

Гончаренко Д.Ф., Костюк Т.А., Вороненко В.О. **КОРРОЗИЯ - ОСНОВНОЙ ФАКТОР, КОТОРЫЙ ПРИВОДИТ К РАЗРУШЕНИЮ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ.** В работе проанализированы исследования влияния агрессивной среды систем водоотведения на эксплуатационные свойства бетона и раствора на портландцементе. Проранжированы факторы, влияющие на коррозионную стойкость цементного камня. Предложены способы, которые позволят применять бетон и раствор на портландцементе в агрессивной среде канализационных сетей.

Ключевые слова: агрессивная среда, портландцемент, сульфатная агрессия, выщелачивание, уплотнение.

Goncharenko D.F., Kostyuk T.A., Voronenko V.O. **CORROSION IS THE MAIN FACTOR, WHICH CONTRIBUTES TO THE DESTRUCTION OF WATER NETWORKS.** In the paper, studies of the influence of the aggressive environment of drainage systems on the operational properties of concrete and mortar on Portland cement are analyzed. Factors influencing the corrosion resistance of cement stone are ranked. Methods are proposed that will allow the use of concrete and mortar on Portland cement in the aggressive environment of sewage networks.

Keywords: aggressive environment, Portland cement, sulfate aggression, leaching, compaction.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-92-2-162-166

УДК 624.21

Бильченко А.В., Кислов А.Г., Синьковская Е.В.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(ул. Ярослава Мудрого, 25, Харьков, Украина; e-mail: kmksm@ukr.net)*

ПРОБЛЕМА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются причины разрушения защитного слоя бетона в железобетонных конструкциях. Принято считать, что защитный слой бетона не оказывает влияния на расчетную прочность железобетонных конструкций, поэтому его размер принимается конструктивно в зависимости от диаметра рабочей арматуры. Его задача, защитить арматуру от контакта с агрессивной средой. В процессе долговременной эксплуатации конструкции, защитный слой теряет свое функциональное назначение и начинается коррозия арматуры, что приводит к деградации железобетонного элемента. Таким образом, целью этой работы является показать влияние физических процессов и минимальных силовых воздействий на образование и раскрытие неустойчивых трещин в начальной стадии эксплуатации. Для выполнения этой задачи используются методы механики разрушения, изучающие свойства материалов в микрообъемах. Таким образом, вопрос стоит не о коррозии бетона защитного слоя, а о его разрушении от воздействия внутренних усилий в начальной стадии жизненного цикла элемента

Ключевые слова: мостовые сооружения, защитный слой, усадка, трещины, минимальные силовые воздействия, надежность/

Введение. Существовавшее ранее мнение о высокой долговечности железобетонных конструкций оказалось ошибочным в особенности, если конструкции эксплуатируются в открытом пространстве. Практика и опыт оценки уровня коррозии арматуры с течением времени показывает, что защитный слой бетона начинает разрушаться

под воздействием окружающей среды довольно быстро (в течении 10-15 лет). Если не применялись профилактические меры, то последующая коррозия арматуры может привести к полной деградации железобетонных конструкций через 30-40 лет. В особенности это относится к сборным конструкциям, так как ускоренное твердение в

пропарочной камере увеличивает пористость бетона и усадочные процессы, которые ускоряют их деградацию.

Проблема долговечности жизненного цикла и оценки ресурса сооружения является сложной задачей, так как требует учета изменчивости механических характеристик материалов и нагрузок во времени, а также влияния формы конструктивных элементов, процессов деградации, условий эксплуатации, социально-экономических факторов. Очень часто среди строителей бытует мнение, что главная причина низкой долговечности – это недостаточный уход в процессе эксплуатации. Отсутствие надежной системы эксплуатации является весомой причиной низкой долговечности, однако на стадии проектирования никак не отображается, в каких условиях, за счет каких причин и, с какой скоростью будет протекать деградация железобетонных элементов. Поэтому для определения надежности необходимо конкретизировать причины деградации железобетонного элемента и выполнить расчеты по определению ее гарантированной прочности со временем и определить, как долго будут сохраняться эксплуатационные свойства, которые характеризуются стабильностью качества и прочностью материалов (бетона и арматуры).

