

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДЕФЕКТІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШТУЧНИХ СПОРУД ТА СПОСОБІВ ЇХ УСУНЕННЯ

В статті наведено результати досліджень появи дефектів у залізобетонних штучних спорудах на трьох стадіях: проектування, будівництво та експлуатація. Надані рекомендації та наведені технології їх усунення.

В статье приведены результаты исследований появления дефектов в железобетонных искусственных сооружениях на трёх стадиях: проектирование, строительство и эксплуатация. Даны рекомендации и приведены технологии их устранения.

In the article the research results of appearance of defects in the artificial reinforced concrete constructions at three stages (projecting, building, and exploitation) are presented. The recommendations are given and the technologies of their removal are presented.

Вступ

На залізницях України експлуатується близько 20 тисяч бетонних та залізобетонних мостів і труб. У зв'язку з тим, що штучні споруди на залізничній мережі України будувалися в різний час, за різними нормами, із різноманітних матеріалів, а також мають різний фізичний стан, постійно виникає необхідність у їх ремонті та підсиленні. Крім того, слід враховувати, що за цей час значно змінився рухомий склад залізниць у бік збільшення навантаження на вісь екіпажу.

Як показує практика експлуатації штучних споруд, у залізобетонних елементах, особливо тонкостінних (плита баластового корита, кільця водопропускних труб, тощо), з часом з'являються дефекти й uszkodження, що знижують довговічність, несучу здатність і впливають на безпеку руху по споруді. Від своєчасного усунення цих uszkodжень у початковій стадії їхнього розвитку залежить надійність і безвідмовність роботи штучних споруд. У практиці експлуатації мостів з цього приводу постійно виникає необхідність розв'язання задач із встановлення режимів подальшої експлуатації штучних споруд [1-6].

За останній час з'явилася значна кількість нових вітчизняних та зарубіжних матеріалів і технологій, що дозволяють не тільки припинити розвиток дефектів і несправностей залізобетонних конструкцій, але і проводити їхнє підсилення з метою одержання необхідних експлуатаційних характеристик.

Тому є важливим проведення досліджень щодо систематизації дефектів та способів ремонту залізобетонних споруд, що експлуатуються на залізницях.

Мета досліджень

Систематизація дефектів та способів ремонту штучних споруд має на меті дати можливість безпосереднім виконавцям робіт по утриманню штучних споруд своєчасно приймати рішення щодо небезпечності дефектів та обрати раціональні способи їх усунення. І головне (оскільки людський фактор у даному випадку має велике значення починаючи з проектування, будівництва і закінчуючи експлуатацією), наявність таких даних зводить до мінімуму суб'єктивне тлумачення впливу того чи іншого дефекту та конкретних способів його усунення.

Результати досліджень

Для досягнення поставленої мети було проведено аналіз літературних джерел, як вітчизняних, так і закордонних науковців, використані матеріали численних натурних обстежень мостів та труб, що експлуатуються на всіх залізницях України.

Для визначення ступеню небезпечності дефектів за їх впливом на несучу здатність і довговічність та для розробки технології по їх усуненню дефекти штучних споруд були класифіковані за різними типами (ознаками):

- за типом пошкодження (тріщини, механічні пошкодження, механічний знос, пошкодження утомлюваності);
- за швидкістю розвитку тріщин до небезпечної стадії (розповсюджуються миттєво, швидко або повільно);
- за ступенем небезпечності (дуже небезпечні, небезпечні, мало небезпечні);
- за належністю до типу споруди або її елементів (мостового полотна, бетонних мостів, залізобетонних мостів, водопропускних труб,

сталебетонних прогінних будов (залізобетонна плита), плити баластового корита, водовідводу та гідроізоляції, опор тощо);

- за частотою (масовістю) з'явлення (масові, зустрічаються часто або рідко);

- за впливом на довговічність споруди (впливає, мало впливає чи не впливає);

- за впливом на безпеку руху поїздів (впливає, мало впливає або не впливає).

