні золи та ін.).

Нескельними ґрунтами вважаються великоуламкові, піщані і глинисті ґрунти. Великоуламкові ґрунти (щебінь, гравій, галька) являють собою шматки, що утворилися в результаті руйнування скельних порід, з розмірами частинок більше 2 мм. Вони поступаються по міцності скельним ґрунтам. Якщо великоуламкові ґрунти не схильні до дії ґрунтових вод, вони також є надійною основою. Для укріплення цементом застосовують усі види природних дисперсних ґрунтів, в тому числі з відносною деформацією здимання до 0,07 згідно з ДСТУ Б В.2.1-2 [1].

Під зміцненням ґрунтів розуміють комплекс заходів, спрямованих на створення, по суті, нових будівельних матеріалів з новими фізико-механічними властивостями в порівнянні з властивостями вихідних ґрунтів. З огляду на, що зміцнений ґрунт є матеріальною системою, в якій її складові частини – ґрунтові зерна і зв'язуючі речовини зберігають свою хімічну індивідуальність, а процеси



фізико-хімічної взаємодії протікають головним чином на границях розділу фаз.

Основний текст. При обробці ґрунту цементом процеси гідратації, а також інші хімічні реакції будуть посилюватися або уповільнюватися в залежності від хімічного та мінерального складів цементу, природи ґрунту та його фізико-хімічного стану в момент обробки (рисунок 1) [2, 3].

Властивості матеріалу залежать від структури укріпленого ґрунту і, головним чином, ґрунтової зони контакту (ГЗК).

Найбільш активною частиною цементоґрунтової суміші, яка забезпечує створення нової структури укріпленого ґрунту, є цемент. На міцність та морозостійкість цементоґрунту впливає не тільки марка цементу, але і його мінеральний склад. При зміцненні ґрунтів цементами однакових марок, але різного мінерального складу будуть отримані цементоґрунти з різними властивостями. В результаті взаємодії цементу з водою, з присутніми в ґрунті солями та частково з дрібнодисперсною частиною ґрунту, в зміцненому ґрунті виникає нова водостійка кристалізаційна структура. Процеси змочування та адсорбції є первинними при формуванні адгезійних контактів та ГЗК, між мінеральними складовими ґрунту (МСГ) та гідратами, що утворюються при використанні портландцементу [3].