Анализ публикаций. Большинство мостов на автомобильных дорогах Украины выполнено из железобетонных конструкций, которые эксплуатируются в открытой атмосферной среде. Задача оценки ресурса железобетонных конструкций мостов, как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации была наименее изученной, но наиболее значимой. На эту проблему большое внимание обращалось в работах [1-4]. При этом фундаментальные работы профессора Лантух-Лященко по этому вопросу наконец-то дали возможность оценивать деградацию железобетонных конструкций и определять остаточный ресурс железобетонных мостовых сооружений в долгосрочной перспективе, хотя и с определенными

оговорками. Центральной идеей исследования профессора Лантух-Лященко является гипотеза о том, что при условии декомпозиции можно прогнозировать ресурс железобетонного элемента суммой прогнозов из четырех его этапов [4]. Хотелось бы обратить внимание на второй этап – начало коррозии арматуры и незначительное трещинообразование. Арматура начинает корродировать, когда свойства защитного слоя утрачены. Однако в своих многочисленных работах автор уделял очень большое внимание химическим процессам, таким как карбонизация бетона, влияние хлоридов и коррозия рабочей арматуры, которая происходит тогда, когда защитный слой бетона деградировал. Очень мало внимания уделялось таким физическим процессам как усадка бетона и работа защитного слоя под нагрузкой. Принято считать, что защитный слой не оказывает влияние на прочность железобетонных конструкций, а выполняется только с одной целью – защитить арматуру от контакта с атмосферным влиянием [5-7]. Трудно согласиться с этим утверждением, так как защитный слой является основой долговременной прочности всего железобетонного элемента. В настоящей работе хотелось бы обратить внимание на те процессы, которые происходят в бетоне защитного слоя до начала химических деструктивных процессов и появления коррозионных трещин вследствие увеличения объема продуктов коррозии.

Реализация задачи. При проектировании и эксплуатации железобетонных конструкций следует объединить научную базу исследований деградации железобетонных элементов с моделью оценки долговечности элементов на всех этапах жизненного цикла, поэтому кроме химических процессов, рассмотрим происходящие физические явления. В любом железобетонном элементе при конструировании необходимо обратить внимание, что слой бетона в защитном слое монолитно слабо связан с бетоном поперечного сечения элемента, его отделяет слой арматуры, поэтому он имеет

малую толщину, следовательно, большую неоднородность, что и сказывается на его механических характеристиках и градиентном факторе. Иными словами, его прочность отличается от соответствующей стандартизированной, полученной на кубах и призмах [8], поэтому этот бетон работает с другими характеристиками, при этом эффект совместной работы бетона и арматуры здесь не происходит из-за малых объемов.

Этап изготовления конструкций, в особенности сборных, заканчивается проявлением усадки и усадочных деформаций, которые в первую очередь возникают в защитном слое бетона, а, следовательно, с первых минут жизненного цикла контактирует с атмосферной средой. Эти деформации заканчиваются появлением микротрещин в двух плоскостях – на поверхности элемента и на контакте с арматурой, что уменьшает ее сцепление с бетоном, со стороны защитного слоя. Этот процесс можно назвать неустойчивым появлением трещин. При этом усадочные деформации по глубине бетона поперечного сечения элемента сдерживаются арматурой.

Применительно к бетону и железобетону, работающему в экстремальных условиях второго порядка – при циклическом замораживании и оттаивании микротрещины развиваются и с течением времени увеличиваются. Это одна из причин, которая может объяснить разрушение защитного слоя бетона на первом этапе. Дело в том, что в работе [9] утверждается, что «прочность бетона в процессе карбонизации практически не снижается. Несколько уменьшается пористость и влагопроницаемость железобетона за счет того, что карбонат кальция частично заполняет поры в бетоне». Однако известно, что как раз количество пор и влияет на прочность бетона [10], тогда при карбонизации его прочность должна если не увеличиваться, то хотя бы не уменьшаться, что и утверждает автор, следовательно, бетон защитного слоя не должен разрушаться.

Поэтому, основной причиной начала деградации бетона защитного слоя является неустойчивое появление трещин в двух плоскостях. На этот фактор необходимо обратить внимание на ранних стадиях эксплуатации.