Дефекти поділені на 3 категорії:

- **перша категорія** – дефекти, які погіршують умови обслуговування, знижують довговічність штучної споруди, але розвиток дефекту не впливає на умови пропуску навантаження;

- **друга категорія** – дефекти споруд, які можуть обмежувати пропуск рухомого складу і створювати небезпеку руху поїздів;

- **третья категорія** – дефекти, які створюють загрозу безпеці руху поїздів і потребують встановлення особливих умов експлуатації.

Всі дефекти, в свою чергу, систематизовані по їх відношенню до конкретної технології, яка дозволяє їх усунути, і згруповані за такими ознаками:

- порушення захисного шару бетону без огоління або з оголінням та корозією арматури, околи, раковини;

- наявність тріщин розкриттям до 0,2 мм;

- наявність тріщин розкриттям більше ніж 0,2 мм;

- порушення цілності конструкції;

- порушення гідроізоляції;

- розрив окремих стержнів арматури;

- втрата будівельного підйому без провисання конструкції;

- втрата будівельного підйому з провисанням конструкції;

- вивали окремих бетонних масивів (каменів) у трубах або у надводній та підводній частині опор.

Всього проаналізовано біля 350 типових дефектів, з яких 173 розглянуто досконало. Всі дефекти проіндексовані. Індекс дефекту має загальний вигляд типу: А1-234, де позначено:

- літерою позначена група дефектів окремого елемента штучної споруди з існуючого переліку;
- цифра після літери позначає номер даного дефекту у переліку дефектів, що відносяться до даного елемента штучної споруди;
- цифри, що розташовані після риски, позначають послідовно оцінку даного дефекту з точки зору його впливу відповідно на: несучу здатність, довговічність, безпеку.

При цьому цифра по кожному з трьох критеріїв позначає:

1 – дефект не впливає на несучу здатність споруди, на довговічність, безпеку;

2 – дефект знижує несуттєво несучу здатність, впливає на довговічність, частково впливає на безпеку;

3 – дефект знижує несучу здатність, знижує довговічність, загрожує безпеці руху;

4 – дефект суттєво знижує несучу здатність (обмеження по вантажопідйомності), суттєво впливає на довговічність, потребує введення обмежень швидкості або закриття руху з точки зору безпеки.

З точки зору аналізу, проаналізовані всі основні чинники, що тим чи іншим чином впливають на появу дефекту.

Відомо, що значна кількість дефектів закладається вже на стадії проектування. Помилки на стадії проектування в основному виникають з причини неврахування умов будівництва та експлуатації. З основних помилок на цій стадії, які згодом впливають на довговічність та несучу здатність, можна відмітити: заниження товщини захисного шару бетону (приводить до його руйнування, а також сприяє більш інтенсивній корозії арматури); неякісні рішення по водовідводу (недостатня довжина водовідвідних трубок, занижений діаметр); неякісні рішення відносно улаштування деформаційних зазорів між торцями прогінних будов, між прогінною будовою і шафовою стінкою стояна тощо.

Дефекти при будівництві у більшості випадків складають близько 70 % від загальної кількості дефектів, що має конструкція після перших 3...5 року експлуатації. Дефекти будівництва обумовлені в основному відступом від проектних рішень, застосуванням неякісних матеріалів, порушенням технологій. До дефектів, що виникають при будівництві, відносять: порушення технології виготовлення конструкцій та монтажу, неточність монтажу (ексцентричність навантаження), неякісна зачеканка отворів навкруги водовідвідних трубок (вилуговування бетону, корозія арматури плити) та заниження їх нормативної довжини, занижений клас бетону (напряму впливає на довговічність та несучу здатність), відхилення від проекту під час занурення паль (приводить до виникнення в опорі додаткових нерозрахункових зусиль), зміщення діафрагм та неякісне їх об'єднання у плані, завищення та заниження висотних відміток (збільшення постійного навантаження на несучі конструкції), неякісна гідроізоляція

(приводить до вилуговування розчину і руйнування арматури внаслідок корозії), використання неякісних матеріалів (впливає на міцність).

