

compared. When $u_{\phi} > u_{pp}$, the design has a margin of safety that can be implemented when replacing valves. When this condition is met, a dependence is obtained for calculating the possible value of the element bearing capacity and the corresponding section of

reinforcement for replacement. Numerical calculation using this method confirms the possibility of reducing the costs of reinforcement when it is replaced, using the developed technique.

Keywords: reinforced concrete element, bearing capacity resource, replacement of reinforcement.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-208-212

УДК 624.21.092

Більченко А.В., Кіслов О.Г., Зміїова А.Г.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна; e-mail: Bilchenko39@gmail.com;

akislov548@ukr.net; alinitykva@gmail.com; orcid.org/0000-0001-5077-6235; orcid.org/0000-0002-5164-8515; orcid.org/0000-0002-2170-8345)

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ МОСТОВИХ СПОРУД НА ЇХ ДОВГОВІЧНІСТЬ

При вирішенні питання довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд їх слід розглядати як складні технічні системи із складною технологією виготовлення, що мають «слабкі місця», які починають руйнуватись в першу чергу, одним із яких є захисний шар бетону. Питання руйнування захисного шару залізобетонних конструкцій і вплив цього процесу на подальше руйнування всього елемента завжди було актуальним. В зв'язку з тим, що товщина і об'єм захисного шару дуже малий у порівнянні з об'ємом елемента, розглядається руйнування бетону в мікрооб'ємах та всі можливі причини цього процесу, що виникли до початку експлуатації при мінімальних навантаженнях від власної ваги. Велике значення в процесі руйнування захисного шару відіграє технологія виготовлення залізобетонних конструкцій. Розглядається питання ущільнення бетонної суміші електричними вібраторами, при цьому змінюється: водоцементне відношення, пористість і розрахунковий склад бетону по периметру елемента куди вони віджимаються. Проблема довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд завжди була актуальною в зв'язку з тим, що вони експлуатуються в екстремальних умовах відкритого зовнішнього середовища. Метою даної роботи є відображення можливості виникнення тріщин, руйнування захисного шару бетону і початка корозії робочої арматури при дії агресивного середовища в залежності від технології виготовлення.

Ключові слова: мостові споруди, прольотні будови, залізобетонні конструкції, довговічність.

Вступ. В практиці експлуатації залізобетонних конструкцій мостових споруд склалася така думка, що їх довговічність в життєвому циклі розглядається від початку корозії арматури, а руйнуванню захисного шару бетону не приділяється достатньої уваги. В екстремальних умовах зовнішнього середовища нашої кліматичної зони захисний шар бетону починає руйнуватись на протязі 10÷15 років, а вже після цього починається корозія арматури. При цьому практика показала, що якщо захисний шар відпав вона буде меншою, ніж коли він утримується цією ж арматурою. Це можна пояснити тим, що в першому випадку арматура обдувається і висушується повітрям, а в другому волога зберігається бетоном і збільшує корозію

арматури. Таким чином все залежить від міцності бетону захисного шару і його водонасиченості. Раніш вважалось, що водонасиченість в основному збільшується за рахунок підсосу вологості повітря навколишнього середовища. Це може бути, якщо воно більше ніж насиченість вологою самого бетону в процесі його твердіння. Але звернемо увагу на технологію укладання і ущільнення бетону, тому що у рідкому стані бетон для удобоукладуємості має збільшене водоцементне відношення. Тому міцність бетону залежить від цього параметра і в першу чергу міцність бетону захисного шару по зовнішній поверхні елемента. Якщо не застосовувати профілактичних засобів, то корозія робочої арматури може призвести до втрати

міцності робочої частини елемента та до повної деградації залізобетонних конструкцій через 30-40 років. На це питання слід звернути увагу дорожнім організаціям, які займаються експлуатацією мостових споруд [13-15], так як спеціалізовані організації по експлуатації мостових споруд в нашій країні поки що відсутні.

Аналіз публікацій. Проблема оцінки довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації дуже складна. Ця проблема розглянута в роботах [1-4, 8]. Однак в них приділялась велика увага хімічним процесам, таким як карбонізація бетону та вплив хлоридів в елементах, коли захисний шар ще не зруйнований і корозія арматури мінімальна. Вплив технології виготовлення на процеси довговічності взагалі не розглядаються.

Коректна постановка оцінки довговічності залізобетонних конструкцій дуже складна, так як вимагає врахування зміни фізико-механічних властивостей матеріалів в залежності від кліматичних умов і часу. Крім того необхідно врахувати чутливість конструкції до деградації [5-7], яка залежить від форми конструктивного елемента і технології виготовлення. Вважається, що захисний шар не впливає на міцність залізобетонних конструкцій, а виконується тільки із однією метою – захистити арматуру від контакту із атмосферним впливом [5-7, 14]. Важко погодитись із таким ствердженням, так як захисний шар є основою довгострокової міцності всього залізобетонного елемента мостової споруди, тому що його руйнування призводить до корозії арматури і втрати несучої здатності.

