

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
ДОБАВОК НА БІОВОДОСТІЙКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ**

**PHYSICO-CHEMICAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF
ADDITIVES ON THE BIODIVERSITY OF STRUCTURES**

**Драпалюк М.В., к.т.н., доц. (Одеська державна академія
будівництва та архітектури)**

**Drapaluk M.V., PhD in Engineering, associate professor (Odessa
Academy of Civil Engineering and Architecture)**

У статті доведено, що біопшкодження бетону каналізаційних колекторів пов'язане з діяльністю мікроорганізмів (бактерій). З'ясовано, що біостійкість бетону може бути забезпечена двома способами: запобіганням поверхневого тріщиноутворення; створенням «біоімунітету» бетону до життєдіяльності мікроорганізмів. У статті представлені результати дослідження пористості модифікованої цементної матриці. Встановлено, що в новоутвореннях модифікованої цементної матриці бетону зміст вільного гідроксиду кальцію не перевищує 5%, що є необхідною умовою для отримання матеріалу, стійкого до корозії.

The article proves that the biodamage of concrete to sewer collectors is due to the activity of microorganisms (bacteria). As a rule, biological production of concrete is equipped with injected products in the metabolism of microorganisms and less in small types of non-average mechanical injections of biological organisms. Bacteriodestruction is caused by representatives of almost all groups of microorganisms. The nature of the damage is determined by the operating conditions in which the concrete works. It was found that the biostability of concrete can be ensured by two complex methods: prevention of surface cracking; creating "bioimmunity" of concrete to the activity of microorganisms. The concrete of the exploited canalizing collectors is fed to the inflows of aggressive middlings. When preparing concrete pipes of a special designation, it is especially important to reduce the penetration of the surface ball to concrete. Adjustment of the exploitation characteristics of concrete can be done by adding cement systems and active components to the warehouse, chemically changing the cement with minerals. When interconnecting a complex modifier with cement pieces, the structure and power of the modifier is aware of the difference. The statistic presents the results of the advanced porosity of the modified cement matrix. It has been established that in the newly approved modified cement matrix concrete does not change 5% with calcium hydroxide, but it is necessary to wash away the corrosion-resistant material. As a result of the analysis of modern technologies, it was established that the physical modification can be seen by the way of the winter water and the reduction of the potential power of the cement for the improvement of power, concrete and waterproofness. in the process of damaging the sum.

Ключові слова: бетон, біопшкодження, біостійкість, тріщиноутворення, стійкість до корозії, міцність, ушільнення.

Keywords: concrete, biodamage, biostability, crack formation, resistance to corrosion, performance, improvement.

Бетон каналізаційних колекторів піддається впливам різних агресивних середовищ. Найбільш складні експлуатаційні умови роботи бетону - зона змінного рівня стоків. Тут поверхня бетонних елементів періодично зволожується та висушується, на ній заселяються колонії мікроорганізмів. Їх комплексний біологічний та водний вплив на бетон часто призводить до швидкого руйнування елементів колекторів.

Як показали натурні спостереження, при розкритті мікротріщин бетону від розклинюючої дії води відбувається інтенсивний розвиток біофлори. Найбільша інтенсивність мікрофлори спостерігається в гирлах мікротріщини. На зовнішній висохлій бетонній поверхні в тріщинах зберігається вологе середовище та особливі умови біологічного розвитку різних організмів. Комплексний вплив біологічних та гігromетричних чинників призводить до інтенсивного руйнування бетону. Сітка тріщин в певних умовах зростає безперервно, досягаючи іноді 10 ... 20 см / добу. Характерно, що розвиток тріщиноутворення відбувається не тільки по поверхні, але й у глибину. Розтріскування захисного шару бетону товщиною 3 ... 5 см може відбуватися в місячний термін. Далі починає розвиватися корозія бетону, що посилює процес його руйнування.

Викладене призводить до висновку, що бетон для каналізаційних колекторів повинен володіти необхідною біологічно стійкою структурою. Певна біоводостійкість бетону повинна бути забезпечена в зоні позмінного зволоження та висихання. При цьому повинні дотримуватися як мінімум дві умови: поверхнева тріщиностійкість та біологічний опір матеріалу. Ідеальним було б отримати абсолютно тріщиностійкий бетон із бактерицидно-активною поверхнею до водної біофлори.

Слід зазначити, що рішення цієї проблеми, складної для звичайних бетонів, значно ускладнюється при використанні рухомих бетонних сумішей, які застосовуються для виготовлення трубчастих виробів за традиційною технологією. Збільшена витрата води замішування зазвичай призводить до розвитку капілярної пористості, а, отже, розвитку біокорозії та утворення тріщин.

