

УДК 624.072.012

д.т.н., професор Климов Ю.А.,
Боденчук П.С., Солдатченко О.С.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З ПІДВИЩЕНОЮ КОРОЗІЙНОЮ СТІЙКІСЮ З БЕТОНОМ

В статті наведені результати досліджень арматури з підвищеною корозійною стійкістю та порівняння методів визначення її зчеплення з бетоном.

Ключові слова: *агресивне середовище, консерваційний засіб, висмикування арматури, вдавлювання арматури, довжина зчеплення.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день вплив агресивного середовища є одним з основних несилових впливів, що діють на залізобетонну конструкцію. Особливо, дії цього впливу піддається сталеві арматура. Процес кородування арматури протікає інтенсивніше з появою тріщин в залізобетонній конструкції. Корозія, як процес, зменшує граничне зусилля, що повинна сприймати арматура, а об'ємні продукти корозії створюють внутрішнє напруження в бетоні, що оточує арматуру, збільшується ширина розкриття тріщин і виникає відшарування.

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми – є обмеження використання класів арматури та зменшення граничної ширини розкриття тріщин при роботі конструкції в умовах агресивного середовища. Ці засоби не являються економічно доцільними та можуть привести до збільшення витрат арматури. В даній ситуації доцільним є використання арматури з підвищеною корозійною стійкістю. Як приклад – арматура з антикорозійним покриттям.

В США для захисту арматури в умовах агресивного середовища активно застосовуються порошкові епоксидні покриття, що характеризуються високими захисними властивостями протягом довгого часу. Застосування арматури з порошковим епоксидним покриттям можливе в конструкціях мостів, автодорогах з армованим полотном, багатоповерхові паркінги і т.д. В Україні ж в останні роки освоєно виробництво консерваційних засобів на основі дизельного палива та індустриальних масел для захисту металевих труб в агресивному середовищі, які можна використовувати і для захисту сталеві арматури.

Арматура з антикорозійним покриттям являє собою звичайну сталеву арматуру серповидного профілю з нанесеним на неї високотемпературного водозмішуваного консерваційного засобу. Це покриття в рідкому стані є прозорим, від жовтого до коричневого кольору, щільність (при $t=20^{\circ}\text{C}$) 880-980 г/см³, значення $\text{pH} \geq 9,5$ (лужне середовище) [3].

Існує необхідність оцінки можливого впливу зменшення висоти поперечних виступів арматури періодичного профілю з нанесеним консерваційним засобом на механічні властивості та зчеплення арматури з бетоном. Для використання арматури з антикорозійним покриттям при армуванні залізобетонних конструкцій необхідно проведення цілеспрямованих експериментальних досліджень зчеплення з бетоном, для яких потрібна розробка методики їх проведення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В світовій практиці основними методами оцінювання зчеплення сталевих арматур з бетоном є метод висмикування (або видавлювання) арматури з бетонного зразка (рис 1.) та балочний метод RILEM/CEB/FIP [1] (рис 2). Метод висмикування та видавлювання арматури різняться напрямом прикладення зусилля, а, як наслідок, і поперечних деформацій арматури при випробуванні: при видавлюванні арматури, ці деформації сприяють збільшенню поперечного перерізу арматури, що покращує зчеплення з бетоном. Цей факт необхідно врахувати при обробці даних випробування. В балочному методі зусилля від навантаження передаються на арматуру в розтягнутій зоні балки.

Формулювання цілі статті. Ціль досліджень полягала в аналізі основних методів визначення параметрів зчеплення арматури з підвищеною корозійною стійкістю з бетоном та виборі найбільш раціонального методу проведення випробувань.

Виклад основного матеріалу. Для вибору методики були проаналізовані такі як: метод висмикування арматури з залізобетонного зразка призматичної (циліндричної) форми (метод 1), метод видавлювання арматури з залізобетонного зразка (метод 2) та балочний метод (метод 3).