Большие возможности в этом направлении открывает использование методов механики разрушения, изучающий свойства материала в микрообъемах, где, собственно и зарождается разрушение. Минимизация неблагоприятного влияния на прочность защитного слоя эффекта неустойчивого развития трещин может быть достигнута путем обеспечения полного восприятия растягивающих усилий бетоном на основе сопротивления цементного камня, при нормальной адгезии и монолитности, а также геометрических характеристик защитного слоя. Поэтому здесь не происходит передача растягивающих усилий с бетона на арматуру. Принципы механики разрушения в железобетонных конструкциях изложены в работе [11] основаны на том, что бетон можно считать условно однородным материалом, который работает как упругопластический материал. При этом бетон на растянутые усилия, которые действуют в бетоне защитного слоя изгибаемого элемента, из-за малой толщины и объема, работает как пластический материал практически при минимальных напряжениях, так как упругие деформации при растяжении в малых объемах микроскопические.

Пластические разрушения сопровождаются значительными деформациями и проявлением трещин, а затрачиваемая при этом работа является такой же характеристикой сопротивления материала разрушению, как и работа при полном упругом разрушении. При этом эти деформации возникают при очень малых напряжениях, возникающих от нагрузки собственного веса. Таким образом, силовые трещины в защитном слое возникают на самых ранних стадиях. В

работах [11,12] предлагается это учитывать введением величины γ (плотность поверхностной энергии материала):

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma_{pe},$$

где: γ_0 - теоретическая плотность поверхностной энергии материала; γ_{pe} – плотность энергии микропластических деформаций в зоне образующихся новых поверхностей.

Поэтому для описания развития неустойчивых трещин или системы трещин в бетоне защитного слоя надо бы применить статистический анализ на основе заданных характеристик структуры бетона (пористости цементного камня, крупности и объемного содержания заполнителя) имитируя при этом иной вариант случайного расположения зерен заполнителя по объему образца в зависимости от объема цементного камня. В зависимости от этого меняется хрупкость и пластичность бетона, также меняется количество и объем неустойчивых трещин, так как меняется условия равновесия внутренних сил межмолекулярного сцепления. Для железобетонных конструкций в процессе разрушения значительная часть затрачиваемой на разрушение энергии расходуется на микропластические деформации [11,12], при этом отношение γ/γ_0 характеризует степень хрупкости цементного камня, как связующего материала и который определяет пластические деформации. Здесь же отмечается, что объектом особого внимания механики разрушения является вершина трещины – место возникновения наибольшей концентрации напряжений и исходная точка дальнейшего разрушения материала при силовом воздействии на конструкцию, поэтому авторы вводят коэффициент интенсивности напряжений [11, 12] для разного вида трещин (K_1 ; K_2 ; K_3), который растет с увеличением длины трещины, что и приводит к ее неустойчивому появлению и росту [13, 14].

Выводы. Таким образом, вопрос стоит не о коррозии бетона, а о разрушении бетона защитного слоя внутренними усилиями вследствие усадочных деформаций при

атмосферном воздействии и усилий от воздействия минимальной внешней нагрузки, то есть общего, напряжено-деформируемого состояния защитного слоя. Все эти процессы происходят на первых этапах эксплуатации железобетона. Поэтому применяемые мероприятия по покрытию защитного слоя специальными химическими составами не всегда могут полностью предотвратить разрушение защитного слоя, необходимо применять безусадочный бетон и монолитную технологию твердения бетона.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лантух-Лященко А.І. Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами // Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». Вип. 57. – 1999. – С.183-188.
2. Дегтяр В.Г. До проблеми оцінки зносу елементів моста / В.Г. Дегтяр, А.І. Лантух-Лященко // Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». Вип. 59. Український транспортний університет. – К.:2000. – С.33-36.
3. Лантух-Лященко А.І. До проекту державних будівельних норм з оцінки технічного стану мостів // Зб. «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій». – Вип. 2. – Львів: Камінь, 2000. – С.78-83.
4. Лантух-Лященко А.І. Модель визначення надійності прогонової будови в умовах неповної інформації // Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Вип. 62. – К.:2001.
5. Wittmann F.H. Fracture Mechanics of Concrete / F.H Wittmann // Elsevier, 1983 – 680pp.
6. Tuutti K. Corrosion of steel in concrete / CBI Research. Fo 4:82 // Stockholm Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982.
7. Lounis Z. Reliability-based service life prediction of deteriorating concrete structures / Z. Lounis, M.S. Madanat // Proc. 3od Int. Conf/ on Concrete under Severe Conditions. Vol. 1. 2001. – P. 965-972.
8. Мости та труби. Оцінка технічного стану мостів, що експлуатуються. ВБН В.3.1-218-174-2002. Державна служба автомобільних доріг України. – К.: 2002. – 74с.