У технічній літературі практично не приділялася увага біоводостійкості бетону. Тому рішення такої проблеми є важливим завданням для сучасного будівництва. Як показали дослідження, вирішення цієї проблеми може бути отримано шляхом застосування спеціальних добавок до бетону. Такі добавки повинні мати поліфункціональну дію на бетонну суміш та бетон.

Для забезпечення рухливості бетонної суміші добавка повинна мати властивості, які були б схожі з сучасними суперпластифікаторами. З іншого боку, добавка повинна модифікувати структуру бетону в бік підвищення його щільності та бактеріцидності до водної мікрофлори. І проблема захисту від біопшкоджень до теперішнього часу не вирішена.

Дослідженнями встановлено, що більше 50% загального обсягу біопшкоджень бетону каналізаційних колекторів пов'язано з діяльністю мікроорганізмів (бактерій). Бактеріодеструкції викликаються представниками майже всіх груп мікроорганізмів. Характер викликаних пошкоджень визначається експлуатаційними умовами, в яких працює бетон. При періодичному зволоженні та висушуванні бактеріальні процеси доповнюються розвитком грибів [1].

Біопшкодженнями, як комплексною проблемою, займалось багато фахівців. Так, роботи Е.П. Александряна, Р.А. Андріанова, Ю.М. Баженова, В.С. Басина, А.А. Берліна, С.С. Давидова, Е.М. Єлшин, Ф.М. Іванова, Л.А. Игонина, В.В. Козлова, Х.Ф. Чи, Ю.С. Ліпатова, В.А. Лисенко, В.Г. Микульського, І.А. Мощанського, Д. Менсона, С. Ньюмена, А. Пакена, В.В. Патуроева, А.П. Петрової, І.Є. Путляева, А.Н. Пшинько, І.А. Рибьева, В.І. Соломатова, Л. Сперлінга, О.Л. Фіговського, А.С. Фрейдіна, В.М. Хрулева, К.І. Черняка внесли великий вклад в розробку і розвиток теорії створення матеріалів на основі полімерних сполучників, а також способів їх модифікації. Розроблено велику кількість полімерних матеріалів на основі фуранових, фенольних, карбамідних, поліефірних, епоксидних, поліуретанових смол, поліамідів, поліакрилатів та інших органічних сполук. Але методи захисту бетону споруд спеціального призначення від біопшкоджень не досконали.

Як правило, біологічні пошкодження бетону зумовлені впливом продуктів метаболізму мікроорганізмів та лише в рідкісних випадках – безпосереднім механічним впливом біоорганізмів. При утворенні тріщин в них заселяються мікроорганізми, які виділяють агресивні компоненти в тіло бетону. В результаті деструктивних процесів відбувається руйнування цементного каменю та бетону в цілому. Отже, біостійкість бетону може бути забезпечена двома комплексно діючими способами: запобіганням поверхневого тріщиноутворення; створенням «біоімунітету» бетону до життєдіяльності мікроорганізмів.

Довговічність бетону труб каналізаційних колекторів залежить від великої кількості факторів, основними з яких є: умови експлуатації, вид і склад бетону, а також ступінь агресивності ґрунтових вод. Руйнування цементної матриці та бетону в цілому в сульфатних середовищах супроводжується утворенням кристалів двоводного гіпсу та гідросульфатомінералів кальцію. Утворення кристалів цих мінералів в тілі цементного каменю та бетону розглядається як причина сульфатної корозії [1]. Таке твердження на даний час є переважачим, але не єдиним.

Кристалізація гіпсу та гідросульфатомінералу кальцію (ГСАК) викликає руйнування цементної матриці бетону, так як утворення цих кристалів призводить до значного збільшення обсягу твердої фази. На думку [2], вже сама ця обставина є достатньою для пояснення руйнування цементної матриці бетону. Довговічність споруд спеціального призначення багато в чому визначається цілісністю його структури, яка зберігається та функціонує до певного рівня впливу різних факторів зовнішнього середовища, що не перевищує деякого критичного значення.

Як показують результати обстежень каналізаційних колекторів [3,4], в більшості випадків (близько 70%) виявлені конструкції з порушеною суцільністю бетону, у вигляді тріщин різного типу. У залізобетонних елементах таких споруд, кількість конструкцій з порушеною цілісністю ще більша, тут практично відсутні елементи, в яких не було б тріщин. Слід також зазначити, що закладення тріщин в конструкціях споруд, що експлуатуються у вологому середовищі, не відновлює суцільності бетону, тому з часом спостерігається накопичення та розвиток ушкоджень [5].

