

ДИАЛОГ–МИФИ, 2002. – 496 с. – (Пакеты прикладных программ; Кн. 4).

5. Нейронные сети. STATISTJCA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных / Под редакцией В. П. Боровикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с., ил.

6. **Осовский С.** Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского **И.Д. Рудинского**. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

Рукопись постуила в редакцию 31.03.12

УДК 624.046.2

О.І. ВАЛОВОЙ, О.Ю. ЄРЬОМЕНКО, кандидати техн. наук, доц., М.О. ВАЛОВОЙ, асистент ДВНЗ «Криворізький національний університет»

МІЦНІСТЬ ТА ЖОРСТКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПОРУШЕННЯМ ЗЧЕПЛЕННЯМ АРМАТУРИ ТА БЕТОНУ

Наведено експериментальна теорія розрахунку згинальних елементів з порушенням зчепленням арматури та бетону. На підставі результатів випробувань дослідних балок проведено апробацію відповідності цієї теорії. Приведено аналіз залежності ступеню порушення зони зчеплення та її довжини на експлуатаційні характеристики дослідних балок.

Ключові слова: Бетон, арматура, зчеплення, тріщиноутворення, міцність, балка.

На теперішній час у зв'язку зі зростаючими обсягами технічного переобладнання та реконструкції існуючих будівель та споруд актуальними є питання оцінювання технічного стану конструкцій об'єктів, що експлуатуються і застосування відповідних методів їх відновлення та підсилення.

Досвід обстеження існуючих будівель з залізобетонними конструкціями свідчить про те, що одним з найбільш розповсюджених ушкоджень є порушення зчеплення арматури з бетоном, при цьому воно є більш характерним для масових згинальних елементів - плит та ригелів. Причинами порушення зчеплення є корозія арматури, відколи захисного шару бетону, порушення його структури внаслідок впливу температури та вологості.

Кількісна оцінка впливу порушення зчеплення арматури з бетоном на міцність та деформативність згинальних залізобетонних елементів, з'ясовано не досить повно.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі методи розрахунку міцності нормальних перерізів, при порушенні зчеплення арматури з бетоном, виходять із співвідношення між відносною висотою стиснутої зони бетону та її граничним значенням. У випадку порушення зчеплення арматури з бетоном відбувається зниження граничного значення відносною висоти стиснутої зони бетону, тобто $\xi \leq \xi_R$. При $\xi \leq \xi_R$ - порушення зчеплення практично не впливає на міцність нормального перерізу, при $\xi \geq \xi_R$ - порушення зчеплення викликає руйнування стиснутої зони залізобетонного елемента при напруженнях у розтягнутій менших, ніж граничні. Граничне значення відносною висоти стиснутої зони, при порушенні зчеплення арматури з бетоном визначають за формулою [2]

$$\xi_R^* = \xi_R \cdot K_c, \quad (1)$$

де K_c - емпіричний поправочний коефіцієнт, який визначають за виразом

$$K_c = \frac{1}{(0,0005R_b + 0,0000R_s)(\chi - 1) + 0,02\chi + 0,98}. \quad (2)$$

Ступінь порушення зчеплення арматури з бетоном оцінюється коефіцієнтом

$$\chi = f(\bar{F}/F) \quad (3)$$

де \bar{F}, F - площа епюри напружень в арматурі, за довжиною розтягнутої зони конструкції, відповідно, при порушеному та початковому зчепленні.

Фактично залізобетонний елемент зі втратою зчеплення арматури з бетоном перетворюються на статично невизначувану комбіновану систему, яка складається з самого залізобетонного елемента та арматури з порушенням зчепленням, яка закріплена по кінцям. При цьому зчеплення арматури з бетоном може бути втрачено повністю або частково. Під частковим порушенням зчеплення арматури з бетоном розуміють, для окремих стержнів розтягнутої арматури, будь-яку долю від свого початкового забезпеченого значення, або будь-яку частину стержнів розтягнутої арматури, з повністю порушенням зчепленням, із загальної їх кількості.

Перший випадок часткового порушення зчеплення арматури з бетоном, за допомогою виразу (3), приводять до другого випадку, тобто частину площі поперечного перерізу арматури розглядається як з повністю забезпеченим зчепленням, а частина що залишилася, як з повністю відсутнім зчепленням з бетоном. При цьому залізобетонний елемент за довжиною прольоту може мати декілька ділянок з порушеним зчепленням арматури з бетоном. Такий залізобетонний елемент, як правило, розділяється за довжиною рядом тріщин, що утворилися у попередніх станах.