Дефекти, що виникають у процесі експлуатації, з'являються, як правило, вже у перші роки після введення споруди в експлуатацію, оскільки решта з них закладена вже на стадії проектування та під час виготовлення і монтажу конструкцій. Найбільш поширеними, при поточному утриманні, слід вважати:

- механічні пошкодження прогінних будов (схід рухомого складу, удари негабаритними вантажами): околи, тріщини, руйнацію захисного шару, порушення гідроізоляції, пробоїни у стінках головних балок, розрив стержнів робочої арматури тощо;
- механічні пошкодження опор (провезення негабаритних вантажів, навал суден, дію криг, корчів та інших предметів під час повені або паводку, підмив фундаментів опор);
- деформацію прогонових будов в результаті процесів усадки та повзучості бетону;
- порушення цілісності гідроізоляції;
- переміщення опор, особливо стоянів (недостатню несучу здатність основи, підмив фундаментів, збільшення тиску ґрунту), приводить до зменшення зазорів між торцями прогонових будов, упирання прогонової будови в шафову стінку;
- провисання сталобетонних прогонових будов без втрати або із втратою будівельного

підйому в результаті порушення цілості анкерів між сталевую балкою та залізобетонною плитою;

- недостатню рухомість опорних частин (появу значних горизонтальних зусиль та виникнення тріщин у боковій стінці стояна);
- нецільне обпирання опорних частин на підферменники (тріщини в опорних плитах, розлаштування кладки опор та інше);
- дефекти водопропускних труб: тріщини у секціях та оголовках, розкриття швів між секціями, просадку окремих ділянок труби, порушення цілості оголовків, порушення гідроізоляції, порушення цілості кладки, вимивання ґрунту з під труби та біля труби.

Стисла характеристика причин виникнення найпоширеніших дефектів та їх вплив на стан конструкції наведена у табл. 1 та 2, а фрагменти – на рис. 1.

Дослідження проводилось аналітичним і експериментальним методом у відповідності до діючих нормативних документів. В роботі наведений перелік основних дефектів штучних споруд, причина їх виникнення та їх вплив на стан конструкції. Умовно всі тріщини поділяють на три категорії: такі, що не знижують довговічність, такі, що її знижують, і такі, що знижують несучу здатність. Тріщина, як правило, з часом переходить з однієї категорії до іншої.

Таблиця 1

Стисла характеристика причин виникнення найпоширеніших дефектів (тріщини різного походження) та їх вплив на стан конструкції

Характер тріщини	Причини виникнення	Вплив на стан конструкції
1	2	3
Усадочні поверхові тріщини	Високий відсоток вмісту цементу у бетоні, стислість усадки	Не впливають на довговічність, але часто сприяють виникненню силових тріщин
Несилкові тріщини розкриттям до 0,2 мм	Допускаються нормами СНиП 2.05.03-84 як розрахункові	Не впливають на міцність та довговічність при достатній товщині захисного шару
Несилкові тріщини розкриттям > 0,2 мм (звичайна арматура)	Недостатній захисний шар, результат корозії	Є недопустимими, впливають на довговічність через можливість корозії арматури
Несилкові тріщини розкриттям > 0,2 мм (напружена арматура)	Недостатній захисний шар, результат корозії	Є недопустимими ні в якому разі. Вплив на несучу здатність (корозія арматури)
Поперечні тріщини у плиті (звичайна арматура)	Наслідок дії згинальних моментів, що виникають при складуванні та монтажі	Впливають на довговічність і в окремих випадках на несучу здатність

Таблиця 1 (продовження)

