

ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

УДК 624.01

ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ САМОРЕГУЛЬОВАНИМ ОБТИСКОМ

М.Г.ЧЕКАНОВИЧ – к.т.н., в.о. професора, Херсонський
ДАУ

До ефективних заходів підсилення залізобетонних конструкцій відноситься обтиск. Він створюється в зонах розтягу, утворення силових тріщин в бетоні. При наявності “волосяних” тріщин, тріщин з розкриттям до 0,3 мм обтиск певної величини здатен надійно закрити тріщини, не допустити їх розвитку і повторного розкриття. Це дозволяє ізолювати арматуру і запобігти її корозії. Крім того при повному закритті тріщин бетон здатен працювати на стиск майже не втрачаючи свою міцність. Вказаний ефект може бути використаний при підсиленні порушеного залізобетону.

Створити заздалегідь необхідний обтиск високого рівня за одну операцію далеко не завжди можливо і найчастіше недоцільно. Так в вільно обпертих балках попередній обтиск призводить до їх вигину і вірогідній появі тріщин в верхній розтягненій зоні. Якщо прийняти зусилля обтиску за умови запобігання утворення нормальних тріщин в нижній розтягненій зоні балки на момент вичерпання несучої здатності, то одноразове попереднє його створення може викликати невиправні порушення конструкції.

Окрім забезпечення міцності важливим показником придатності до експлуатації конструкцій виступає тріщиностійкість і жорсткість. Якщо балка під навантаженням має прогин більший допустимого ($\omega > 1/200 - 1/600$), то вона вважається непридатною для експлуатації. Поновити жорсткість конструкції можливо завдяки її раціональному обтиску. Саме обтиск здатен закрити існуючі тріщини й утворити умовно суцільний переріз, якому характерна висока жорсткість.

Найкращим вирішенням проблеми слід вважати мінімально необхідний рівень обтиску, що відповідає кожному рівню навантаженню конструкції. В цьому разі зусилля обтиску не буде значно переважати над зусиллям від зовнішнього навантаження, яке може

також руйнувати конструкцію. Крім того, при мінімальному рівні обтиску, слід очікувати менші пластичні деформації, обумовлені гелевою структурою частини цементного каменю. В деяких випадках пластичні деформації можуть мати негативний вплив на властивості конструкції.

При навантаженні колон позовдільною силою з великим ексцентриситетом, вони можуть мати силові нормальні тріщини розтягу. Тобто коли результуюча сила зовнішнього навантаження прикладена в точці, що розташована поза зоною приведенного ядра перерізу колони. Порушення тріщинами зменшує поперечний переріз конструкції, знижує її жорсткість. Останнє може призвести до додаткового зростання ексцентриситету сили навантаження, руйнування конструкції, втрати стійкості колони. Проблему підсилення колони в цьому випадку можна вирішити шляхом забезпечення роботи бетону на стиск в зонах незначного порушення його нормальними тріщинами розтягу. Це досягається засобами підсилення, які призводять до роботи бетону колони на стиск. Результуюча сила на колону повинна знаходитися в межах приведенного ядра перерізу незалежно від ексцентриситету прикладання зовнішнього навантаження.

Поєднати ефекти максимального використання властивостей міцності бетону і сталі при їх зчепленні неможливо. Цементний бетон руйнується при відносних деформаціях розтягу порядку $\epsilon = 15 - 40 \times 10^{-5}$, а сталь виявляє свою максимальну міцність при деформаціях в сотні разів більших – $\epsilon = 400 - 500 \times 10^{-5}$. Тому прийнята додаткова умова для проектування сталевих елементів підсилення – вони не повинні мати зчеплення з бетоном конструкції. Можливе лише дискретне, несучільне зчеплення за довжиною конструкції.

Підсумуємо вищенаведені принципи проектування засобів підсилення: система підсилення повинна забезпечити роботу порушеного бетону на стиск в конструкції, сталеві елементи підсилення повинні мати можливість вільно деформуватися відносно бетону, залежність між додатковою силою підкріплення обтиском і силою зовнішнього навантаження непрямопропорційна і повинна зростати випереджаючими темпами. Крім того, при зменшенні або знятті навантаження сила підкріплення також повинна відповідно зменшуватися.

Розглянемо балку, що зазнала незначних руйнувань у вигляді нормальних тріщин розтягу під впливом зовнішнього навантаження (рис.1) і потребує підсилення. При значному прольоті балки доцільно застосувати розпірну систему підсилення клинового принципу дії, що забезпечує необхідне видовження арматурних сталевих тяжів (рис.2). Розпірний пристрій розміщений в нішах, підрізках балки

конструктивно забезпечує найбільш компактне розміщення елементів підсилення (рис.3).