Елемент за довжиною розбивається на декілька ступенів, на межі яких визначають діючі зусилля від зовнішнього навантаження. Кордони ступенів повинні проходити по перерізам початку та закінчення ділянок з порушенням зчеплення арматури та бетону. Оскільки на ділянках з порушеним зчепленням систему розглядають як таку, де взагалі відсутнє зчеплення між бетоном та арматурою, то залізобетонний елемент, на розглядуваній ділянці, перетворюється на стиснуто-зігнутий реактивною стискаючою силою (N_x) від додаткового зусилля в арматурі з повністю порушеним зчепленням. Розрахункова схема елемента на ділянці з повністю порушеним зчепленням арматури з бетоном показана на рис. 1.

У перерізах на кордоні ступенів, користуючись гіпотезою плоских перерізів та діаграмою деформування бетону і арматури, визначають жорсткість перерізу. При цьому гіпотеза плоских перерізів застосовується до середнього розрахункового перерізу.

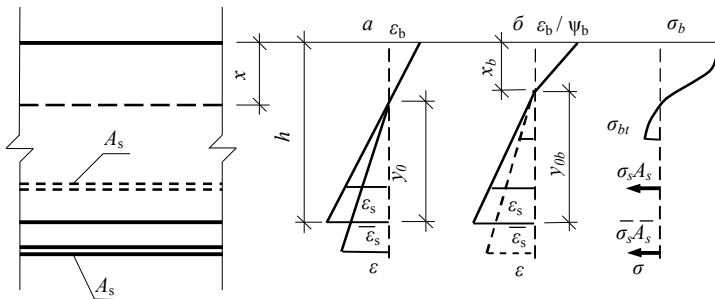


Рис. 1. Напружено-деформований стан розрахункового нормального перерізу з порушеним зчепленням арматури з бетоном: *a* - розподілення деформацій в середньому розрахунковому перерізі; *б* - розподілення деформацій та напружень в перерізі з тріщиною

Порушення зчеплення арматури з бетоном робить гіпотезу плоских перерізів непринятною для розподілення деформацій за висотою перерізу для частини арматури з порушеним зчепленням [4]. Але розподілення деформацій за висотою в самому залізобетонному перерізі лінійне (рис. 2).

Розподіл деформацій в середньому перерізі *a* та розрахункова схема *б* залізобетонного елемента з порушеним зчепленням арматури та бетону

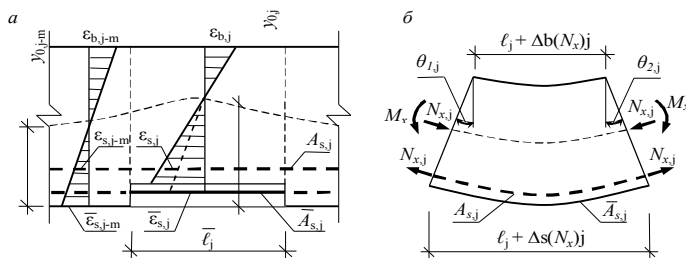


Рис. 2. Розподіл деформацій в середньому перерізі *a* та розрахункова схема *б* залізобетонного елемента з порушеним зчепленням арматури та бетону

Жорсткість кожної ступені за її довжиною приймають сталою і такою, що дорівнює середньому значенню в двох суміжних перерізах

$$[EI(t)]_j = \frac{(\sum_{i=1}^n E_{(b,a)i}(t) A_{(b,a)i} [y_0(t) - y_{(b,a)i}]^2)_j + (\sum_{i=1}^n E_{(b,a)i}(t) A_{(b,a)i} [y_0(t) - y_{(b,a)i}]^2)_{j+1}}{2} \quad (4)$$

Невідоме зусилля N_{xj} в арматурі з повністю порушеним зчепленням з бетоном, на *j*-й ділянці довжиною, визначають виходячи з деформованого стану цієї ділянки комбінованої системи. Припустимо жорстке закріплення арматури без зчеплення з бетоном по кінцях ділянки.

Нехай в певний момент часу *t* під впливом зовнішнього навантаження і внаслідок повзучості залізобетонний елемент, на розглядуваній ділянці, перетворюється на певну деформовану систему, з поворотом перерізів на кінцях та подовженням арматури, яка не має зчеплення з бетоном. При цьому в залізобетонному елементі внаслідок дії реактивного зусилля в арматурі без зчеплення відбуваються деформації стискання, а внаслідок позакентровано-прикладеного реактивного зусилля - деформації згину, протилежні деформаціям від зовнішнього навантаження. Рівняння сумісності осьових деформацій, статично невизначуваної комбінованої системи, на окремій *j*-й ділянці записують у вигляді

$$\Delta(t)_s(N_x)_j + \Delta(t)_b(N_x)_j + \Delta(t)_{b(N_x e)_j} = \Delta(t)_{b(q)_j} \quad (5)$$

