

УДК 004.942:624.01

*О.В. Семко, д.т.н., профессор
А.О. Дмитренко, к.т.н., доцент
Т.А. Дмитренко, к.т.н., ст. викладач*

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ ВУЗЛІВ З'ЄДНАННЯ МОНОЛІТНОГО БЕЗБАЛКОВОГО ПЕРЕКРИТТЯ НА ЗРІЗ УЗДОВЖ ТІЛА КОЛОНИ

Подано результати дослідження з'єднання монолітного залізобетонного перекриття зі сталезалізобетонною колоною на зріз уздовж тіла колони та проведення автоматизації розрахунків з використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Ключові слова: *комп'ютерні технології, монолітне безбалкове перекриття, зріз.*

УДК 004.942:624.01

*О.В. Семко, д.т.н., профессор
А.А. Дмитренко, к.т.н., доцент
Т.А. Дмитренко, к.т.н., ст. преподаватель*

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЯ МОНОЛИТНОГО БЕЗБАЛКОВОГО ПЕРЕКРЫТИЯ НА СРЕЗ ВДОЛЬ ТЕЛА КОЛОННЫ

Представлены результаты исследования соединения монолитного железобетонного перекрытия со сталежелезобетонной колонной на срез вдоль тела колонны и проведения автоматизации расчетов с использованием новейших компьютерных технологий.

Ключевые слова: *компьютерные технологии, монолитное безбалочное перекрытие, срез.*

UDC 004.942:624.01

*A.V. Semko, ScD, Professor
A.A. Dmitrenko, PhD, Associate Professor
T.A. Dmitrenko, PhD, senior lecturer
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

AUTOMATION OF ENGINEERING CALCULATIONS OF KNOTS OF CONNECTION OF THE MONOLITHIC NO-BLOCKINGS CEILING ON A CUT ALONG THE BODY OF COLUMN

The paper provided the results of the study compound monolithic reinforced concrete slab with steel reinforced concrete column on a cut along the body of the column and conduct automated calculations using the latest computer technology.

Keywords: *computer technologies, monolithic beamless overlap slice.*

Вступ. Зі збільшенням обсягу будівництва об'єктів з монолітним безбалковим безкапітельним перекриттям постає питання його з'єднання зі сталезалізобетонними колонами.

У зонах з'єднання монолітного безкапітельного безбалкового перекриття зі сталезалізобетонною колоною при проведенні розрахунків виникає необхідність оцінювання напружено-деформованого стану цієї зони, тому що тут відбувається концентрація згинальних моментів і перерізувальних сил.

Огляд останніх джерел досліджень та публікацій. Упровадженням і дослідженнями новітніх комп'ютерних технологій при розрахунках будівельних конструкцій вузлового з'єднання монолітних перекриттів у різні роки займалися такі дослідники, як Д.О. Городецький [1], О.С. Городецький [2], Т.А. Мухамедієв [3], Д.Г. Шимкович [4] та інші.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Однією з головних проблем у проектуванні безбалкових безкапітельних перекриттів є забезпечення несучої здатності в стиках перекриття з колоною, які є найбільш відповідальними елементами. Для забезпечення точності інженерних розрахунків виникає необхідність автоматизації процесу розрахунку.

Постановка проблеми. Метою дослідження було дослідити напружено-деформований стан зразків вузлового з'єднання монолітного залізобетонного безбалкового перекриття зі сталезалізобетонною колоною за допомогою програмного забезпечення. Розрахунок вузлів з'єднання монолітного залізобетонного перекриття зі сталезалізобетонною колоною доволі трудомісткий, виходячи із цього, виникає необхідність автоматизації розрахунку з використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Основний матеріал і результати. У цій роботі арматурні стрижні розглядалися як анкери. В анкерів, які встановлюються у важкому бетоні при великій міжосьовій відстані, відбувається руйнування по сталі. Але, коли міжосьова відстань стає настільки малою, що руйнівне навантаження на бетон незалежно від його класу стає меншим, ніж руйнівне навантаження по сталі, відбувається руйнування по бетону.

