

Bezushko D.I., Iegupov K.V., Illichov V.G. DETERMINATION OF THE GENERAL TYPES DESTRUCTION AND CRITERIA OF reliability «BOLVERK» TYPE of wharf DURING EARTHQUAKE. The block diagram is constructed in the work and the probability of failure-free operation of the «Bolverk» type of wharf during seismic action is determined. Possible types of earthquake breakage of anchored sheet pile walls were determined on the basis of an analysis of damages mooring structures of the «Bolverk» type of wharf due to significant earthquakes (Port of Kushiro 1993, Akita 1983, Hakodate 1993, Japan; Guam Port 1993, USA). A variety of engineering and geological conditions can lead to

different types of destruction of anchored sheet pile walls. The most common is the destruction due to thinning of the backfill soil, which on the one hand can lead to displacement of the anchor structure towards the water area.

On the basis of the analysis the main types of destructions, both individual elements and the whole structure were determined, a block diagram and a matrix were constructed to determine the probability of reliability operation of the structure, equal to $H = 0.00035$.

Key words: seismic action, seismic risk, reliability operation, «Bolverk» type of wharf, soil thinning, seaport, wharf.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-97-3-48-53
УДК 624.21.092

Більченко А.В., Лозицький А.С., Кіслов О.Г., Ігнатенко А.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна; e-mail: Bilchenko39@gmail.com; akislov548@ukr.net; orcid.org/0000-0001-5077-6235; orcid.org/0000-0001-80028-3511; orcid.org/0000-0002-5164-8515; orcid.org/0000-0001-9222-1051)

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВЛАШТУВАННЯ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТОВИХ СПОРУД

У науковому середовищі існує думка, що головна причина малого терміну довговічності мостових споруд - це погане їх технічне обслуговування. Однак досвід показав, що основною причиною все-таки є низька якість матеріалів, дуже низька якість виконання робіт і слабкий професіоналізм виконавців будівельних робіт. Тому необхідно конкретизувати причини деградації кожного з видів конструктивних елементів дорожнього одягу і виконати розрахунки по визначенню його гарантованої міцності з часом і визначити, як будуть зберігатися експлуатаційні властивості. Тому вимога нормативних документів по влаштуванню монолітної залізобетонної плити при виконанні ремонтів дорожнього одягу передбачає деградацію залізобетону в верхній частині прогонових будов. Метою даної роботи є вивчення питання виникнення технологічних тріщин при бетонуванні монолітної залізобетонної плити в процесі ремонту мостової споруди. Технологічні процеси, що відбуваються, під час бетонування викликають появу тріщин на поверхні плити. Було висунуто припущення про накладення усадочних тріщин на технологічні, і розвиток їх у часі. Цей процес впливає на якість виконання напилюваної гідроізоляції, яка отримала в даний час великого поширення.

Ключові слова: мостові споруди, монолітна плита, технологічні тріщини, усадочні тріщини, технологія бетонування, гідроізоляція.

Вступ. Основна функція мостової споруди - пропуск транспорту і пішоходів через будь-які перешкоди, тому воно є найбільш вузьким і найбільш проблематичним місцем на дорозі. Цей факт чиновники і дорожні служби повинні використовувати при розподілі фінансування на капітальні ремонти та експлуатацію мостових споруд. Вибір на дорозі і вибір на покритті мостової споруди це дві абсолютно різні ситуації. У першому випадку страждає тільки транспортний засіб, а в

другому випадку через динамічний вплив - несучі конструкції моста, шари дорожнього одягу, транспортний засіб, і в кінцевому підсумку безпека руху.

Одним з найважливіших конструктивних елементів мостової споруди є дорожній одяг проїжджої частини, який сприймає на себе навантаження від руху транспорту і передає їх на силові елементи споруди (балки, плити і опори).

Успішна експлуатація всієї споруди можлива тільки при спільній роботі

дорожнього одягу і несучих конструкцій моста. Конструкція дорожнього одягу повинна забезпечувати виконання ряду вимог, основними з яких є критерії комфорту і безпеки проїзду транспорту і проходу пішоходів. Крім цих вимог велику роль відіграють експлуатаційні вимоги, – такі як, надійність і довговічність дорожнього одягу і несучих конструкцій.