Система саморегульованого підсилення обтиском працює таким чином. Під дією власної ваги балка дещо осідає на опорах. Разом з нею опускаються і сталеві тяжі. Оскільки траверса обладнана котком, що переміщується вздовж клина виникає поздовжня сила обтиску N . Прикладання зовнішнього навантаження викликає вертикальні переміщення балки, а разом з тим і поздовжнє видовження сталевих тяжів, що призведе до зростання зусилля обтиску N . Тобто величина сили обтиску цілком залежить від сили зовнішнього навантаження. Зменшення сили зовнішнього навантаження викликає повернення балки до положення ближчого до вихідного і відповідного зменшення сили N . Зворотна робота підтримується клинвою системою і пружними опорними пристроями.

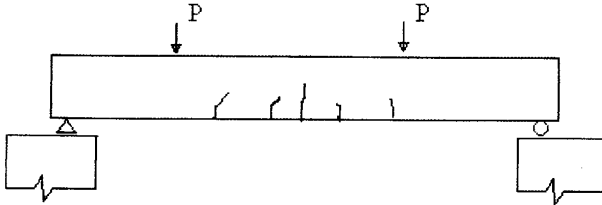


Рисунок 1. Балка порушена нормальними тріщинами

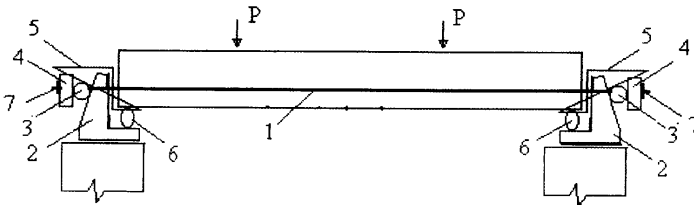


Рисунок 2. Відновлена балка системою саморегульованого обтиску
 1 – арматура підсилення, 2 – опорний клин, 3 – коток, 4 – траверса, 5 – упор, 6 – пружна опора, 7 – анкер.

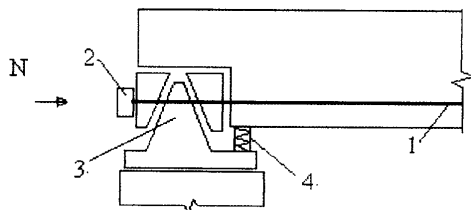


Рисунок 3. Схема опрного пристрою для саморегульованого обтиску балки з підрізкою 1 – арматура підсилення, 2 – траверса з анкером, 3 – клинова система, 4 – пружна опора.

За експериментальними даними для балок довжиною 1500-2000 мм горизонтальна сила обтиску N повинна бути втричі більшою за вертикальну силу навантаження прикладену в третинах прольоту. Тому тут за основу приймається клин з нахилом поверхні ковзання один до трьох.

На практиці виконання такого підсилення потребує підйому балки на опорах і заміни опорних частин. Підйом балки можна виконувати як одночасно з двох сторін так і послідовно. Спочатку можна замінити опорну частину з однієї сторони на спеціальну регульовану, а потім іншу. Додержання заданої довжини тяжів можна забезпечити застосуванням спеціальних муфт, підкладок між анкером і траверсою.

Якщо умови експлуатації не дозволяють тимчасово виключити з роботи балку, то тут доцільно для підсилення застосувати тяж з гнучкого сталевго канату (рис.4). Таке вирішення здатне запобігти утворенню не тільки нормальних, але й похилих тріщин в балці. Його рекомендується використовувати для балок з паралельними поясами.

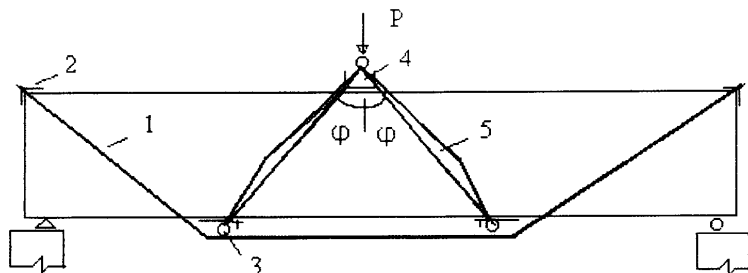


Рисунок 4. Саморегульована балка підсилена гнучким сталевим канатом 1 – канат, 2 – анкер, 3 – коток, 4 – розподільний пристрій, 5 – стійка.