1	2	3
Похилі тріщини в опорних зонах	Високий рівень головних напружень розтягу	Знижують несучу здатність
Горизонтальні тріщини на торцевих ділянках (напружена арматура)	Високий рівень місцевих напружень, що викликані силами попереднього напруження	Спостерігається у перші роки експлуатації, а тому може впливати і не впливати на довговічність
Похилі тріщини в стінках балок	Високий рівень головних напружень розтягу	Значно знижують вантажопідйомність напружених балок
Поздовжні тріщини в місцях сполучення плити і балки	Результат порушення технології виробництва	Знижують несучу здатність
Поперечні тріщини у верхній зоні прогінної будови	Збільшення початкових контрольних напружень, порушення технології будівництва	Знижують довговічність або несучу здатність
Поперечні тріщини у розтягненій зоні прогінної будови (звичайна арматура)	Завищений рівень напружень розтягу від тимчасового навантаження	Знижують довговічність, а при корозії арматури і несучу здатність
Поздовжні тріщини у нижній розтягненій зоні прогінної будови (звичайна арматура)	Виникають як наслідок корозії поздовжньої робочої та розподільчої арматури	Знижують довговічність та несучу здатність при корозії робочої арматури
Поздовжні тріщини у нижній розтягненій зоні прогінної будови (напружена арматура)	Надмірне обтискування бетону, карбонізація захисного шару	Знижують довговічність, а при корозії і несучу здатність
Тріщини у зоні опорних частин	Неякісна робота або заклинювання опорних частин. нещільне обпирання, підвищена динаміка	Знижують довговічність за рахунок розкриття тріщин завдяки підвищеній динаміці
Тріщини у зоні відводу пучків до опор	Місцеві напруги у конструкціях, які не мали місцевого армування в зоні анкерів	Знижують довговічність
Поперечні тріщини в склепіннях арок	Деформації опор прогінної будови	Знижують довговічність та несучу здатність
Глибокі наскрізні тріщини в стоянах мостів	Надмірна зволоженість насипу	Впливають на довговічність
Вертикальні тріщини в тілі опор і стоянів в місцях опорних частин	Заклинювання опорних частин	Впливають на довговічність
Вертикальні тріщини в тілі масивних опор і стоянів	В результаті напруги розтягу у верхній зоні опор	Знижують несучу здатність
Тріщини у ригелях та у верхній частині масивних опор	Спирання прогонової будови на ригель або підферменник надто близько до її краю	Впливають на несучу здатність
Поверхневі тріщини у стояках опор	Різниця температур масивної частини опори та стояків	Не впливають

Таблиця 1 (закінчення)

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Значні вертикальні тріщини монолітних опор	Як правило, широко розкриті знизу і свідчать про нерівномірну осадку або недостатню несучу здатність основи	Впливають на вантажопідйомність опори, знижують довговічність та впливають на безпеку
Силові тріщини в стоянах з оборотними стінками	Неякісний водовідвід (неякісний дренажний шар)	Поява тріщин великого розкриття і навіть відрив оборотних стінок (впливає на довговічність та несучу здатність)
Силові тріщини в стоянах	Недостатня рухомість опорних частин, збільшення сил тертя	Впливають на довговічність
Тріщини у тілі масивних опор та льодорізів	Навал судів, льодохід, корчохід, підмив	Впливають на довговічність

Таблиця 2

Стисла характеристика причин виникнення найпоширеніших дефектів (крім тріщин) та їх вплив на стан конструкції

Дефект	Причини виникнення	Наслідки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Недостатній захисний шар бетону	Помилки проєктантів чи будівельників	Корозія арматури, зниження довговічності та несучої здатності
Поверхові неглибокі окопи бетону	Тривала перерва у бетонуванні, зчеплення бетону з опалубкою, велике насичення арматурою	Накопичення вологи, вилугування бетону
Внутрішні раковини	Скидання бетону з висоти, недостатнє ущільнення бетону	Зниження вантажопідйомності
Оголення та корозія арматури	Надмірне насичення арматурою, неякісне ущільнення бетону, карбонізація або недостатня товщина захисного шару	Зниження несучої здатності
Корозія бетону (вилугування)	Неякісна гідроізоляція, протікання води через неї	Зниження довговічності (з часом несучої здатності)
Низька міцність бетону споруди	Відсутність тепляків за мінусових температур при бетонуванні, заморожування бетону	Знижує довговічність та несучу здатність споруди
Пошкодження елементів водовідводу або їх неякісна робота	Забиті трубки, порушена гідроізоляція, занижено діаметр трубок тощо	Суттєво впливає на довговічність та несучу здатність
Зміщення осі колії з осі прогону споруди	При будівництві, при зміні рейок	Впливає на міцність та безпеку руху
Розташування стиків рейок в зоні шафової стінки стояна	Укладання рубок, зміна рейок	Зменшення довговічності за рахунок збільшення динамічного впливу
Загальні деформації опор	Осадка ґрунту, підмив опори, збільшення горизонтального тиску насипу	Впливає на безпеку. За такими опорами встановлюється нагляд