Однак до останнього часу в Україні існував підхід до дорожньому одягу мостової споруди як до допоміжних конструктивних елементів, а основна увага приділялася несучим конструкціям прогонових будов і опор, про це свідчить навіть ступінь зносу моста. Вплив пошкоджень деформаційних швів і гідроізоляції на загальний стан мостової споруди зводилося до фіксації дефектів, але ж ці два конструктивні елементи є провідниками агресивної води, що руйнує несучі конструкції. На експлуатацію споруди дорожня служба приділяла, як правило, мало уваги, що і призводило до масового погіршення їх стану.

Важко погодитися, що при ремонтах можна зберегти існуючі конструктивні рішення споруди, так як є недостатньо вивчений залишковий ресурс і методи врахування дефектів. Природно, що в спорудженні можуть бути використані конструктивні елементи, різної довговічності, придатні для заміни у міру потреби, але основні його частини, безумовно необхідно не замінювати, а посилювати в міру їх руйнування. При цьому складові частини споруди по різному впливають на комфортність і безпеку автомобільного руху. Виходячи з цього дорожній одяг проїзної частини дуже сильно впливає на ці два параметри так як руйнування асфальтобетонного покриття і гідроізоляції призводить не тільки до дискомфорту руху а й до руйнування несучих елементів, що загрожує виходом з ладу всієї споруди.

Аналіз публікацій. З огляду на дисонанс між темпами зростання навантажень на мостові споруди і деградацію елементів залізобетонних конструкцій з часом в нормативних документах [1], було введено вимогу, яка передбачає при капітальному ремонті проїжджої частини

влаштування суцільної монолітної залізобетонної плити товщиною 18-20 см.

Технологічний процес влаштування монолітної залізобетонної плити [2-4] має певні труднощі так як крім влаштування анкерів необхідно враховувати різні розрахункові опори матеріалів, коефіцієнти умов роботи, надійності по навантаженню і матеріалам повинні бути адекватними і повинні коригуватися з прийнятими відповідними рівнями навантажень [5], щоб нормована надійність проти наступу можливих граничних станів була витримана. Бетон в плитах, які об'єднуються, буде різним як по міцності, так і по гранулометричним вимогам, оскільки на механічні характеристики бетону при стисненні роблять помітний вплив вік бетону, а також його неоднорідність [6-9] і ступінь його руйнування.

Технологія укладання бетону в монолітні залізобетонні конструкції розглянута в роботах авторів [5], коли вивчалось питання влаштування захисного шару бетону монолітних конструкцій балок. Бетонування плити, що має свої особливості буде розглянуто в даній роботі.

Реалізація завдання. На підставі властивостей матеріалів дорожнього одягу і несучих елементів мостової споруди нормативними документами визначається їх довговічність, при цьому в процесі експлуатації дорожній одяг доводиться капітально ремонтувати декілька разів. Як і скільки разів проводити ремонти залежить від правильно обраних матеріалів і якості виконаних робіт і величини руйнування конструктивних елементів. Організації - замовники будівництва, капітального ремонту або реконструкції моста зацікавлені в зниженні вартості конструктивного рішення ремонту при збереженні технічних характеристик і якості виконання. При цьому в процесі експлуатації важливу роль відіграє простота обслуговування і поточного ремонту, доступність найбільш відповідальних вузлів для контролю їх стану або заміни. Процеси експлуатації мостових споруд показали, що найбільш руйнуючими елементами мостових споруд є асфальтобетонне покриття, деформаційні шви і гідроізоляція. На

кількість і конструктивне рішення деформаційних швів впливає схема моста, матеріали та кліматичні умови. Зменшення кількості деформаційних швів приводило до поліпшення комфортності, але погіршення горизонтального розподілу зусиль.

Тому при реконструкції дорожнього одягу виникає питання ремонтпридатності цих елементів в поєднанні з влаштуванням монолітної залізобетонної плити.