Якщо в балці були нормальні й похилі тріщини, то є можливість їх закрити шляхом попереднього натягування канату 1. При цьому канат закріплюється кінцями на верхніх торцевих частинах балки і підхоплює знизу балку за допомогою котків 3.

Зовнішнє навантаження передається на балку і частково на канат за допомогою розподільного пристрою 4. Система підсилення має в своєму складі також чотири стояки 5 і рухомі шарніри 3. В результаті навантаження кут між стійками φ збільшується, шарніри 3 переміщуються зовні від середини балки і в результаті збільшується натяг тросу 1. Натяг відбувається у повній відповідності зі зміною величини зовнішнього навантаження. Натяг викликає обтиск балки і створює протилежний до навантаження момент сили, що й запобігає утворенню тріщин, підвищує жорсткість і несучу здатність конструкції.

Відносно просто створити регульований обтиск закріпивши нерухомо тяжі на торцях балки і застосувавши пристрої для їх відхилення в середній частині балки (рис.5). Але треба врахувати, що зі збільшенням кута відхилення φ відношення між силою зовнішнього навантаження і обтиском N змінюється на користь зовнішнього навантаження. Тому доводиться застосувати компенсаційну систему деформацій для розподільного елемента 3.

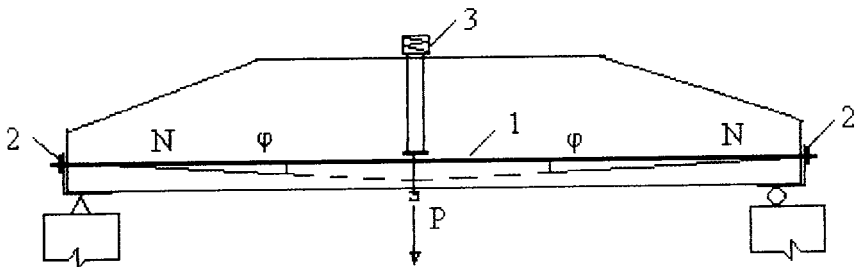


Рисунок 5. Схила балка з обтиском регульованим шляхом відхилення тяжа 1 – арматура підсилення, 2 – анкер, 3 – розподільний пристрій.

Необхідно підкреслити, що при значних силах обтиску N схема руйнування балки постійного перерізу може змінитися і тріщини утворюватимуться по похилим перерізам, в верхній зоні, вздовж сили обтиску. В разі балки, що має схили до опор (рис. 3), ексцентриситет поздовжньої сили N біля опор зменшується і тріщиноздатність верхньої зони тут, як правило, забезпечується.

Розглянемо підсилення колони навантаженої з великим ексцентриситетом e , що має порушення у вигляді силових нормальних тріщин в розтягнутій зоні (рис.6).

Тяжі закріплені одним кінцем на траверсі, а іншим в фундаменті своєю роботою компенсують момент від ексцентриситету прикладеної сили навантаження. При цьому ексцентриситет може змінюватися за величиною в процесі експлуатації. Оскільки шарнір траверси передає навантаження на колону по центру, то вона працює – на стиск. Тріщини в бетоні закриті і практично не знижують її міцності й жорсткості.

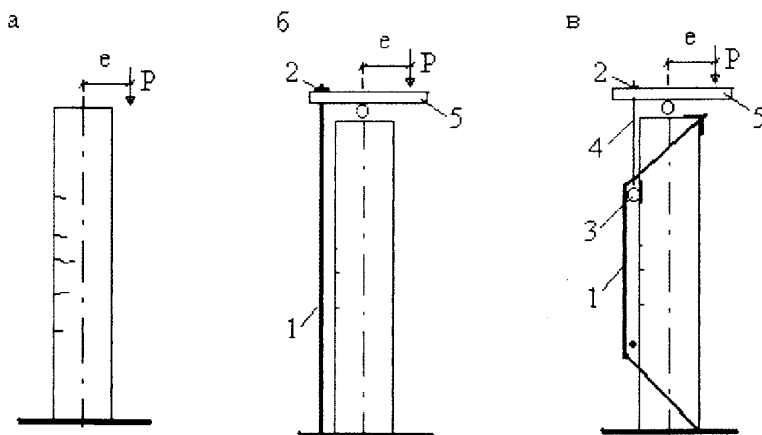


Рисунок 6. Колона: а) до підсилення, б, в) після підсилення, 1 – тяж підсилення, 2 – анкер, 3 – рухомий шарнір, 4 – тяж регулювання, 5 – траверса.