Підвищити експлуатаційні характеристики бетону можливо за рахунок введення до складу цементної системи активних компонентів, які хімічно взаємодіють з мінералами цементу. При взаємодії комплексного модифікатора (діетиленглікольаеросилату та латексу) з цементними частками, структура та властивості модифікатора зазнають якісних змін. Чим значнішими будуть ці зміни, тим меншими будуть плівки модифікатора на поверхні або між поверхнями зерен цементу та аеросилу та інтенсивними силами поліаризації.

При взаємодії молекул модифікатора з частинками цементу їх поверхня покривається тонким шаром полімеру, який утримується адсорбційними силами. Джерелом цих сил є некомпенсовані зв'язки на поверхні цементу або в міжфазному шарі.

У процесі твердіння модифікованої цементної матриці бетону відбувається зміна морфології продуктів гідратації. В процесі триваючої гідратації зерен цементу збільшується обсяг кристалогідратів внаслідок хімічної взаємодії вільного вапна з аеросилом, який супроводжується утворенням додаткової кількості гідросилікатів кальцію. У зв'язку з цим поступово зменшується обсяг капілярно-пористого простору, який оцінюється пористістю та проникністю, та формується цементною матрицею.

У зразках звичайного цементного каменю бетону значний обсяг макропір радіусами 10^{-6} ... 10^{-5} м та перехідних пор радіусами 10^{-8} ... 10^{-7} м, які теоретично проникні для води, тобто служать шляхами фільтрації при експлуатації споруд у вологих умовах. При введенні латексу до складу бетонної суміші максимум пористості цементної матриці доводиться на пори радіусом 7×10^{-8} м, а при модифікуванні ДЕГА - 2×10^{-8} м.

Експлуатація бетонних труб спеціального призначення здійснюється в умовах агресивного впливу навколишнього середовища. Для визначення впливу різних агресивних середовищ на бетон проведені дослідження поведінки зразків-балочок розмірами $4 \times 4 \times 16$ см при витримці у воді та розчині з концентрацією сульфатів 10 г /л. Зразки формувалися в один шар.

Як випливає з результатів досліджень, в модифікованій цементній матриці бетону з часом зростає кількість низькоосновних гідросилікатних фаз, спостерігається перекристалізація гідрогранатів в низькоосновні гідросилікати кальцію. У новоутвореннях модифікованої цементної матриці бетону вміст вільного гідроксиду кальцію не перевищує 5%, що є необхідною умовою для отримання матеріалу стійкого до корозії.

При проведенні досліджень стійкості бетонних зразків у сульфатному середовищі з концентрацією $\text{SO}_4^{2-} \times 10$ г/л контролювалась міцність зразків різної тривалості витримування в агресивному середовищі, а також вміст у них сульфатів. З урахуванням того, що поверхневий шар бетону піддається дії згинальних та розтягувальних напружень, поряд з міцністю на стиск досліджено зміну міцності при згині зразків в умовах впливу агресивних середовищ.

Встановлено, що для підвищення ефективності ущільнення вібро-ударноімпульсним пресуванням необхідно, щоб цементне тісто було середовищем, в якому розташовувалися б зерна великого та дрібного заповнювачів. При повній герметичності опалубної форми суміш ущільнюється тільки за рахунок деякого зменшення обсягу залученого повітря, тобто ефект вібро-ударноімпульсного пресування буде незначним.

Цей ефект буде збільшуватися зі збільшенням водопроникної здатності стінок форми, так як при наявності фільтраційних отворів вільна вода під дією різниці напору всередині форми та за її межами почне переміщуватись в бік фільтраційних отворів. Отже, в процесі видалення надлишкової води та залученого повітря частинки цементу почнуть зближуватися між собою, що, в свою чергу, призведе до зближення зерен крупного та дрібного заповнювачів. Нормальний тиск, що передається на воду і викликає її видалення, сприятиме зближенню частинок до тих пір, поки зовнішній тиск повністю сприйметься дисперсною фазою.

Відповідно до викладеного, ефективність ущільнення бетонної суміші вібро-ударноімпульсним пресуванням залежить від її складу, від фільтраційної здатності стінок опалубних форм, усередині яких здійснюється ущільнення, а також рівня та режиму граничного ущільнення.

В результаті аналізу сучасних технологій встановлено, що фізична модифікація можлива шляхом видалення зайвої води замішування, що додається в бетонну суміш для надання їй необхідної плинності та легкоукладальності. Видалення вільної води в процесі ущільнення суміші

збільшує використання потенційних властивостей цементу для підвищення щільності, водонепроникності та міцності бетону.