В роботах авторів [9-11] ця проблема розглянута більш детально з точки зору механізму руйнування бетону, але залишаються деякі питання, які необхідно розглянути. Цим питанням і присвячена дана робота.

Реалізація задачі. Дуже часто серед спеціалістів дорожньо-будівельної галузі існує думка, що головною причиною низької довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд є недосконале

утримання їх в процесі експлуатації. Відсутність організаційних спеціалізованих мостових структур та надійної системи експлуатації у відкритому просторі є вагомою причиною малої довговічності, однак ще на стадії проектування нічого не оговорюється, в яких умовах, за рахунок яких причин і з якою швидкістю буде протікати деградація залізобетонного елемента. Розглянемо цей процес детальніше. При проектуванні захисний шар приймається конструктивним, в залежності від діаметра арматури і розмірів крупного заповнювача та має малу товщину і малий об'єм по відношенню до розмірів елемента. Цей фактор впливає на неоднорідність бетону та на його механічні характеристики. Міцність бетону, як правило, відрізняється від стандартизованої, що отримана при випробуванні кубиків [8], тому бетон працює із іншими характеристиками, а сумісна робота бетону і арматури буде мінімальною внаслідок малих об'ємів бетону і малого зчеплення з нею. Це підтверджується аналізом процесів при виготовленні конструкцій, тобто технології бетонування і як вона впливає на міцність, тріщинуватість і на довговічність елементів.

В процесі укладання бетону в конструкції ми зустрічаємось із рухом важкої рідини, що складається із великих твердих нестійких часток які знаходяться в тістоподібному середовищі, мілких твердих часток і води, а рухливість бетонної суміші залежить від кількості води. Так як жорстка бетонна суміш має кількість води за розрахунком в залежності від хімічної реакції між цементом і водою, а рухливість, тобто удобоукладуємість буде дуже малою, тому і добавляється зайва вода. В процесі переміщування складових бетонної суміші захоплюється велика кількість повітря, який збільшує її об'єм, і який без ущільнення, тобто його видалення створює в затверділому бетоні раковини. В процесі ущільнення повітряні включення на рахунок коливань роздрібнюються і створюються повітряні пори, кількість яких збільшується завдяки висушуванню зайвої води в процесі твердіння. Таким чином важка рідина має риси твердого аморфного стану, який зберігає об'єм при

можливій зміні форми та має визначену міцність. Рух важкої рідини складається з коливань навколо положення рівноваги і малих перескоків із одного стану рівноваги в інший, тобто бетон сам по собі дуже погано ущільнюється, коли він не рухається, він просто осідає під власною вагою зберігаючи рівновагу складових разом із зайвою водою і повітрям. Щоб створити рух бетонної суміші при бетонуванні застосовуються спеціальні збудники коливань, як правило електричні вібратори або віброуючі форми [9]. В процесі вібрування великі тверді частки неправильної форми намагаються зайняти стійке положення і рухаються значно повільніше ніж тістоподібна маса, в залежності від своєї ваги тому на нижніх поверхнях опалубки будуть в меншій кількості. При цьому в процесі переміщення великі тверді частини, зайнявши стійке положення і находячись в потоці тістоподібної маси під дією примусового коливання вібратора, зближуються між собою на мінімальну величину, створюючи твердий каркас, перев'язаний цементним тістоподібним розчином, де прогалини між великими твердими частками заповнюється масою мілких часток. Тому чим далі по поперечному перерізу, тим твердий каркас уповільнюється у своєму русі. Під тиском цих часток тістоподібна маса що складена із окремих великих часток і маси мілких часток разом із водою проникають через арматурний каркас і притискаються до опалубки.

Тому склад бетонної маси по поперечному перерізу буде різним і не відповідатиме розрахунковому. Процес вібрування призводить до віджимання води як на поверхню елемента так і на весь периметр поперечного перерізу. Тому водоцементне відношення буде більшим, міцність бетону в захисному шарі буде значно меншою і не відповідати стандартизованому, отриманому при випробуванні кубиків і міцності в середині поперечного перерізу елемента. Крім віджимання води, віджимаються і повітряні вclusions, що збільшує пористість, зменшується міцність і збільшується вплив кліматичних умов, в особливості при циклічному

заморожуванні і відтаюванні. Зменшення міцності і збільшення пористості збільшує ризик виникнення хаотичних нестійких тріщин.