Якщо сила зовнішнього навантаження N може змінювати своє положення при експлуатації відносно колони, то тяжі слід встановлювати симетрично по її контуру. В разі значних руйнувань, які вимагають збільшення перерізу колони, доцільно використати роботу сталевих стержнів не лише на розтяг, а й на стиск (рис.7).

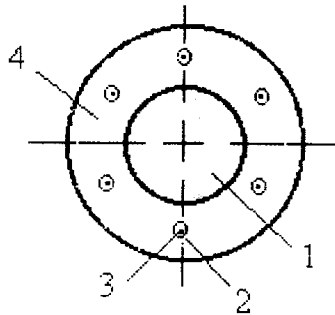


Рисунок 7. Переріз колони підсиленої сталевими стержнями і бетоном, 1 – існуюча порушена колона, 2 – оболонка, 3 – регульований стержень підсилення, 4 – залізобетон підсилення.

Для цього арматурні стержні захищають від зчеплення оболонкою, встановлюють в опалубку й обетонюють навколо колони. По центру вільного торця колони розміщують шарнір, на який обпирається розподільна траверса. На траверсі закріплюються арматурні стрижні підсилення. Зовнішнє навантаження прикладається безпосередньо до траверси. В результаті в бетоні колони виникають напруження стиску, а в сталеві арматура може працювати як на розтяг, так і на стиск. По відношенню до арматури бетон підсилення тут виконує не тільки захисну функцію, а й є засобом, що не допускає втрати нею стійкості. Слід відзначити, що завдяки оболонці на поверхні арматури й закріпленні її на траверсі, деформації арматурної сталі можуть бути в сотні разів більші, ніж бетону і навіть протилежні за знаком. Це означає, що в колонах можна використати повністю міцність сталей високих класів – А-V, А-VI і вище. В традиційних колонах зі зчепленням арматури з бетоном досягнути цього не вдається. Описані способи підсилення базуються на принципі компенсації моменту зовнішнього навантаження.

Таким чином, розглянуті варіанти підсилення регульованим обтиском найбільш поширених на практиці залізобетонних конструкцій будівель та споруд у вигляді балок та колон. Наведені приклади підсилення розроблені переважно для конструкцій, що мають незначні порушення, руйнування. Вони також можуть бути успішно застосовані для незруйнованих конструкцій для яких виникла потреба в збільшенні навантажень. Наприклад в мостах, запроєктованих в минулому на менші навантаження ніж ті, які можуть виникнути сьогодні, в будівлях зі збільшенням поверховості при реконструкції. Розглянутий варіант підсилення з обетонюванням

конструкцій (рис.7) придатний для відновлення залізобетонних елементів, що зазнали помітних руйнувань.

Звичайно, підсилення не вичерпується наведеними випадками підкріплення окремих залізобетонних елементів. В будівлях і спорудах можливе зведення додаткових балок, колон та інших елементів. Але за основними показниками саморегульовані конструкції відносяться до найбільш ефективних. Тому при підсиленні будов доцільно використовувати саморегульовано обтиснені конструкції. Особливо це вигідно застосувати там, де необхідно забезпечити мінімальний об'єм, що зайнятий несучими конструкціями.

УДК 625.855.3

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ
ДОВГОВІЧНОСТІ МОНОЛІТНИХ ШАРІВ НЕЖОРСТКИХ
ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ**

І.П.ГАМЕЛЯК – к. т. н, доцент,

В.Р.ШЕВЧУК – к. т. н, асистент, Український транспортний університет

Дана методика розроблена на основі створеної раніше моделі для оцінки руйнування монолітних шарів нежорсткого дорожнього одягу при втомі від дії транспортного навантаження. Методика призначена для оцінки фактичної міцності монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів та розрахунку їх залишкового ресурсу. Під залишковим ресурсом довговічності монолітних шарів розуміється кількість прикладань колісного навантаження, яку можуть витримати ці шари до розтріскування від втоми. Величина залишкового ресурсу виражається через залишковий строк служби до моменту відказу монолітних шарів при заданій інтенсивності руху автомобілів.

Під втомою розуміється процес поступового руйнування матеріалу шару від згину при кожному прикладанні колісного навантаження. В результаті повторних проїздів утворюються і розвиваються мікротріщини, що поступово переростають в макротріщину, яка поширюється і призводить до порушення суцільності монолітного шару. Ефект втоми матеріалу важко виявити в процесі накопичення пошкоджень за результатами досліджень механічних та фізичних властивостей матеріалу. Руйнування відбувається за відносно малий проміжок часу. Тому підхід, який застосований в даній методиці, оснований на прогнозі зміни міцності/довговічності мате-