При реконструкції балок прогонових будов не передбачається влаштування деформаційних швів типу Мауер, а ось при капітальних ремонтах дорожнього покриття передбачена монолітна залізобетонна плита, в якій створюються реальні умови застосування цього деформаційного шва.

В процесі влаштування монолітної залізобетонної плити, по закінченню її бетонування проводилося обстеження її стану. Після зняття тепловологозахисних плівок, якими вкривають свіжоукладений бетон, на поверхні конструкції спостерігаються багаточисельні тріщини, характерними рисами яких є (рис. 1) [10]:

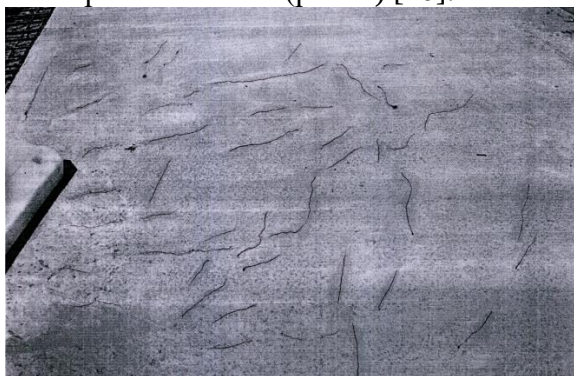


Рис. 1. Технологічні тріщини по монолітній залізобетонній накладній плиті при ремонті моста в с. Кислівка Харківської обл. (тріщини наведені контрастом)

- множинний їх характер (кількість тріщин на 1 пог.м досягає 40 штук);
- неоднорідність розподілу тріщин по площі плити;
- спостерігаються ділянки з малою кількістю тріщин;
- в основному однакова орієнтація тріщин до осі прогонової будови;
- довжина тріщин не перевищує 60 см з розкриттям 1,5 мм;
- глибина тріщин коливається від 40 до 80 мм.

Аналіз технологічних процесів при виготовленні залізобетонних великогабаритних конструкцій в монолітному бетоні показує, що поява тріщин на поверхні монолітної плити прогонових будов слід віднести до розряду технологічних. Більш того, їх поява на поверхні відбувається за короткий відрізок часу відразу ж за операцією по вібрації поверхні бетону віброрейкою. Припускаємо, що виникнення цих тріщин і інших дефектів пов'язане з наступними процесами:

- осідання рухомої бетонної суміші слід розглядати як рух важкої рідини, що по своїй щільності перевершує в $1,5 \div 2,0$ рази щільність води і складається з великих і дрібних частинок, властивості важкої рідини розкриті в роботі [11, 12]. У процесі руху цієї рідини відбувається зависання частинок на каркасі, що складається з зерен крупного заповнювача, арматурному каркасі, елементах опалубки. У зв'язку з малою товщиною плити (20 см) рух рідини відбувається в основному по похилій площині;

- при формуванні відносно жорсткої структури бетону, яка перешкоджає взаємному переміщенню окремих мас бетонної суміші, відбувається порушення її суцільності, результатом якої з'являються тріщини на поверхні плити. Аналіз показав, що виникнення тріщин носить не регулярний а імовірнісний характер;

- розріджена віброрейкою бетонна суміш як би ковзає по похилим верствам ущільненого бетону і надходить в саму нижню частину плити, збільшуючи при цьому водо-цементне відношення і зменшуючи його міцність. Важка складова рідини в об'ємі ковзає по розрідженому шару;

- арматурний каркас накладної плити проектується з двох сіток з кроком 200×200 мм і арматурою $\varnothing 14-16$ мм, який можна віднести до жорсткого каркасу, що створює обмеження для пластичних деформацій бетонної суміші після її укладання і чим більше потужне армування тим більше тріщин з'явиться. З іншого боку в процесі вібрування обов'язково відбувається вібрація і арматурного каркасу, що зумовлює розрідження бетону біля нього і

збільшення водоцементного відношення по периметру стрижнів арматури. Після видалення води виникають пори, що зменшують адгезію бетону з арматурою і появою мікротріщин по периметру арматури і бетону. Таким чином, велика кількість зайвої арматури не збільшує міцність залізобетонної плити і взагалі залізобетонного елемента, навпаки погіршує колективну роботу бетону і сталі.