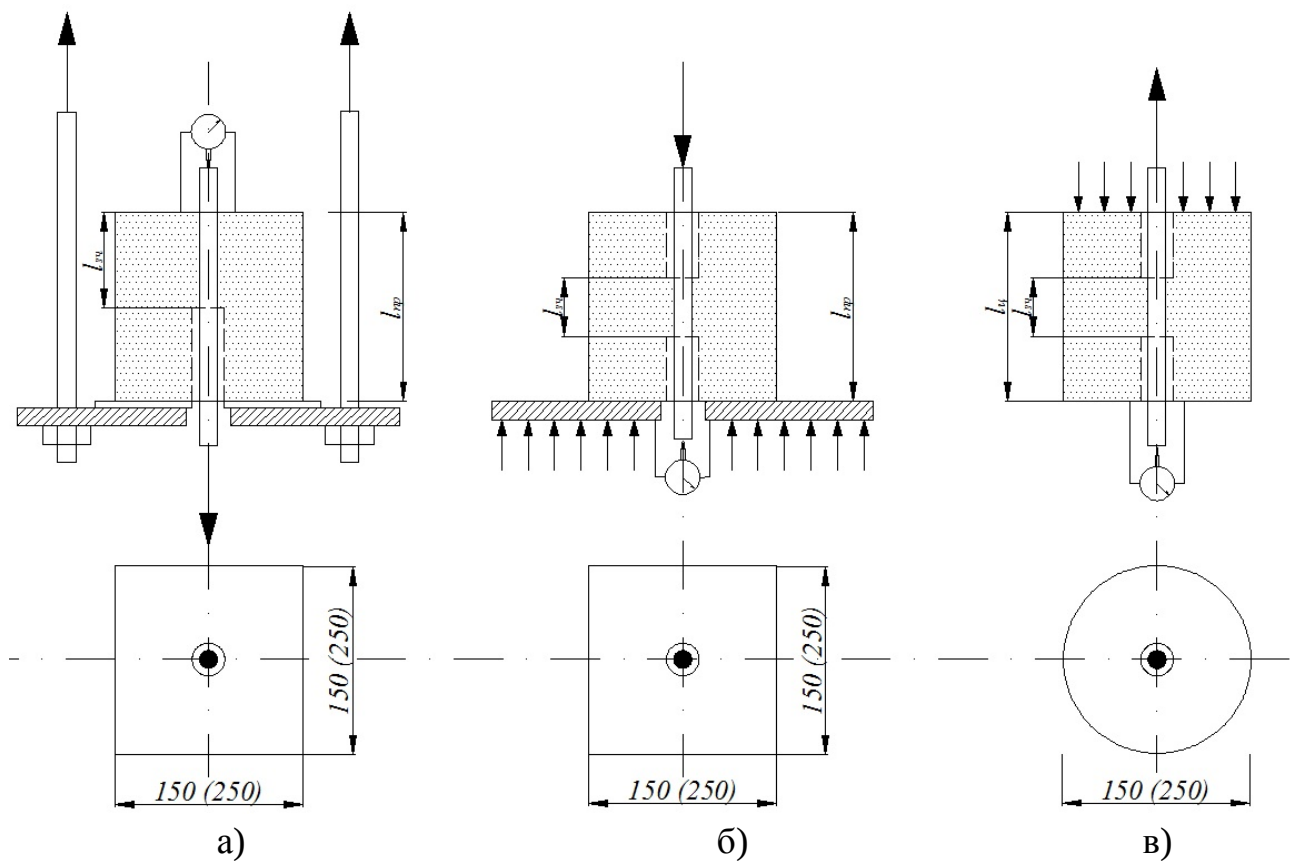


Рис.1 Схема випробувань методом: а) висмикування з арматури призматичного зразка б) видавлювання арматури з призматичного зразка в) висмикування з циліндричного зразка