9. Лантух-Лященко А.І. Проблема довговічності залізобетонний прогонових будов автоторожніх мостів / А.І. Лантух-Лященко // Зб. «Автомобільні дороги та дорожнє будівництва». – Вип. 73. – Національний транспортний університет. – К.: 2006. – С. 204-210.
10. Чепурная С.Н. Повышение коррозионной стойкости бетона транспортнх сооружений добавкой высокодисперсного кальцита / С.Н. Чепурная, А.А. Плугин, О.С. Борзяк / Науковий вісник будівництва. – том 91, №1 – 2018. – С.292-297.
11. Чайка В.П. Совершенствование норм проектирования мостовых сооружений на основе концепции конструкционной прочности бетона / В.П. Чайка // Транспортное строительство. – М.:2001. – №2. – С.
12. Зайцев Ю.В. Новый подход к расчету бетонных и железобетонных конструкций (о механике разрушения бетона и железобетона) / Ю.В. Зайцев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М.:2000. – №5. – С. 16-17. – №6. – С.26-27.
13. Розенталь Н.К. Коррозионные процессы в модифицированных бетонах // Зб. «Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж». – Донецьк, 2003. - С.129-133.
14. Чернявский В.Л. Оценка остаточного ресурса по мере функционального состояния эксплуатирующихся железобетонных конструкций В.Л. Чернявский, Ю.Б. Гиль // Зб. наук. пр. Луганського нац. ун-ту. №40 (52).- Луганськ: Вид-во ЛНАУ. 2004.- С.279-285.

Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В. ПРОБЛЕМА ДОВГОВІЧНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ У статті розглядаються причини руйнування захисного шару бетону в залізобетонних конструкціях. Прийнято вважати, що захисний шар бетону не впливає на розрахункову міцність залізобетонних конструкцій, тому його розмір приймається

конструктивно в залежності від діаметра робочої арматури. Його завдання, захистити арматуру від контакту з агресивним середовищем. У процесі тривалої експлуатації конструкції, захисний шар втрачає своє функціональне призначення і починається корозія арматури, що призводить до деградації залізобетонного елемента. Таким чином, метою цієї роботи є показати вплив фізичних процесів і мінімальних силових впливів на виникнення та розкриття нестійких тріщин в початковій стадії експлуатації. Для виконання цього завдання використовуються методи механіки руйнування, які вивчають властивості матеріалів в мікрооб'ємах. Таким чином, питання стоїть не про корозії бетону захисного шару, а про його руйнуванні від впливу внутрішніх зусиль в початковій стадії життєвого циклу елемента.

Ключові слова: мостові споруди, захисний шар, усадка, тріщини, мінімальні силові дії, надійність.

Bilchenko A.V., Kislov A.G., Sinkovskaya Ye. V. THE PROBLEM OF DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES. The article deals with the reasons for protective concrete layer failure in reinforced concrete structures. It is the common idea that the protective concrete layer does not influence calculative strength of reinforced concrete structures, so its dimensions are adopted constructively depending on the diameter of the working armature. Its task is to protect the armature from contact with the aggressive medium. In the process of long-term service of the structure the protective layer loses its functional purpose and the armature starts to corrode, which results in degradation of a reinforced element. Thus, the aim of this work is to show the influence of physical processes and minimal force impacts on formation and opening of unstable cracks on the first stage of service. In order to fulfil this task the methods of failure mechanics are used, which study the properties of materials in micro volumes. So, the issue is not the concrete corrosion of the protective layer, but its failure due to the impact of the inner force on the first stage of the element lifecycle.

Key words: bridge structures, protective layer, shrinkage, cracks, minimal force impact, reliability.