Встановити однозначну залежність між темпами надходження суміші фракційного складу, її рухливістю, армуванням і появою тріщин без лабораторних досліджень дуже важко.

Необхідний статистичний аналіз виробничого досвіду та інших факторів, в тому числі геометричних, градієнтних і кліматологічних умов. Досвід показав, що непогані результати зменшення появи тріщин дає спосіб проведення повторної вібрації через 1,5-2 години [10] або застосування сумішей з підвищеним збереженням тиксотропних властивостей за допомогою сповільнювачів схоплювання. Природно укладання гідроізоляції на таку поверхню з тріщинами призводить до великого браку, особливо якщо це напилююча гідроізоляція. Підготувати таку поверхню до укладання гідроізоляції можна застосовуючи трудоемкий і ненадійний процес затирання тріщин. Практично вживані матеріали і методи ремонту як правило не дозволяють отримати поверхню з якістю, властивим конструкціям без дефектів. Однак технологічні тріщини розвиваються в часі за рахунок усадочних деформацій, які залежать від фракційного розподілу мікрористалів цементного каменю, складу наповнювачів і кількості пор після видалення зайвої води, тому що тріщина шукає найслабше місце в поперечному перерізі.

Свіжоукладений бетон має високу ступінь вологості. Видалення зайвої води не викликає усадки до моменту, коли вологість бетону більше ефективної. При ефективній вологості бетону, що дорівнює $2 \div 3\%$ гель має максимально можливу ступінь зволоження. Тобто значення водовідділення має максимальне значення рівне 2% від обсягу бетону. Таким чином

причина усадки - зміна вологого стану цементного каменю, при цьому усадка по поперечному перерізі елемента не однакова через нерівномірне висихання по товщині в макро і мікро капілярах.

В процесі твердіння бетону спостерігається нерівномірне його висихання по поперечному перерізу елемента. У центрі елемента плити залишається ще вільна вода, яка не в повному обсязі видалена вібрацією. Вільний рух води при висиханні сприяє набухання гелю на периферійних ділянках, де він був вже частково зневодненим, тобто вирівнювання вологості супроводжується водонасиченню верхніх шарів. Збільшення міграції води сприяє більш глибокому проникненню води в технологічні тріщини, що збільшує ефект розклинювального впливу водних плівок. Це викликає в свою чергу руйнування структури бетону і зменшення міцності цементного каменю.

Усунення або мінімізація несприятливого впливу на міцність бетону ефекту нестійкого розвитку тріщин може бути врахованим вибором типу гідроізоляції.

Тому напилювальна гідроізоляція, виконана по обробленим якимось чином технологічним тріщинам, буде в майбутньому відчувати горизонтальні розтягування, а при динамічних навантаженнях через деякий час її цілісність гарантувати буде неможливо.

Окремої уваги заслуговує питання перерозподілу зусиль від елементів, при влаштуванні суцільної залізобетонної плити. Суть посилення полягає в передачі стискуючих зусиль, якщо вони знаходяться в стиснутій зоні плити на старий бетон полиць прогонових будов в рівні нижньої частини накладної плити. Для визначення ефективності виконаного посилення, з огляду на різні міцності бетону, складу бетону і арматури повинні порівнюватися не власно напруги, а відносні деформації і градієнтні параметри. Якщо припустити спільність відносних деформацій, то це буде свідчити про повну передачу стискають зусиль на стару залізобетонну споруду і їх колективну роботу.

Однак така ситуація малоймовірна, але можлива. Все залежить від

індивідуального руйнування бетону поверхні старої плити під гідроізоляцією.

Верхня зона плит автодорожніх мостів за характером роботи гідроізоляції відноситься до категорії бетону, який має гідрофобні властивості, при цьому не гарантований від появи тріщин, через які агресивна вода з покриття проїжджої частини проникає в верхню зону захисного шару бетону, а при наявності тріщин то і до арматури.