Бетон вібро-ударноімпульсного ущільнення відрізняється певною спрямованістю частинок дрібного заповнювача. Під дією імпульсного тиску відбувається спрямоване розташування зерен заповнювачів у паралельному напрямку. Частинки заповнювача, таким чином, розташовуються по лініях дії головних нормальних напружень. Отже, проявляються армуючі властивості заповнювача.

Висока міцність бетону в результаті вібро-ударноімпульсного ущільнення пояснюється також особливими умовами його структуроутворення, що добре підтверджується даними електронно-мікроскопічного аналізу.

На відміну від звичайного бетону, кількість пор в бетоні вібро-ударноімпульсного ущільнення мала. Структура даного бетону відрізняється граничною упаковкою.

Висновки:

1. Підвищити експлуатаційні характеристики бетону можливо за рахунок введення до складу цементної системи активних компонентів, що хімічно взаємодіють з мінералами цементу. При взаємодії комплексного модифікатора з цементними частками структура та властивості модифікатора зазнають якісні зміни.

2. Встановлено, що міцність модифікованої цементної матриці бетону збільшується при введенні латексу в процес синтезу діетиленгліколяеросіла, внаслідок чого, полімерні частинки латексу своїми функціональними групами взаємодіють з поверхневими органогрупами високодисперсного кримнезему, підвищуючи активність клінкерних силікатних мінералів та гідросилікатних новоутворень.

3. При фізичній модифікації та граничному ущільненню бетонної суміші з використанням вібро, зсувного та ударноімпульсного ущільнення процес структуроутворення призводить до зміни морфології гідратованого в'язучого в порівнянні зі звичайним віброваним бетоном.

4. В ході фізико-хімічних досліджень встановлені ізотропні властивості цементної матриці від поверхні заповнювача до центральних зернових прошарків, які в свою чергу зумовлюють високу міцність бетону, модифікованого вібро-ударноімпульсним способом ущільнення.

5. В результаті аналізу сучасних технологій встановлено, що фізична модифікація можлива шляхом видалення зайвої води замішування, що збільшує використання потенційних властивостей цементу для підвищення щільності, водонепроникності і міцності бетону в процесі ущільнення суміші. Також встановлено, що в новоутвореннях модифікованої цементної матриці бетону зміст вільного гідроксиду

кальцію не перевищує 5%, що є необхідною умовою для отримання матеріалу, стійкого до корозії.

References

1. Sontige C.D., Hilsdorf H. Fracture Mechanism of Concrete Under Compressive Loads // Cem. and Concr. Res. / Sontige C.D., Hilsdorf H. – 1993. – V.3. – N4. – P. 363-388.
2. Glücklich J. the Strength of Concrete as a Composite Material / Glücklich J. // Mech. Beh. / Mater. Pros. Int. Conf. Mech. Behav. Mater. – Kyoto.– 1981. - Vol. 4. – P. 104-112.
3. Shah S.P., Griffith Fracture Criterion and Concrete // J. Eng. Mech. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng. / Shah S.P., McGarry F.J. – 1991. – V. 97. – N 6. – P. 1663-1670.
4. Popovics S. Fracture Mechanism in Concrete: How Much Do We Know?//J. Eng. Mech. Div. Proc. Amer. Soc. Eng. / Popovics S. – 1989. – V. 95. – N3. – P. 531-544.
5. Drapaluk M.V. Doslidzenia resursosberigauchoy technologii modufikovanogo betonu s dempfuichumi komponentamu. Novi tehnologii v budivnuctvi. K.№30, 2016. P.50-53.

Список використаної літератури

1. Sontige C.D., Hilsdorf H. Fracture Mechanism of Concrete Under Compressive Loads // Cem. and Concr. Res. / Sontige C.D., Hilsdorf H. – 1993. – V.3. – N4. – P. 363-388.
2. Glücklich J. the Strength of Concrete as a Composite Material / Glücklich J. // Mech. Beh. / Mater. Pros. Int. Conf. Mech. Behav. Mater. – Kyoto.– 1981. - Vol. 4. – P. 104-112.
3. Shah S.P., Griffith Fracture Criterion and Concrete // J. Eng. Mech. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng. / Shah S.P., McGarry F.J. – 1991. – V. 97. – N 6. – P. 1663-1670.
4. Popovics S. Fracture Mechanism in Concrete: How Much Do We Know?//J. Eng. Mech. Div. Proc. Amer. Soc. Eng. / Popovics S. – 1989. – V. 95. – N3. – P. 531-544.
5. Драпалук М.В. Дослідження ресурсозберігаючої технології модифікованого бетону з димпфуючими компонентами. Нові технології в будівництві. Київ. № 30, 2016. С. 50–53.