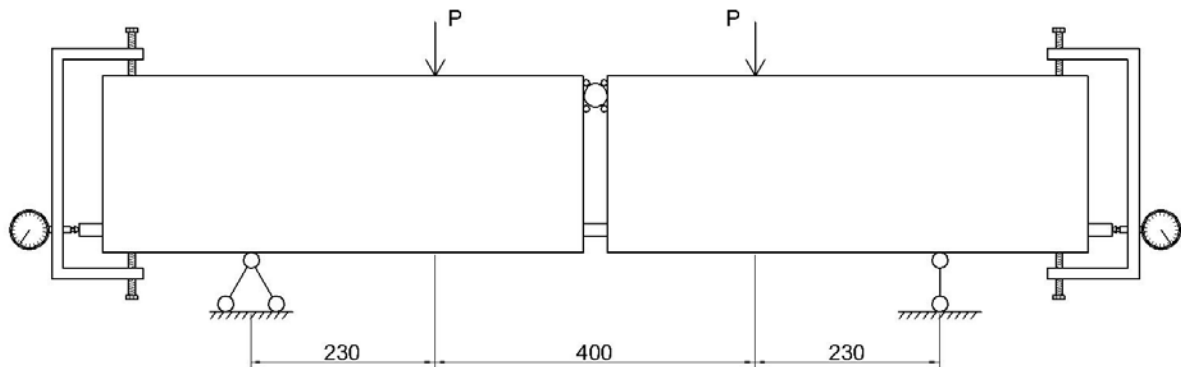


Рис.2 Схема випробувань дослідних зразків балочним методом

Метод 1 – метод висмикування арматури з залізобетонного зразка призматичної (циліндричної) форми (рис 1а, в). Для випробування приймаються призми квадратного перерізу розміром 150 x 150 мм для $d \leq 20$ мм і 250 x 250 мм для $d > 20$ мм (для зразків циліндричної форми діаметр поперечного перерізу $D = 150$ мм для $d \leq 20$ мм і $D = 250$ мм для $d > 20$ мм). Довжина зчеплення арматурного стержня з бетоном рзташована зі сторони прикладання зусилля і має довжину $5d$. Для циліндричних залізобетонних

зразків довжина зчеплення - $2,5d$. Довжина призми (l_{np}) визначається в залежності від діаметру випробуваної арматури: $l_{np} > 10d$.

Метод 2 – метод видавлювання арматури з залізобетонного зразка (рис. 16). Для випробування приймаються призми квадратного перерізу розміром 150 x 150 мм для $d \leq 20$ мм і 250 x 250 мм для $d > 20$ мм (для зразків циліндричної форми діаметр поперечного перерізу $D = 150$ мм для $d \leq 20$ мм і $D = 250$ мм для $d > 20$ мм). Довжина зчеплення арматурного стержня з бетоном розташована всередині призми і має довжину $2,5d$. Довжина призми (l_{np}) визначається в залежності від діаметру випробуваної арматури: $l_{np} > 10d$. В цьому методі необхідно враховувати поперечну деформацію арматури напрямлену в площині перпендикулярній до лінії дії сили.

Метод 3 – балочний метод (рис 2), при якому зусилля навантаження діє на балку, в якій розтягуюче зусилля передається на арматурний стержень. Балка складається з двох половинок, з'єднаних між собою арматурним стержнем. В кожній з двох половинок довжина зчеплення арматури з бетоном - $10d$. Цей метод, на відміну від методу на висмикування (вдавлювання), не є таким ідеалізованим, і більше відповідає реальним умовам. Балочний метод оцінки зчеплення арматури з бетоном є основним методом в Eurocode 2, та його використання можливе для всіх видів арматурних стержнів.

У світлі вищезгаданого, для визначення параметрів зчеплення арматури з антикорозійним покриттям з бетоном був прийнятий балочний метод.

Балка для дослідження параметрів зчеплення має такі розміри: повну довжину – 1230 мм, прямокутний поперечний переріз 120x220 мм, довжина половинок – 600 мм, зазор між половинками балки – 30 мм (рис. 3). Плече внутрішньої пари (відстань від осі випробувального стержня до осі циліндра в стиснутій зоні) складає 167 мм. В кожній половинці балки випробувальний арматурний стержень має довжину зчеплення з бетоном $10d$ (d – діаметр стержня), інша частина арматурного стержня, окрім ділянки між балками, знаходиться в пластиковій трубці з малим коефіцієнтом тертя, яка виключає зчеплення арматурного стержня з бетоном. В стиснутій зоні встановлений шарнір у вигляді двох закладних деталей і сталевим циліндром між ними.