Технологія укладання бетонної маси наводить на думку, що при визначенні міцності бетону поперечного перерізу елемента необхідно врахувати всі неоднорідності структури бетону, розподіл їх по поперечному перерізу, їх розміри, траєкторію їх руху. Все це підкорюється статистичним закономірностей. За даними комп'ютерного моделювання [11] було встановлено, що параметри макроструктури, за ступенем впливу на міцність і тріщиностійкість бетону після початку твердіння розміщуються у такій послідовності: характеристики водоцементного відношення, характеристики пористості компонентів бетону, однорідність зерен заповнювача, міцність зони контакту заповнювача із цементно-піщаною тістоподібною масою і кліматичні умови ці фактори автори розглядали в роботах [9-11]. Слід звернути увагу, що останнім часом [12] в Великобританії виникнення тріщин в розтягнутому бетоні контролюється за умовним розтягненням бетону при мінімальному навантаженні. Крім цих факторів на стан захисного шару впливає і активність хімічної реакції між цементом і водою.

Вплив зовнішньої температури викликає нестійку хімічну реакцію між цементом і водою на протязі перших днів набору міцності бетону, тому ранне розпалублювання призводить до з'явлення хаотичних нестійких мікротріщин від дії власної ваги так як бетон в розтягнутій зоні в наслідок малої товщини та об'єму працює не як пружно-пластичний, а як пластичний матеріал. При цьому ефективність колективної роботи бетону і арматури різко падає, тому що арматура працює в пружній стадії, а бетон в пластичній, тому що пружні деформації при розтягненні в малих об'ємах мікроскопічні. Тому в даних умовах з боку захисного шару не спостерігається передачі розтягуючих зусиль від бетону на арматуру. При цьому цей процес закінчується з'явленням мікротріщин в двох площинах – на поверхні елемента і на контакті із арматурою. Цей процес

нестійкого з'явлення тріщин значно зменшує колективну роботу бетону і арматури та зводить нанівець роботу бетону захисного шару. Слід звернути увагу ще на один технологічний процес при виготовленні залізобетонних елементів. На відміну від буд-яких будівельних матеріалів на будівельному майданчику бетон вимагає догляду за свіжеукладеним бетоном, на якийсь період. При цьому дуже сильно впливають кліматичні умови. В особливості це позначається на захисному шарі бетону, який має дуже малу товщину і малий об'єм. Навіть невеликі відхилення від нормованих умов догляду викликають або зміни міцності або з'явлення мікротріщин.

Висновки. Проведений аналіз показав, що руйнування бетону захисного шару в залежності від явищ, що виникають в процесі технології виготовлення та дії мінімального зовнішнього навантаження та кліматичних умов. Тому для оцінки довговічності залізобетонних елементів необхідно, в першу чергу, забезпечити збереження захисного шару завдяки вдосконаленню технології виготовлення конструкцій, застосуванню домішок при виготовленні бетону, які зменшують жорсткість і хаотичні технологічні тріщини [15] та застосуванні хімічних покриттів конструкцій, що зменшують агресивну дію навколишнього середовища. Це завдання не тільки для проектувальників, а й експлуатаційним організаціям. Маючи наукову базу розв'язування цього питання можна приступити до розробки прогнозування довговічності мостових залізобетонних конструкцій і визначати їх життєвий цикл.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дегтяр В.Г., Лантух-Лященко А.І. До проблеми оцінки зносу елементів моста. *Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: Український транспортний університет, 2000. Вип. 59. С.33-36.
2. Лантух-Лященко А.І. Модель визначення надійності прогнозованої будови в умовах неповної інформації. *Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. Вип. 62. 2001.
3. Лантух-Лященко А.І. До проекту державних будівельних норм з оцінки технічного стану мостів. *Зб. «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних*

конструкцій». Львів: Каменяр, Вип. 2. 2000. С.78-83.

4. Wittmann F.H. *Fracture Mechanics of Concrete*. Elsevier, 1983. 680 p.
5. Tuutti K. Corrosion of steel in concrete. *CBI Research. Fo 4:82*. Stockholm Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982.
6. Lounis Z. Madanat M.S. Reliability-based service life prediction of deteriorating concrete structures. *Proc. 3od Int. Conf. on Concrete under Severe Conditions*. Vol. 1. 2001. P. 965-972.
7. Лантух-Лященко А.І. Проблема довговічності залізобетонних прогонових будов автодорожніх мостів. *Зб. «Автомобільні дороги та дорожнє будівництво»*. К.: Національний транспортний університет, 2006. Вип. 73. С. 204-210.
8. Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В. Проблема довговічності залізобетонних конструкцій. *Науковий вісник будівництва*. т.92. №2. 2018. С.163-166.
9. Більченко А.В. Технологія будівельного виробництва. *Учебний посібник ХНАДУ, Харків*. 2015.
10. Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В., Ігнатенко А.В. Довговічність залізобетонних конструкцій є основою життєвого циклу мостових споруд. *Науковий вісник будівництва*. т.94. №4. 2018. С.140-144.
11. Зайцев Ю.В. Новый подход к расчету бетонных и железобетонных конструкций. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2000. №6.
12. Британские нормы. BS5400. Мосты.1991.
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., Гиль Ю.Б. Оценка остаточного ресурса по мере функционального состояния эксплуатирующихся железобетонных конструкций. *Зб. наук. пр. Луганського нац. ун-ту*. Луганськ: Вид-во ЛНАУ, №40 (52). 2004. С.279-285.
15. Чепурная С.Н., Плугин А.А., Борзяк О.С. Повышение коррозионной стойкости бетона транспортных сооружений добавкой высокодисперсного кальцита. *Науковий вісник будівництва*. том 91. №1. 2018. С.292-297.