Багаторічними спостереженнями виявили недостатню надійність і довговічність плит проїзної частини автодорожніх мостів. Причина - виключно несприятливе поєднання впливів на бетон вологи з солями в умовах змінного заморожування води в порах бетону і високого рівня багаторазово повторюваних динамічних навантажень. Як правило після 30-40 років експлуатації поверхня сильно пошкоджена через попадання води і продуктів солей, що фільтруються через пошкоджене асфальтобетонне покриття та гідроізоляцію. Цей дефект і його величина, як правило виявляється вже в процесі ремонту моста, коли верхні шари дорожнього одягу зняті. Тому замовник і проектувальник вживає екстрених заходів: - видалення пошкоджених шарів бетону і арматури і призначення певної кількості анкерів після визначення фактичної міцності бетону нижньої плити. Розрахувати на адгезію верхнього і нижнього бетону не доводиться. Однак скидати з рахунків цей параметр - теж не доводиться. При реконструкції дорожнього одягу Ізюмського моста, висвердлені під водовідвідні трубки після влаштування монолітної залізобетонної плити зразки мали достатню адгезію і монолітність старої і нової плит [2].

Кількість анкерів залежить від градієнтного фактору, міцності бетону нижньої і верхньої плити з умови забезпечення найбільшого зрізу по контакту плит при досить високих значеннях згинального моменту в середині прольоту можливо визначити з умови рівності несучої здатності плити сумі зсувних зусиль, що припадає на анкер. Дослідним шляхом крок анкерів може бути рівним 0,7-1,0м при цьому може відбуватися або зріз

анкерів або роздроблення стиснутої зони бетону.

Таким чином, мала кількість анкерів не забезпечує спільної роботи обох плит і розтягнутої зони залізобетонної конструкції, тобто порушується закон колективної роботи бетону та арматури. У цьому випадку плита перетворюється в додаткове навантаження і виникає питання про її ефективність при різних параметрах, що характеризують довжину і ширину прогонових будов. Це завдання вирішували в своїх роботах Краснов С.М. і Бережна К.В. [13].

Висновки.

1. Практично всі фактори, що визначають деградаційні процеси мостової споруди мають випадковий і індивідуальний характер і можуть бути описані в імовірнісних категоріях.

2. Технологічні процеси при влаштуванні монолітної залізобетонної накладної плити викликають появу технологічних тріщин, які посилюються з часом усадковими деформаціями, тому виконання напілюємої гідроізоляції має великі проблеми.

3. Для колективної роботи накладної залізобетонної плити і старого прогонової будови необхідно їх об'єднання анкерними пристроями в необхідній кількості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-11-2006.* К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. 359с. (Державні будівельні норми).
2. Кислов А.Г., Бильченко А.В., Лозицкий А.С., Игнатенко А.В. К вопросу продления срока службы мостовых сооружений. *Научный вестник строительства.* -Харків: ХНУБА, 2017. т.88. №2. С.131-136.
3. Кожушко В.П., Бильченко А.В., Кислов А.Г. и др. *Повышение долговечности автодорожных мостов:* монография. Харьков: ХНАДУ, 2016. 236 с.
4. Бильченко А.В., Кислов А.Г., Кожушко В.П., Синьковская Е.В., Тыква А.И. Некоторые вопросы расчета монолитных железобетонных плит проезжей части мостовых сооружений. *Научный вестник строительства.* Харків: ХНУБА, 2018. т.93. №3. С.127-132.
5. Бильченко А.В., Кожушко В.П., Кислов А.Г., Лозицкий А.С., Синьковская Е.В. Проблемы научно-технического сопровождения