Для визначення оптимальних експлуатаційних характеристик арматурних стрижнів у роботі був використаний європейський метод розрахунку кріплень, який отримав міжнародне визнання, так званий метод розрахунку несучої здатності бетону (Concrete Capacity-Method) [5].

У ньому викладено концепцію оцінювання надійності з використанням часткових коефіцієнтів запасу міцності.

Головними відмінностями цього методу є :

- диференціація між режимами руйнування: виривання з бетону або руйнування сталі;
- диференціація між коефіцієнтами надійності, заснована на різних типах руйнування.

Цей метод більш точно відображає фактичну поведінку анкера.

Розрахунок виконується на підставі умови

$$S_d \leq R_d, \quad (1)$$

де S_d – величина розрахункового навантаження;

R_d – розрахунковий опір навантаженню.

Розрахунок навантаження та розрахунковий опір на анкер визначаються за допомогою формул

$$S_d = \gamma_F \cdot S; \quad (2)$$

$$R_d = R_k / \gamma_M,$$

де S – навантаження (осьове розтягнє або поперечне);

R_k – характерна несуча спроможність (характерний опір дії поперечного навантаження V_{Rk});

γ_F , γ_M – часткові коефіцієнти запасу міцності по навантаженню та матеріалу.

У нашому випадку прикладене навантаження може викликати змінання контактуючих поверхонь. Тобто виникають пластичні деформації на поверхнях контакту.

Розрахунки на змінання мають наближений характер, тому що немає закону розподілення тиску по поверхні контакту.

На практиці приймають криволінійний закон розподілу (рис. 1), вважаючи, що тиск q по діаметру d змінюється пропорційно зміні проекції площадки dF циліндричної поверхні на діаметральну площину $\frac{q}{dF} = \frac{q_i}{dF_i}$.

Для подальшого розрахунку розроблено розрахункову схему змінання контактуючих поверхонь (рис. 2).

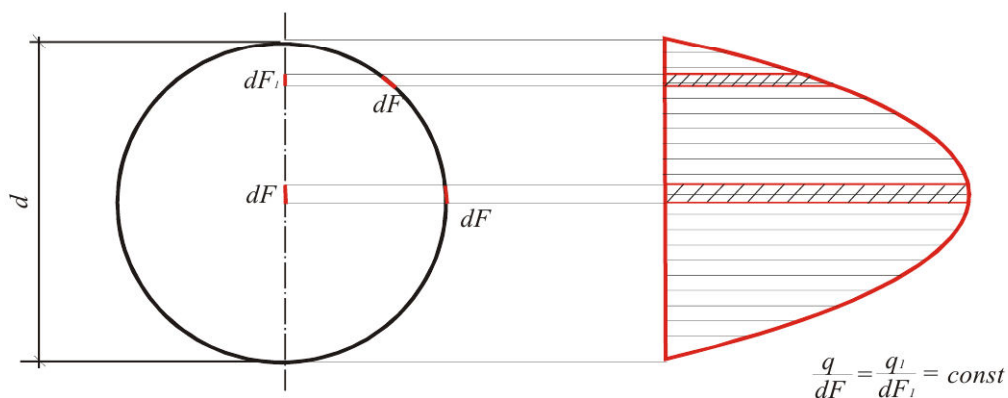


Рис. 1. Криволінійний закон розподілу напружень по поверхні контакту

Розрахункову несучу здатність анкерування одного арматурного стрижня визначаємо за формулою

$$N_{bp} = R_{b,loc} \cdot A_{sb} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c, \quad (3)$$

де $R_{b,loc}$ – розрахунковий опір бетону на зминання;

A_{sb} – площа зминання бетону

$$A_{bs} = d_s \cdot l_b, \quad (4)$$

де γ_b – коефіцієнт умов роботи з'єднання;

γ_c – коефіцієнт умов роботи.