Більченко А.В., Кіслов А.Г., Змійова А.Г. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ. При решении вопроса долговечности железобетонных конструкций мостовых сооружений их следует рассматривать как сложные технические системы со сложной технологией изготовления, имеющие «слабые места», которые начинают разрушаться в первую очередь, одним из которых является защитный слой бетона. Вопрос разрушения

защитного слоя железобетонных конструкций и влияние этого процесса на дальнейшее разрушение всего элемента всегда было актуальным. В связи с тем, что толщина и объем защитного слоя очень мал по сравнению с объемом элемента, рассматривается разрушения бетона в микрообъемах и все возможные причины этого процесса, возникшие до начала эксплуатации при минимальных нагрузках от собственного веса. Большое значение в процессе разрушения защитного слоя играет технология изготовления железобетонных конструкций. Рассматривается вопрос уплотнения бетонной смеси электрическими вибраторами, при этом изменяется водоцементное отношение, пористость и расчетный состав бетона по периметру элемента куда они отжимаются. Проблема долговечности железобетонных конструкций мостовых сооружений всегда была актуальной в связи с тем, что они эксплуатируются в экстремальных условиях открытого внешней среды. Целью данной работы является отражение возможности возникновения трещин, разрушения защитного слоя бетона и начала коррозии рабочей арматуры при воздействии агрессивной среды в зависимости от технологии изготовления.

Ключевые слова: мостовые сооружения, пролетные строения, железобетонные конструкции, долговечность.

Bilchenko A.V., Kislov O.G., Zmiyova A.G.
INFLUENCE OF TECHNOLOGY OF BRIDGE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES ON THEIR DURABILITY. When deciding on the

durability of reinforced concrete structures of bridges, they should be considered as complex technical systems with complex manufacturing technology having some “weak points” that begin to break down in the first place. One of them is a protective layer of concrete. The question of destruction of the protective layer of reinforced concrete structures and the effect of this process on the further destruction of the entire element have always been relevant. Due to the fact that the thickness and volume of the protective layer is very small compared to the volume of the element, the destruction of concrete in micro-volumes is considered as well as all possible causes of this process that arose before the start of operation with minimal loads of its own weight. The technology of manufacturing reinforced concrete structures is of great importance in the process of destruction of the protective layer. The issue of compaction of a concrete mix with electric vibrators is considered, this changing the water-cement ratio, the porosity and the calculated composition of concrete along the perimeter of the element where they are pressed. The problem of durability of bridge reinforced concrete structures has always been relevant due to the fact that they are operated in extreme conditions of an open external environment. The purpose of this work is to analyze the possibility of cracking, destruction of the protective layer of concrete and the onset of corrosion of the working reinforcement when exposed to an aggressive environment, depending on the manufacturing technology.

Keywords: bridges, spans, reinforced concrete structures, durability.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-212-221
УДК 699.86

Джалалов М.Н., Бутнік С.В., Коломієць Ю.В., Говоруха І.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

(вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002, Україна; e-mail: mal3@ukr.net, s.butnik@ukr.net, spoonyla@gmail.com, gov.inna_80@ukr.net, ORCID:0000-0002-6636-8700, ORCID:0000-0001-9737-9421, ORCID:0000-0001-7433-2778, ORCID:0000-0002-0329-2702

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ НА ПРИКЛАДІ ЗАГАЛЬНООСВІТНОЇ ШКОЛИ

Проведена оцінка енергоефективності огороджуючих конструкцій загальноосвітньої школи в м. Харкові. Висвітлено напрямки роботи з термомодернізації даного об'єкта з урахуванням забезпечення нормативних показників енергоефективності зовнішніх огороджувальних конструкцій.

Ключові слова: енергоефективність, огороджувальні конструкції, розрахункове енергоспоживання, термомодернізація

Вступ. Запровадження ринкових цін на електроенергію призвело до значного підвищення цін на опалення. Витрати на опалення становлять 60-70% від загальних витрат за комунальні послуги. Тепло

втрачається в основному крізь стіни і вікна через слабкі теплоізоляційні властивості зазначених конструкцій. Нові вимоги [1-10] щодо забезпечення економного використання ресурсів, спрямованих на