Дослідження проводяться для арматури Ø10 A500C з нанесеним консерваційним засобом. Дослідні зразки виготовляються з бетону класу B30 с фракцією крупного заповнювача 10-20 мм. Розопалублювання проводиться не менш як на 3 добу після бетонування. Для контролю міцності бетону на стиск (класу бетону) виготовляються зразки кубів розмірами 100x100x100 мм. Випробування зразків (балок і кубів) проводиться в віці 28 діб. Кількість

залізобетонних балок з арматурою Ø10 A500C з нанесеним консерваційним засобом дорівнює 6 та, для порівняння результатів, 6 балок зі звичайною сталевую арматурою Ø10 A500C.

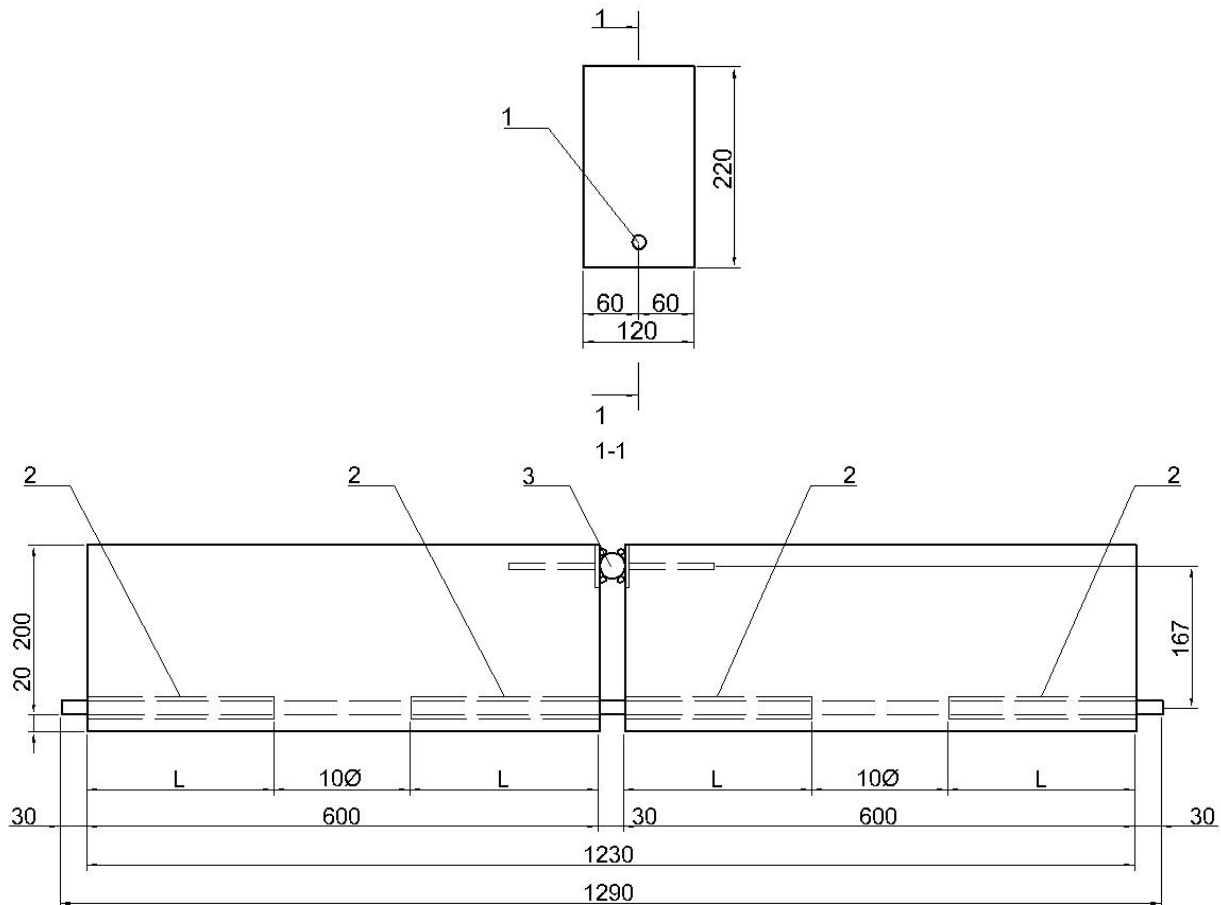


Рис.3. Конструкція випробувальних зразків.

1 – арматура Ø10 A500C; 2 - пластикова трубка; 3 - сталевий циліндр

Балки випробуються двома зосередженими силами. В процесі випробувань вимірюються переміщення розташованих на торці балок вільного кінця дослідного стержня. Схема випробувань балок наведена на рис.3.

Завантаження зразків здійснюється ступенями по 0.1 від передбачуваного граничного навантаження висмикування арматурного стержня з бетону. Контроль величини навантаження здійснюється приладом, що пройшов сертифікацію. Зсув вільних кінців випробувального арматурного стержня вимірюються індикатором з границею вимірювання 1 мм і точністю 0,001 мм. На кожній ступені навантаження витримуються 15 секунд, під час яких знімаються показання індикаторів.

Для сталевих арматур критерієм відповідності зчеплення з бетоном в EN 1992-1-1 [2], при випробуваннях за балочним методом [1] приймаються такі умови:

$$\tau_m \geq 0,098(80 - 1,2d) \quad (1)$$

$$\tau_r \geq 0,098(130 - 1,9d) \quad (2)$$

де

τ_m – середнє значення дотичних напружень в МПа зчеплення при зсуві вільного кінця стержня на 0,001 мм, 0,1 мм і 1 мм за результатами випробувань;

τ_r – дотичні напруження при руйнування (висмикуванні);

d – діаметр стержня в мм.