$$l_b = k \cdot d_s, \quad (5)$$

де l_b – довжина зони зминання, см;

k – коефіцієнт, який визначався експериментальним шляхом (за даними експериментальних досліджень $k = 8$);

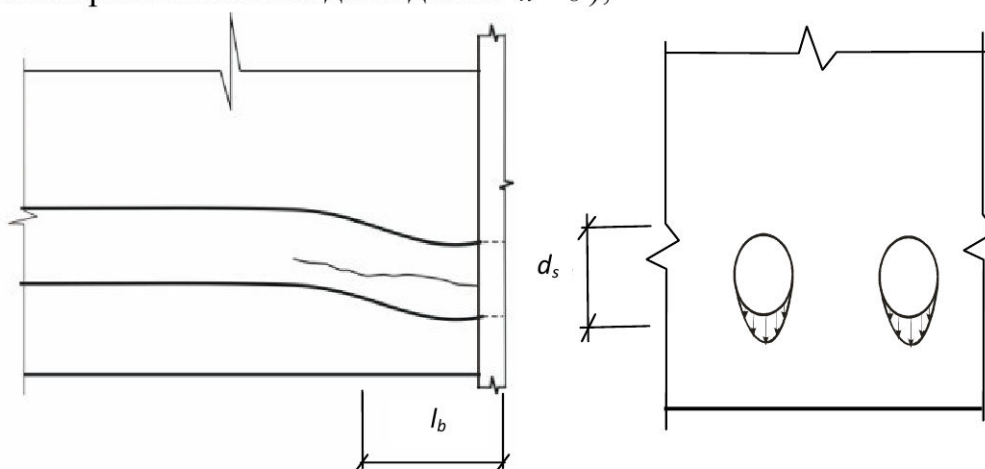


Рис. 2. Розрахункова схема зминання контактуючих поверхонь

$R_{b,loc}$ – розрахунковий опір бетону зминанню, котрий визначається за формулою

$$R_{b,loc} = \alpha \cdot \varphi_b \cdot R_b, \quad (6)$$

де α – коефіцієнт, який визначається для бетону класу C25/30 та вище,

$$\alpha = 13,5 \frac{R_{bt}}{R_b}; \quad (7)$$

$$\varphi_b = \sqrt[3]{A_{loc1} / A_{loc2}}; \quad (8)$$

$$\varphi_b \cdot \alpha \geq 1,0. \quad (9)$$

У вузлах з'єднання зі сталезалізобетонними колонами виникає необхідність перевірки несучої здатності арматурних стрижнів на зріз

$$N_{bs} = R_{bs} \cdot A_s \text{ – за вітчизняною методикою;}$$

$$N_{bs} = \frac{0,6 \cdot R_s \cdot A_s}{\gamma_m} \text{ – за європейською методикою.}$$

За наведеною методикою був розроблений алгоритм розрахунку з'єднання безбалкової монолітної плити зі сталезалізобетонними колонами на зріз уздовж тіла колони (рис. 3).

На підставі розробленого алгоритму для автоматизації процесу розрахунку було створено комп'ютерну програму мовою програмування Visual Basic for Applications (VBA). Ця мова використовується для розроблення додатків, призначених для маніпулювання базами даних і для налаштування призначеного для користувача інтерфейсу. VBA – це структурована мова програмування високого рівня.

У мові VBA реалізовано загальні принципи об'єктно-орієнтованого програмування (рис. 4). Модуль комп'ютерної програми наведений нижче.

```

Sub Dicert()
" Dicert Макрос
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=2*(R[-9]C+R[-8]C)+4*PI()*R[-7]C"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-3]C/R[-4]C"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-3]C/R[-5]C"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-12]C+4*R[-10]C"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-12]C+4*R[-11]C"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-12]C"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=1+1.8*SQRT(POWER(R[-5]C/R[-3]C,2)+POWER(R[-4]C/R[-2]C,2))"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=IF(R[-1]C>=1.15,R[-1]C*R[-10]C/(R[-7]C*R[-2]C),1.15*R[-10]C/(R[-7]C*R[-2]C))"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-17]C[2]/(R[-15]C*R[-17]C)"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=1.125*R[-14]C*R[-9]C*R[-16]C*SQRT(1.1+0.7*R[-1]C)"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=0.4*R[-14]C"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(R[-2]C,R[-1]C)"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=IF(R[-1]C>=R[-5]C, ""Міцність забезпечена"", ""Міцність не забезпечена"")"
End Sub