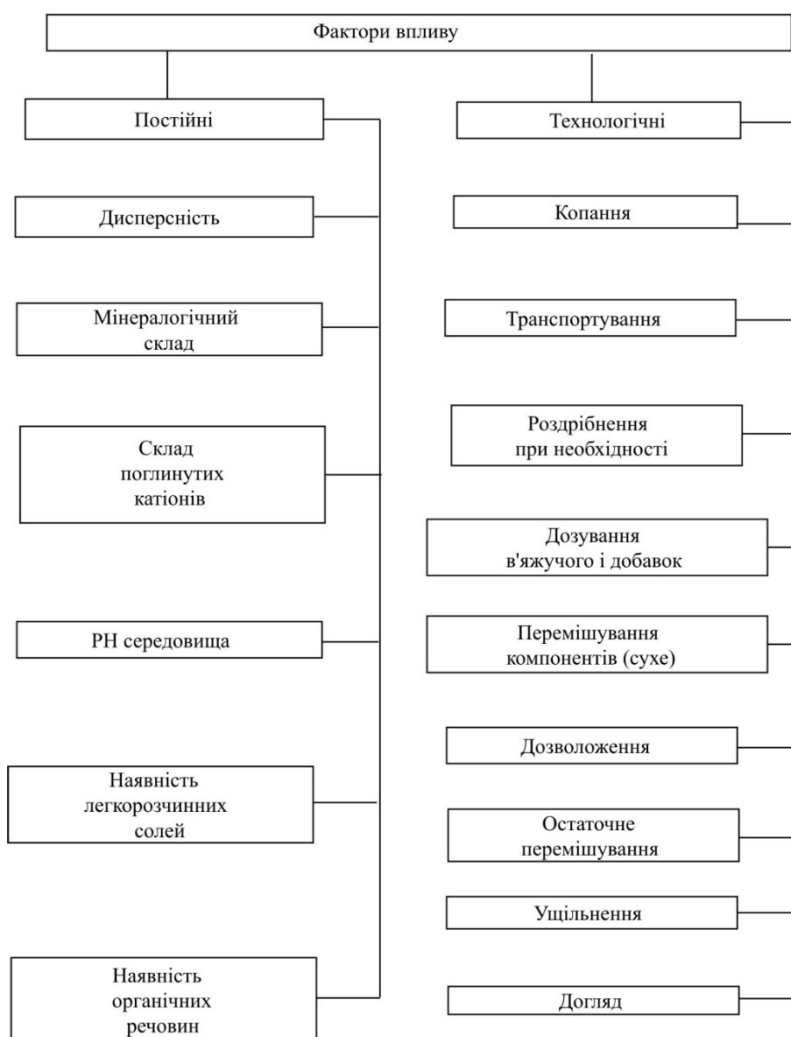


Рисунок 1 – Фактори що впливають на зміцнення ґрунтів

Джерело: [3]



Вони залежать від адсорбційних та електроповерхневих властивостей МСГ та в'язучого, що зумовлюють особливості ГЗК та структури укріпленого ґрунту.

Розщеплення зв'язків $\equiv Si - \bar{O} - Si \equiv$ (рисунок 2) в процесі утворення МСГ та подальших механічних впливів на ґрунт (механічна активація) супроводжується гідроксилуванням мінеральної поверхні, сорбцією потенціаловизначальних іонів H^+ і OH^- . Катіони, що надходять у ґрунт з рідкою фазою при зміцненні ґрунтів цементом, беруть участь в іонному обміні з протонами H^+ . Крім того, вони можуть компенсувати негативний заряд мінеральної поверхні.

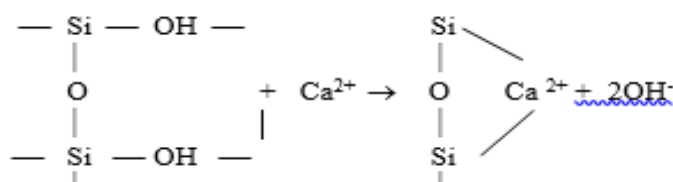


Рисунок 2– Взаємодія кварцу (силікатів) з $Ca(OH)_2$ у рідкій фазі при зміцненні ґрунтів мінеральними в'язучими

Джерело: [2]

Тверді частинки гетерогенних систем, що беруть участь у контактоутворенні цементних матеріалів, характеризуються різними на кілька порядків величинами питомої поверхні від десятків (мінеральні зерна ґрунту) до тисяч (пилуваті частинки) і десятків тисяч (глинисті частинки) квадратних сантиметрів на грам. Загальна площа поверхні МСГ складається із зовнішньої та внутрішньої – визначається різною будовою кристалічної решітки МСГ, яка зростає в напрямку: алюмосилікатне скло зол і шлаків – кварц – польові шпати – амфіболи – (піроксен, меліліт) – карбонати – слюди – гідроокиси заліза – глинисті мінерали. Тому по відношенню до рідкої фази ці мінерали поведуться по-різному, зумовлюючи протікання конкуруючих процесів адсорбції та «поверхневого осмосу» [2]. Перші 4-8 діб усі мінерали виявляють максимальну адсорбційну здатність, після чого, для деяких із них, вона згасає по-різному (рисунок 3).