Дотичні напруження зчеплення з бетоном на довжині $10d$ обчислюються у функції осьового зусилля в стержні в середині балки, яке визначається за формулою:

$$N_s = \frac{M}{z}, \quad (3)$$

де

M – згинальний момент в перерізі, що розділяє балку на половинки;

z – плече внутрішньої пари в перерізі, яке дорівнює відстані від осі випробувального стержня до осі циліндра в стиснутій зоні.

Дотичні напруження між випробувальним арматурним стержнем і бетоном обчислюються за формулою:

$$\tau = \frac{N_s}{A_s \cdot l}, \quad (4)$$

де

A_s – фактична площа поперечного перерізу арматурного стержня;

l – довжина анкетування арматурного стержня в бетоні, яка дорівнює $10d$.

Висновки:

1. Для використання арматури з антикорозійним покриттям необхідні відповідні випробування в тому числі і випробування на зчеплення арматури з бетоном.

2. Виходячи з аналізу існуючих експериментальних методів визначення зчеплення арматури з бетоном був прийнятий найбільш раціональний балочний метод, який є основним для визначення зчеплення арматури з бетоном у Eurocode 2.

3. Розроблена методика співставлення результатів експериментальних даних для зразків (балок) з арматурою з антикорозійним покриттям та звичайної сталевий арматури періодичного профілю.

Література

1. RILEM/CEB/FIP Recommendations RC 5: Bond test for reinforcing steel, 1. Beam Test, 1978.
2. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures General rules and rules for building.
3. ТУ У 23.2-32627637-002:2008 «Консерваційні засоби «ВЕКС»».

Аннотация

В статье приведены результаты исследований арматуры с повышенной коррозионной стойкостью и сравнение методов определения её сцепления с бетоном.

Ключевые слова: *агрессивная среда, консервационный способ, выдергивание арматуры, стискивание арматуры, длина сцепления.*

Annotation

The article has results of armature with high corrosion resistance and comparison of methods for its adhesion to concrete.