Таблиця 2 (закінчення)

1	2	3
Недостатня величина деформаційних зазорів або розлаштування їх перекриттів	Наслідки неякісного будівництва або зміщення опор	Прогонова споруда не може вільно переміщатись. впливає на безпеку руху поїздів
Недостатня товщина шару баласту	З різних причин, в тому числі і при підйомці колії	Руйнація захисного шару та гідроізоляції
Надмірна товщина шару баласту	Підйомка колії	Зниження вантажопідйомності прогонової будови
Зміщення діафрагм у плані та профілі	Дефект виготовлення або виконання робіт, розбіжності у геометричних розмірах	Знижує несучу здатність з умов зміни розподілу навантаження

Нестійкість бетону та залізобетону до впливу навколишнього середовища характеризується тим, що з часом властивості всіх матеріалів змінюються. Реальний строк експлуатації залізобетонних конструкцій, саме у залежності від умов навколишнього середовища, може знижуватись від 70...80 до 30...40 років.

Агресивні середовища поділяються по складу на три типи: тверді (пил, ґрунт), рідинні (розчини кислот, луґу, солей та нафти, масла, бензин), газові (сполуки сірковуглецю, сам вуглець, сірчистий газ). Дія їх усіх впливає на довговічність конструкції.

Повітряне середовище впливає на стан конструкції через наявність в атмосфері пилу, газів, хімічних речовин, через зміну температури, радіацію. Штучні споруди, що розташовані у зонах промислових підприємств, руйнуються значно інтенсивніше, ніж ті, що розташовані у сільській місцевості.

Ґрунтове та водне середовище впливає на частину опори, що лежить нижче рівня води та на фундаменти. Значно впливає на стан бетону присутність у воді кислот: сірчистої, сірчаної та вуглекислоти. Дія кислот під час хімічної реакції руйнує бетон. При наявності сульфатів середовище стає агресивним і навіть надто агресивним, оскільки сульфати сприяють кристалізаційному руйнуванню бетону.

Довговічність бетону залежить від двох основних показників, які можна проконтролювати, а саме – карбонізації та непроникності. Карбонізація передбачає зміни з часом хімічної структури бетону, яка приводить до активізації процесу корозії арматури, бо сам процес карбонізації зменшує показник рН лужності бетону, а, як відомо, саме лужний характер бетонного середовища впливає на захист сталевих арматур від процесів корозії.



Тріщина розкриттям більше 10 мм (від удару)



Порушення гідроізоляції (вилугування)

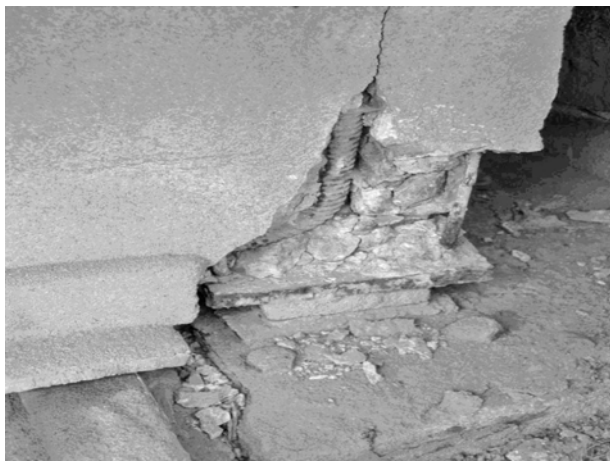
Рис. 1. Фрагменти дефектів залізобетонних мостів