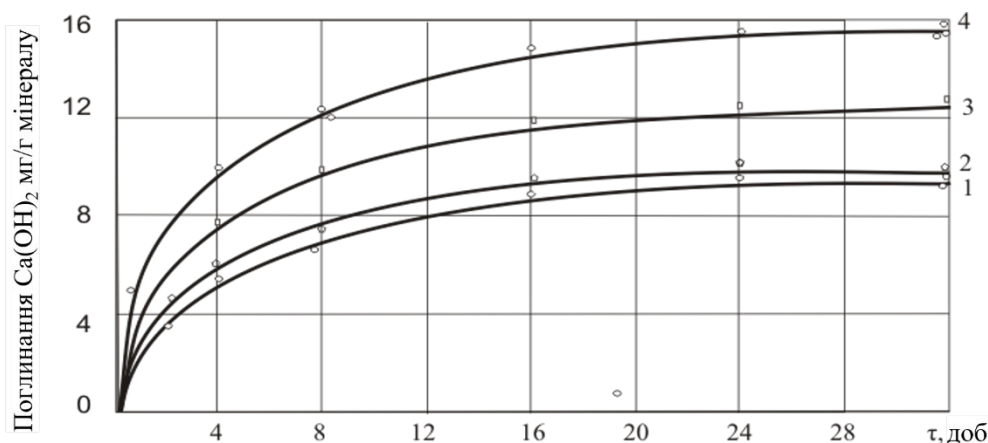


Рисунок 3 – Кінетика зв'язування гідрату окису кальцію дисперсними мінералами: 1 – кварц, 2 – кальцит, 3 – мікроклін, 4 – каолінит

Джерело: [2]



Результати досліджень показників міцності та кінетики структуроутворення великоуламкових ґрунтів з різною концентрацією цементу наведені на рисунку 4.

Аналіз результатів досліджень вказує на те, що при збільшенні вмісту цементу у складі сумішей показники їх міцності зростають.