```

Під час створення програми враховувалися такі критерії ефективності функціонування системи, виходячи з вимог постановки завдання й сучасних вимог користувача до програми та її інтерфейсу:

- правильність розрахунку;
- можливість введення вихідних даних у будь-який час роботи програми, крім того моменту, коли здійснюється розрахунок;
- обов'язкове відображення результатів розрахунку на робочому листі й на користувальницькій формі;
- використання зручного для користувача інтерфейсу.

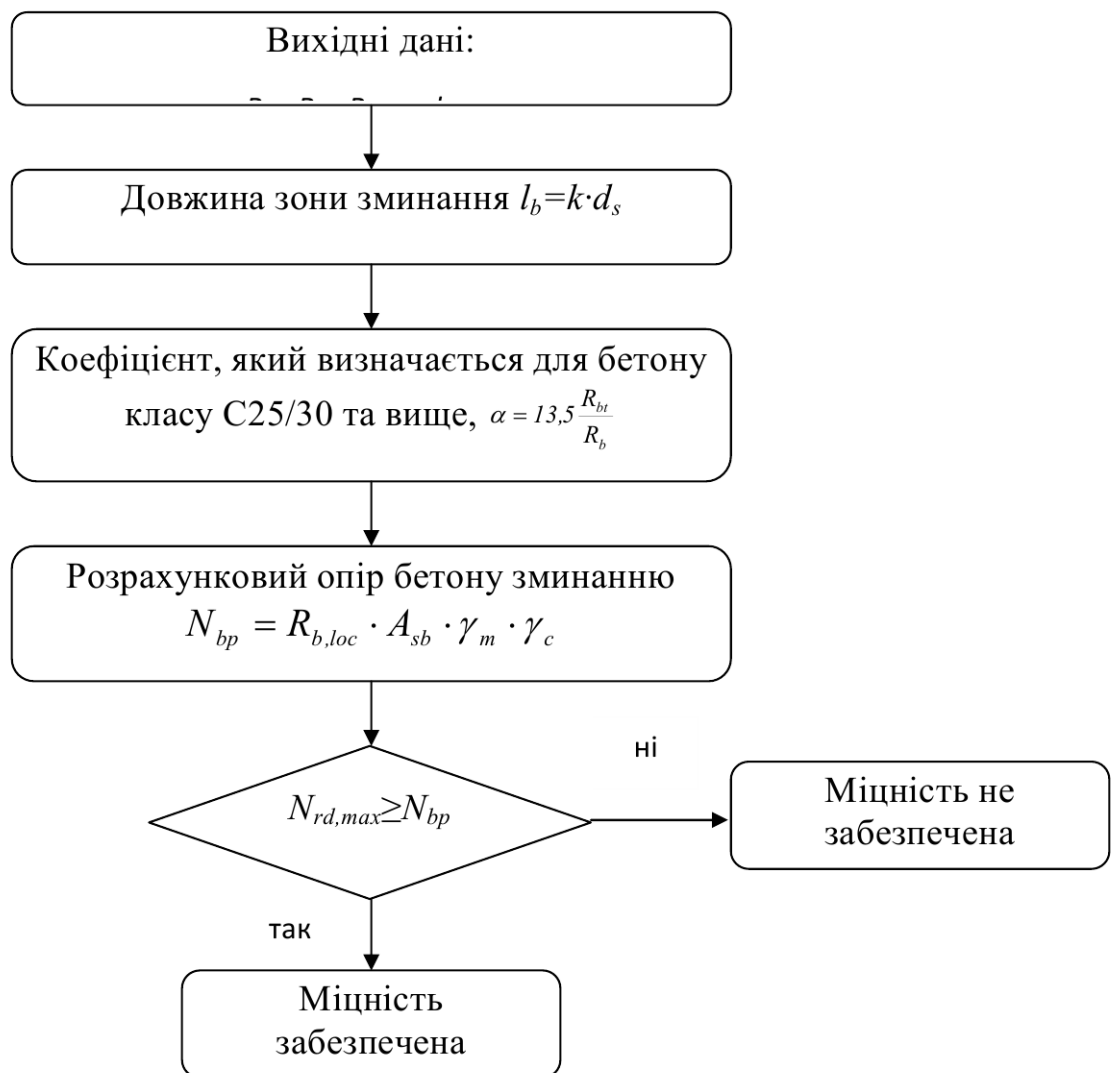


Рис. 3. Алгоритм розрахунку з'єднання безбалкової монолітної плити зі сталезалізобетонними колонами на зріз уздовж тіла колони (за запропонованою методикою)

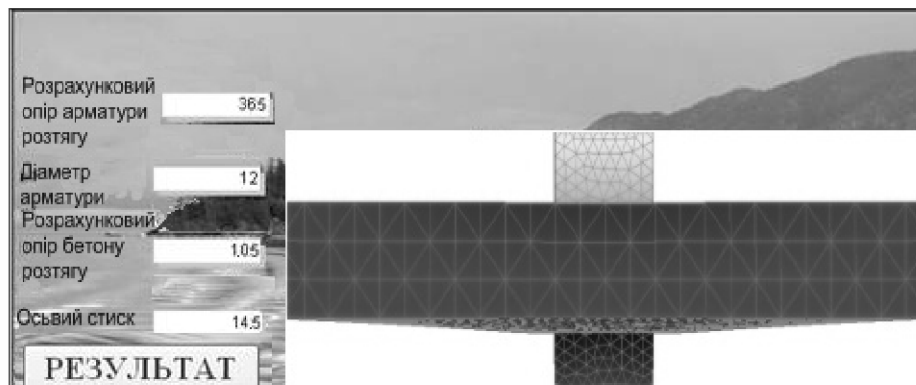


Рис. 4. Інтерфейс програми розрахунку вузла з'єднання монолітного залізобетонного безбалкового перекриття зі сталезалізобетонною колоною на зріз уздовж тіла колони

Висновки:

1. Методика розрахунку запропонованих вузлових з'єднань включає в себе розрахунок на зріз уздовж тіла колони.
2. Розроблений алгоритм розрахунку, втілений у програмі мовою Visual Basic for Applications, дає можливість забезпечити точність та швидкість інженерних розрахунків.
3. Автоматизація дає більш точні результати при розрахунку вузлових з'єднань на зріз уздовж тіла колони. Різниця між розрахунками без та з використанням програми складає 3%.

Література

1. Городецкий, А.С. *Компьютерные модели конструкций* / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2006. – 344 с.
2. Городецкий, Д.А. *Интеллектуальная компьютерная система проектирования строительных сооружений из монолитного железобетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12* / Д.А. Городецкий; Киевский гос. НИИ автоматизированных систем строительства (НИИАСС Госстроя Украины). – К., 1999. – 131 с.
3. Мухамедиев, Т.А. *Расчёт железобетонных стен методом конечных элементов* / Т.А. Мухамедиев, А.С. Махно, А. Иванов // *Железобетонные конструкции зданий большой этажности: материалы научно-практической конференции*. – М.: МГСУ, 2004. – С. 67 – 75.
4. Шимкович, Д.Г. *Расчет конструкций в MSC Nastran for Windows* / Д.Г. Шимкович. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 447 с.
5. *Руководство по анкерному креплению HILTI [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: // <http://www.hilti.ru>.

Надійшла до редакції 25.09.2013

© О.В. Семко, А.О. Дмитренко, І Т.А. Дмитренко