де $\Delta(t)_s(N_x)_j$ - деформація арматури без зчеплення з бетоном від дії розтягуючого зусилля $N(t)_{x_j}$; $\Delta(t)_b(N_x)_j$ - деформація j -ї ділянки залізобетонного елемента від дії реактивного стискаючого зусилля $N(t)_{x_j}$; $\Delta(t)_{b(N_x,e)_j}$ - деформація j -ї ділянки залізобетонного елемента від дії моментів $M(t)_{x_j} = N(t)_{x_j} \cdot [\bar{y}_o(t)_j - \bar{y}_{si}]$ на його кінцях унаслідок прикладання зусилля $N(t)_{x_j}$; $[\bar{y}_o(t)_j - \bar{y}_{si}]$ - відстань від центру згину перерізів по кінцях ділянки що розглядається, до центру ваги арматури без зчеплення з бетоном; $\Delta(t)_{b(q)_j}$ - деформація j -ї ділянки залізобетонного елемента від дії зовнішнього навантаження.

Рівняння (5), також, можна записати у вигляді

$$N(t)_{x_j} = \frac{[\bar{y}_o(t)_j - \bar{y}_{si}] \cdot |\theta(t)_{1j} - \theta(t)_{2j}|}{\frac{\bar{l}_j}{\sum_{i=n+1}^m \bar{E}_{si}(t) \bar{A}_{si}} + \sum_{p=1}^{p1} \frac{\bar{l}_b}{(\sum_{i=1}^k \bar{E}_{bi}(t) \bar{A}_{bi} + \sum_{i=k+1}^n \bar{E}_{si}(t) \bar{A}_{si})_p}}, \quad (6)$$

де $\theta(t)_{1j}, \theta(t)_{2j}$ - кут повороту перерізу від зовнішнього навантаження та позacentрово-прикладеного зусилля $N(t)_{x_j}$ з урахуванням повзучості, відповідно, на початку та в кінці j -ї ділянки залізобетонного елемента.

Для малих кутів повороту перерізів, на початку та в кінці j -ї ділянки, приймають $\sin \theta \approx \theta$.

Згинальний елемент зі ступінчато-змінною жорсткістю замінюють еквівалентним елементом сталої жорсткості

$$[EI(t)]_{red} = \alpha_j \cdot [EI(t)]_j, \quad (7)$$

де $\alpha_j = [EI(t)]_{red} / [EI(t)]_j$ - коефіцієнт приведення для j -ї ділянки.

Постановка мети і задач дослідження. Метою експериментального дослідження була перевірка, приведеної вище, теорії розрахунку напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій [4] з розповсюдженими експлуатаційними ушкодженнями – порушення зчеплення арматури з бетоном в прольоті при жорсткій та податливій анкерів арматури в бетоні по кінцях. Дослідження впливу ступеню порушення зчеплення арматури з бетоном на характер тріщиноутворення згинальних залізобетонних елементів та на їх несучу здатність.

Методика досліджень. З огляду на означену мету було проаналізовано експериментальні дані отримані дослідниками [4,5], які займалися питаннями аналізу роботи згинальних елементів з недостатнім зчепленням арматури з бетоном. Експериментальні дані були узагальнені та проаналізовані.

Результати досліджень. Дослідження роботи згинальних елементів з недостатнім зчепленням арматури з бетоном проводилося на підставі експериментальних випробувань залізобетонних балок прямокутного перерізу $150 \times 270 \times 3000$ мм. Порушення зчеплення арматури з бетоном імітувалося шляхом нанесення на поверхню арматури пластиліну шаром товщиною 5 мм, за довжиною заданої ділянки, пропорційно прийнятому в досліді ступеню порушення зчеплення [4].

Дослідні балки випробовувалися за однопрольотною балочною схемою навантаженою двома зосередженими силами, які прикладалися в третинах прольоту.

Руйнування балок відбувалося за нормальним перерізом у зоні чистого згину. Балка за відсутності зчеплення арматури з бетоном перетворювалася на систему бетонних блоків, які були пов'язані між собою розтягнутою арматурою. Деформація арматури без зчеплення з бетоном, не підкоряється лінійному закону розподілу за висотою перерізу. Невідповідність збільшувалася зі збільшенням довжини ділянки з порушенням зчеплення та ступенем порушення зчеплення (рис. 3).