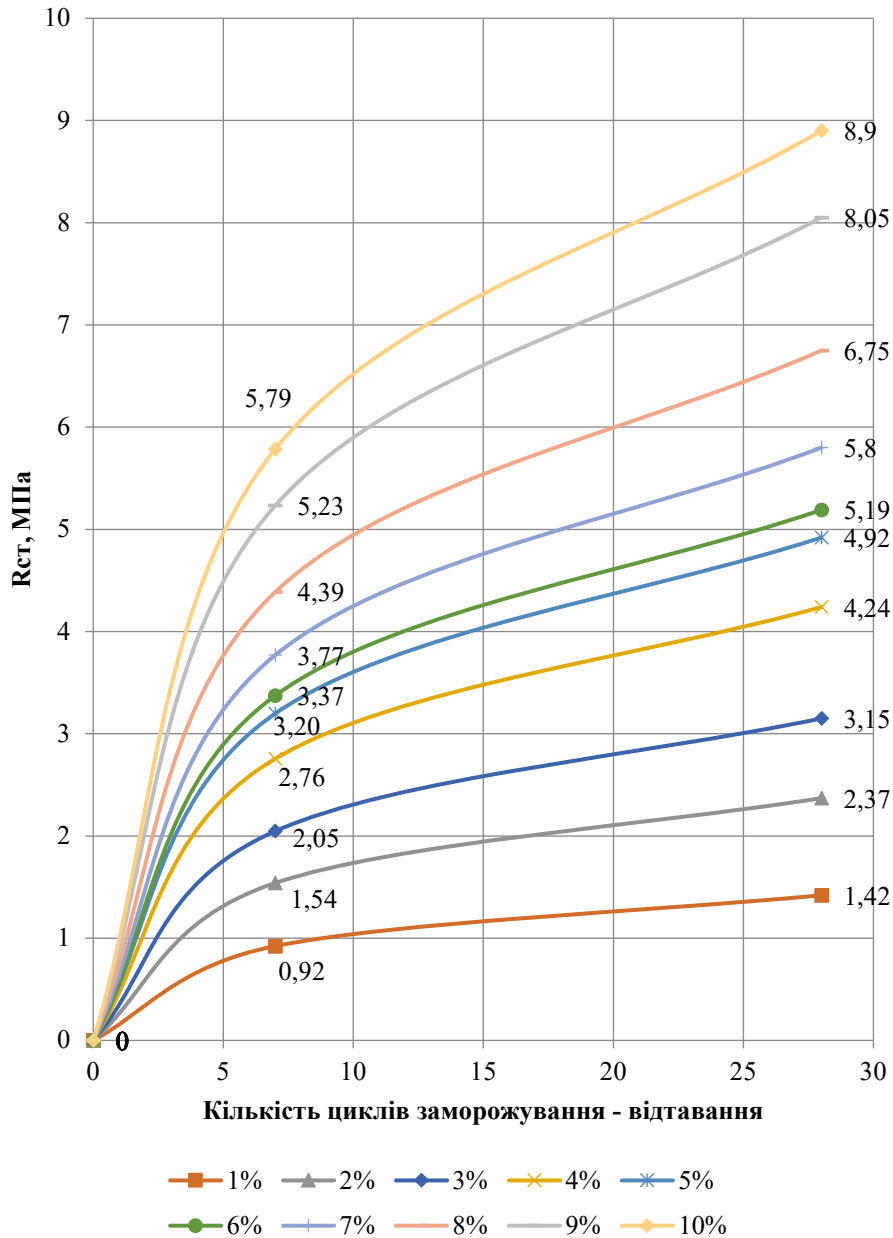


Рисунок 4 – Кінетика структуроутворення суміші, укріпленою цементом, за показником границі міцності при стиску

Авторська розробка

Не меншою мірою, ніж адсорбція, відповідальна за характер процесів контактоутворення в укріпленому ґрунті та щільну ГЗК, електрична природа поверхні мінералів ґрунту та гідратів, яка залежить від їх кристалічної природи і проявляється в рідкій фазі неорганічних в'язучих [3, 4].

Для основного мінералу піщаних ґрунтів – кварцу характерна присутність на поверхні гідроксильних груп та адсорбованої води. При контакті з водою



відбувається часткова дисоціація гідроксильних груп із втратою водню та придбанням негативного заряду за рахунок легкого руйнування зв'язків $O-H$ з енергією розриву 4,35 еВ порівняно з $Si-O$ (7,20 еВ) [2].

Глинисті мінерали – каолініт (галуазит, дикіт), монтморилоніт (бейделіт, нонтроніт), гідрослюди (гідробіотит, гідромусковіт, глауконіт) відносяться до силікатів, основу яких становлять тетраедричні кремнійкиснева та октаедрична Al^{3+} або $Mg^{2+}-O^{6+}-OH$ сітки (рисунок 5) [4, 5].

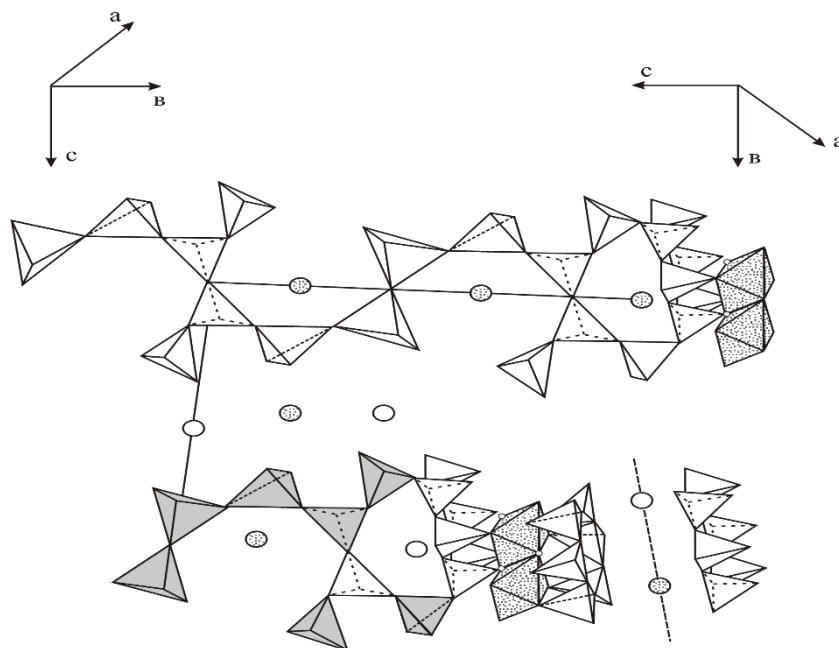


Рисунок 5 – Тетраедричні кремнійкиснева та октаедрична Al^{3+} або $Mg^{2+}-O^{6+}-OH$ сітки силікатів