- капитального ремонта мостовых сооружений. *Вестник ХНАДУ*, вып.81. Харьков.
6. Чайка В.П. Совершенствование норм проектирования мостовых сооружений на основе концепции конструкционной прочности бетона. *Транспортное строительство*. М.: 2001. №2.
 7. Uppa J.Y., Kemp K.O. The Effect of Longitudinal Gradients of Compressive stress upon the Failure of Concrete. *Magazine of Concrete Research*. 1971. Vol. 23. №74. P.46-47.
 8. Lin T.Y., Kulka F *Canadian Journal of Civil Engineering*. 1995. №8.
 9. Cuelho E., Stephens J., Smolenski P., Johnson J. Evaluating Concrete Bridge. *Montana Department of Transporting: Final Report FN WA7 MT-06-000/8156-002*, June. 2006. P. 302.
 10. Евланов С.Ф. Технологические трещины на поверхности монолитных пролетных строений. *Труды ЦНИИС. Проблемы нормирования и исследования потребительских свойств мостов*. Москва, 2002. Вып. 208. С.166-173.
 11. Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В., Ігнатенко А.В. До питання довговічності залізобетонних прольотних будов мостових споруд. *Науковий вісник будівництва*, 2018. Т. 95, №1. С.117-123.
 12. Більченко А.В., Кіслов О.Г., Змійова А.І. Вплив технології виготовлення залізобетонних конструкцій мостових споруд на їх довговічність. *Науковий вісник будівництва*, 2019. Т. 96. №2. С. 208-212.
 13. Краснов С.М., Бережна К.В. Ефективність реконструкції прогонових будов автодорожніх мостів за допомогою накладної плити. *Науковий вісник будівництва*, 2019. Т. 96. №2. С. 236-240.

Бильченко А.В., Лозицкий А.С., Кислов А.Г., Игнатенко А.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ. В научной среде бытует мнение, что главная причина низкой долговечности мостовых сооружений – это плохая их эксплуатация. Однако опыт показал, что основной причиной все-таки является качество материалов, очень низкое качество выполнения работ и низкий их профессионализм. Поэтому необходимо конкретизировать причины деградации каждого из видов конструктивных элементов дорожной одежды и выполнить расчеты по определению ее гарантированной прочности со временем и определить, как будут сохраняться эксплуатационные свойства. Поэтому требование

нормативных документов по устройству монолитной железобетонной плиты при выполнении ремонтов дорожной одежды предусматривает деградацию железобетона в верхней части пролетных строений. Целью данной работы является изучение вопроса возникновения технологических трещин при бетонировании монолитной железобетонной плиты в процессе ремонта мостового сооружения. Технологические процессы, происходящие, во время бетонирования вызывают появление трещин на поверхности плиты. Выдвигается предположение о наложении усадочных трещин на технологические, и развитие их во времени. Этот процесс оказывает влияние на качество наносимой гидроизоляции, которая получила в настоящее время большое распространение.

Ключевые слова: мостовые сооружения, монолитная плита, технологические трещины, усадочные трещины, технология бетонирования, гидроизоляция.

Bilchenko A.V., Lozitsky A.S., Kislov A.G., Ignatenko A.V. TECHNOLOGICAL PROCESS OF MONITORING REFRACTORY PLATES FOR RECONSTRUCTION OF CASTOR SPORTS. In the scientific environment there is an opinion that the main reason for the short term durability of bridge structures is poor maintenance. However, experience has shown that the main reason is still poor quality of materials, very low quality of work execution and weak professionalism of construction work executives. Therefore, it is necessary to specify the causes of degradation of each of the types of constructional elements of road clothing and perform calculations to determine its durability with time and determine how the operational properties will be maintained. Therefore, the requirement of regulatory documents for the installation of a monolithic reinforced concrete slab during road repairs involves the degradation of reinforced concrete in the upper part of runways. The purpose of this work is to study the emergence of technological cracks when concrete monolithic reinforced concrete slab during the repair of the bridge structure. The technological processes that occur during the concreting cause the appearance of cracks on the surface of the slab. It was suggested that the shrinkage cracks should be applied to technological processes, and their development in time. This process affects the quality of spray waterproofing, which is now widely distributed.

Key words: bridge structures, monolithic plate, technological cracks, shrinkage cracks, concrete concreting technology, waterproofing.