При цьому була відсутня пряма залежність між шириною розкриття конкретної тріщини та згинальним моментом. У той же час, середнє значення ширини розкриття для всіх тріщин на ділянці з порушенням зчеплення арматури з бетоном, весь час збільшувалося зі збільшенням навантаження. Також відбувалося збільшення відстані між нормальними тріщинами та зростання ширини їх розкриття з підвищенням ступеню порушення зчеплення арматури з бетоном [4].

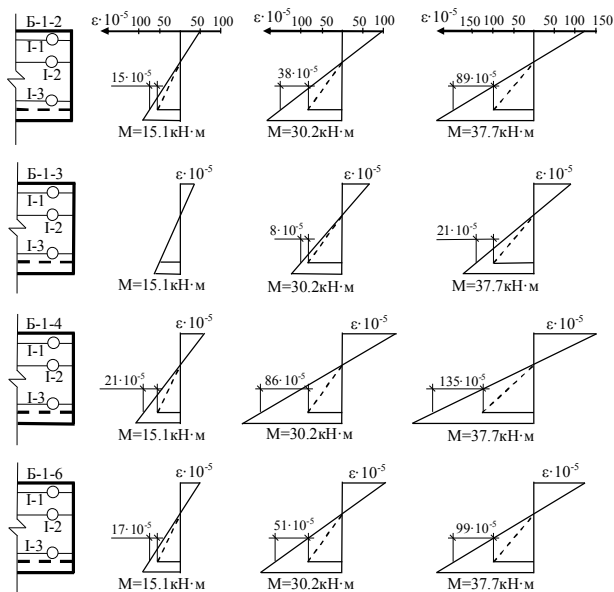


Рис. 3. Розподіл середніх деформацій за висотою перерізу дослідних балок з порушеним зчепленням арматури з бетоном

Проведені дослідження показали відсутність зв'язку між порушенням зчеплення арматури з бетоном та несучою здатністю дослідних балок. Останнє пояснюється недостатньою довжиною експериментальних балок, яка не дозволила забезпечити більшу довжину ділянки арматури з порушеним зчепленням.

Результати співставлення теоретичних даних ширини розкриття тріщин та несучої здатності експериментальних балок, розрахованими на підставі наведеної вище теорії розрахунку, з дослідними, показали задовільну їх точність (у межах 9 %) [4].

Основні висновки. Експериментальні

досліди показали, що:

Ступінь порушення зчеплення арматури з бетоном збільшує відстань між нормальними тріщинами та ширину їх розкриття;

Збільшення довжини ділянки з порушеним зчепленням практично не впливає на відстань між нормальними тріщинами в зоні чистого згину, але збільшує ширину їх розкриття;

Довжина експериментальних балок не дозволила повністю дослідити зв'язок між несучою здатністю балок та порушеним зчепленням арматури з бетоном;

Наведена методика розрахунку показала в цілому задовільну збіжність з експериментальними даними. Для оцінки її надійності щодо визначення несучої здатності реальних конструкцій, необхідні додаткові експериментальні дослідження.

Список літератури

1. Вайсфельд А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов при частичном или полном отсутствии сцепления арматуры с бетоном / А.А. Вайсфельд // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Л., 1982. – 22 с.
2. Прокопович А.А., Филатов В.В. Оценка влияния нарушения сцепления арматуры с бетоном на прочность нормальных сечений эксплуатируемых конструкций / А.А. Прокопович, В.В. Филатов // Сб. тр. Исследование влияния качества изготовления, монтажа и эксплуатации железобетонных конструкций на их несущую способность. – М.: НИИЖБ, 1986. – С. 55-59.
3. Спрыгин Г.М. Несущая способность железобетонных рам, усиленных под нагрузкой / Г.М. Спрыгин // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – СПб, 1992. – 23 с.
4. Лазовский Д.Н. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений / Д.Н. Лазовский. – Новополюк: Изд-во Полоцкого гос. ун-та, 1998. – 240 с.
5. Лазовский Д.Н. Авдошка А.В. Усиление балок с нарушенной анкеровкой арматуры / Д.Н. Лазовский, А.В. Авдошка // Бетон и железобетон. – 1993, №2. – С. 7-9.

Рукопись постуила в редакцию 30.03.12

УДК 621.926: 34.16

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., В.М. РАДИОНОВ, аспирант
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КЛАССИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ПУЛЬПЫ В ГИДРОЦИКЛОНЕ С УЧЕТОМ ЕЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Изложены принципы синтеза математической модели классификации частиц измельченной руды, лежащие в основе разработки системы автоматического управления гидроциклоном.

Ключевые слова: гидроциклон, модель гидродинамики, энергоэффективность, ультразвук.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Оптимизация качествен-