Джерело: [2]

У них катіони Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} не повністю справляються зі своєю роллю компенсаторів. Обмінні катіони Na^+ і Ca^{2+} також не усувають дисбаланс і можуть змінити негативний заряд. Тільки на бічних сколах глин спостерігається позитивний заряд [2]. Ковалентність зв'язку $Fe^{3+}-O^{6+}$ і $Al^{3+}-O^{6+}$ складає 44,7 % і 40,7 %, відповідно тоді як у гідроксильній групі – 66,05 %. Отже, міцність зв'язку в перших випадках в 1,5 рази більша, ніж міцність зв'язку в гідроксильній групі, що свідчить про велику можливість прояву позитивного заряду розглянутих гідроксидів.

Для гідратів цементного каменю сумарний знак та величина заряду визначаються інтегральним розподілом електричних зарядів поверхні клінкерних реліктів та гідратів. Вони залежать від мінерального складу в'язучого, хімізму води замішування, умов та тривалості гідратації [5].

На стадії формування коагуляційної структури гідратованого цементу, переважна кількість гідроалюмінату і гідросульфоалюмінату кальцію зумовлює утворення сумарного позитивного заряду гідратів. Подальше збільшення кількості гідросилікатів кальцію на стадії утворення кристалізаційної структури сприяє зменшенню заряду з наступною зміною на негативний, що підтверджено численними дослідженнями [2].



Висновки.

На основі проведеного аналізу, можна зробити висновок, що процеси змочування та адсорбції залежать від адсорбційних та електроповерхневих властивостей ґрунту та в'язучого, що зумовлюють особливості ГЗК та структури укріпленого ґрунту. Через однаковий негативний заряд поверхні мінералів ґрунту і гідратів не досягається повністю реалізованого зміцнення ґрунтів неорганічними матеріалами. В даному випадку найбільш ефективним слід вважати кероване контактоутворення [2], засноване на використанні розчинів електролітів для попередньої активації ґрунтів, що передуює зміцненню.

Література:

1. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація. [Чинний від 1996-11-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1996. 51 с.
2. Ольгинский О.Г. Оценка и регулирование структуры зоны контакта цементного камня с минеральными заполнителями. Дисс. докт. техн. наук. Харьков, 1994. 397 с.
3. Зміцнення і стабілізація ґрунтів стабілізація ґрунтів. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/zmicnennja-i-stabilizacija-gruntiv-stabilizacija.html> (дата звернення: 19.03.2023).
4. Борзяк О. С. Регулювання контактних взаємодій для підвищення стійкості в умовах експлуатації матеріалів на основі мінеральних в'язучих : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.23.05. Харків, 2021. 415 с.
5. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: монография в 3 т. / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Л.В. Трикоз и др. Под ред. А.Н. Плугина. Т. 1: Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов. К.: Наукова думка. 2011. 331 с.

Abstract. *The work examines the issue of using local low-strength stone materials, strengthened with inorganic binders, in the construction of road clothing. The structural layer made of reinforced material, due to its monolithicity and strength, works in an elastic stage, which ensures greater reliability of road clothing as a whole.*

All types and varieties of coarse, sandy and clayey soils can be used for the construction of road bases and coatings. Large-clastic soils are pieces formed as a result of the destruction of rocks, with particle sizes larger than 2 mm. The properties of the material depend on the structure of the reinforced soil and, mainly, the soil contact zone.

The processes of wetting and adsorption depend on the adsorption and electro-surface properties of the soil and the binder, which determine the characteristics of the soil contact zone and the structure of the reinforced soil.

Key words: *coarse-grained soils, cement, adhesive contact, adsorption, electro-surface properties, heterogeneous systems.*

Стаття надіслана: 19.03.2023 р.

© Седов А.В., Фоменко О.О.