Розрив арматури від удару вантажем



Руйнація прогонової будови негабаритним вантажем



Порушення вузла спирання прогонової будови



Нахил котків, зрізані бовти, деформована планка



Зруйнована повинню руслова опора



Відшарування частини опори

Рис. 1 (закінчення)

Вже при значенні $pH=9$ бетонного середовища внаслідок карбонізації розпочинається процес корозії арматури. Непроникність характеризує здатність бетону протистояти проникненню води крізь товщу конструкції певний термін часу.

Під час досліджень розроблені основні положення з організації ремонтних робіт, в яких наведені загальні характеристики таких робіт, як: ремонт гідроізоляції; ремонт захисного шару бетону; ремонт бетонних та залізобетонних елементів, що мають тріщини; покриття при

ремонті поверхонь плівками (гідрофобізація); герметизація; міцнісна зародка; ін'єктування; підсилення конструкцій, що мають недостатню вантажопідйомність.

За результатами дослідження в роботі наведені основні способи захисту відремонтованої поверхні і технологія виконання ремонтних робіт, яка, в свою чергу, має такі розділи, як: підготовка конструкцій та місця роботи; приготування бетонних сумішей, розчинів та інших ремонтних матеріалів; технологія при ремонті гідроізоляції, захисного шару.

Також був зроблений перелік основних способів ремонту конструкцій у вигляді переліку детально розроблених технологічних кроків щодо виконання наступних ремонтних робіт: нанесення захисних плівок та покриттів; підсилення конструкцій опор мостів із застосуванням залізобетонних «сорочок» поясів, ремонт підводної частини опори; підсилення залізобетонних прогонових споруд; сухе торкретування поверхонь залізобетонних конструкцій; вологе торкретування бетонних поверхонь; виконання робіт з цементації; роботи з устрою гідроізоляції бетонних поверхонь; роботи з устрою гідроізоляції та відновлення несучої здатності залізобетонних конструкцій із застосуванням полімерних сумішей.

Також під час проведення обстеження штучних споруд на залізниці був зроблений альбом фотографій дефектів штучних споруд, що можуть виникати на залізниці.

Враховуючи вищезазначене, є доцільним розробити програмний комплекс, який допоможе систематизувати і полегшити роботу з ведення обліку і виконання ремонту дефектів на штучних спорудах залізниць. Який буде надавати наступну інформацію користувачеві: інформація про дефекти і ушкодження штучних

споруд, причину їх виникнення, технології та обладнання, необхідні для їх усунення.

Висновок

В результаті проведених досліджень ретельно вивчено основні причини виникнення дефектів залізобетонних споруд та рекомендовано найбільш технологічні способи їх усунення. Систематизовано дефекти і рекомендовано способи ремонту залізобетонних споруд, що експлуатуються на залізницях. Проведені дослідження дозволяють фахівцям з утримання штучних споруд оперативно приймати рішення щодо небезпеки дефектів залізобетонних конструкцій та вибору способів їх усунення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Указания по ремонту бетонных и железобетонных конструкций эксплуатируемых мостов. – М.: ЦНИИТЭИ МПС, 1975. – 75 с.
2. ДБН 2.3-6-2002. Споруди транспорту. Мости і труби. Обстеження і випробування.
3. Пшинько А. Н. Проблемы ремонта инженерных транспортных сооружений / А. Н. Пшинько, Н. Н. Руденко // Залізничний транспорт України, 2000. – № 3. – С. 12-14.
4. Справочник по ремонту мостов и труб на железных дорогах. – М.: Транспорт, 1973. – 544 с.
5. Настанови з ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій мостів і труб, що експлуатуються, № ЦП-0148, затверджена Наказом Укрзалізниці від 21.02.2006, № 192-ЦЗ.
6. Пшинько А. Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений: Монография. – Д.: Пороги, 2000. – 411 с.

Надійшла до редколегії 08.05.2008.