

УДК 624.015.37

**НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ КОЛОН ПРИ НАВАНТАЖЕННІ НА ЦЕНТРАЛЬНИЙ СТИСК**

Канд. техн. наук Ю.В. Глазунов

**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ**

Канд. техн. наук Ю.В.Глазунов

**RISE STRONG STEEL-CONCRETE COLUMNS ON THE PROCESS OF LONGITUDINAL HAS BEEN DEVELOPED**

Cand. of techn. sciences Y. Glazunov

*Розроблено способи розрахунку сталобетонних колон на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на бетон, на сталь; експериментальні дані про вплив способів передачі поздовжнього навантаження на характер деформування та зруйнування сталобетонних колон, а також вплив сил зчеплення між бетоном і сталлю на несучу здатність сталобетонних колон.*

***Ключові слова:** сталобетон, зовнішнє армування, тензодатчики, бетонне ядро, стальна оболонка, сталобетонний елемент.*

*Разработаны способы расчета сталебетонных колонн на центральное сжатие при передаче продольной нагрузки на бетон, на сталь; экспериментальные данные о влиянии способов передачи продольной нагрузки на характер деформирования и разрушения сталебетонных колонн; исследования о влиянии сил сцепления между бетоном и сталью на несущую способность сталебетонных колонн.*

**Ключевые слова:** *сталебетон, внешнее армирование, тензодатчики, бетонное ядро, стальная оболочка, сталебетонный элемент.*

*A method of strength calculation of rectangular section of steel-concrete columns depending on the process of longitudinal loading has been developed. Theoretical and experimental data have been compared. Cite experiment and theoretical investigation steel concrete constructions depending on the process of longitudinal loading has been developed and method their calculation. There was executed the experimental and theoretical researches of the steel-concrete elements, working by center compression.*

**Keywords:** *steel-concrete, method their calculation, rectangular section, process of longitudinal loading, have been compared.*

**Вступ.** З розвитком виробничих сил у галузі будівництва виникає необхідність упровадження все більш ефективних і економічних конструкцій. Бетон у сполученні зі сталлюю арматурою виявляється основним матеріалом для житлово-громадянського, промислового, енергетичного, транспортного та сільськогосподарського будівництва.

Заміна сталевих конструкцій залізобетонними надає можливість економити сталь, але це не завжди пов'язано з економією грошових коштів. Тому поряд з пошуками успішно конкуруючих рішень в залізобетоні, стимулюється розвиток інших комплексних матеріалів та конструкцій, зокрема сталебетонних.

Концентроване розташування листової арматури на зовнішніх гранях сталебетонних конструкцій дає змогу знизити їх масу, зменшити розміри перерізу в порівнянні із залізобетонними конструкціями та одержати економію сталі при однаковій висоті.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Конструкції із зовнішнім армуванням належать до найбільш ефективних і економічних конструкцій. Вони одержали розповсюдження в різних галузях будівництва в нашій країні та за кордоном. Цьому сприяли розширення галузі застосування залізобетону (у тому числі для спеціальних споруд енергетичного та гідротехнічного будівництва), можливість використання зовнішньої арматури як опалубки при монолітному засобі збудування, що визначає техніко-економічну ефективність таких конструкцій.

Широке застосування сталебетонних колон стримується через недостатню розробленість способів розрахунку, які повинні відображати особливості зовнішнього поздовжнього навантаження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах [1-3] зазначено важливість упровадження конструкцій із зовнішнім армуванням як найбільш економічних конструкцій у порівнянні з традиційними залізобетонними. Економічність таких конструкцій забезпечується за рахунок більш раціонального використання матеріалів.

У науковій праці [1] відмічено, що армування бетону зовнішньою оболонкою сприяє підвищенню міцності такого конструктивного елемента, як сталебетон. Досягаються найкращі показники щодо роботи бетону при навантаженні, у результаті чого зменшуються усадочні деформації і підвищується опір бетону дії агресивного середовища.

У роботі [2] надано дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів, які містяться у складі сталебетонних конструкцій. Показано вплив матеріалів на несучу здатність і деформації сталебетонних елементів. Визначені геометричні характеристики поперечного перерізу конструкції із сталебетону. Показані теоретичні рішення для оцінки напружено-деформованого стану згинаючих стрижнів з урахуванням об'ємного напруженого стану бетонного ядра.

У роботах [3-5] розроблено методику розрахунку сталебетонних елементів прямокутного поперечного перерізу на міцність при осьовому стиску. Показано взаємодію сталльної оболонки і бетонного ядра, яке працює

в умовах об'ємного напруженого стану зі змінними параметрами деформування. Наведені числові розрахунки напружено-деформованого і граничного стану перерізу сталобетонної конструкції.

**Визначення мети та задачі дослідження.** У даному дослідженні необхідно було визначити вплив способів передачі зовнішнього поздовжнього навантаження на несучу здатність сталобетонних коротких колон прямокутного перерізу.

Основна задача дослідження така:

- розроблення способу розрахунку сталобетонних колон на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на кожний конструктивний елемент окремо;
- визначення наявності сил зчеплення між бетоном і сталлю та їх вплив на несучу здатність сталобетонних колон;
- перевірка міцності сталобетонних балкових конструкцій при роботі на згин, з визначенням сил зсуву по площині з'єднання листової арматури і бетону по довжині балки;
- одержання експериментальних даних про вплив способів передачі поздовжнього навантаження на характер деформування та зруйнування сталобетонних колон.

**Основна частина дослідження.** У наведеному дослідженні виконано таке:

- розроблені способи розрахунку сталобетонних колон на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на кожний конструктивний елемент окремо;
- визначено наявність сил зчеплення між бетоном і сталлю та їх вплив на несучу здатність сталобетонних колон;
- перевірено міцність сталобетонних балкових конструкцій при роботі на згин, з визначенням сил зсуву по площині з'єднання листової арматури і бетону по довжині балки;
- одержано експериментальні дані про вплив способів передачі поздовжнього навантаження на характер деформування та зруйнування сталобетонних колон.

Експериментальні дослідження сталобетонних зразків проведені на осьовий стиск при передачі поздовжнього навантаження на бетон і сталь одночасно; на сталю об'єму

в зразку, заповненому бетоном; на сталю об'єму в зразку без бетонного ядра.

При таких способах передачі навантажень на поздовжніх сторонах пластин об'єми згинаючі моменти відсутні. Це дає змогу розглядати металеву об'єму як окремі шарнірно-оперті пластини, завантажені в поздовжньому і в поперечному напрямках. При цьому припускається, що односторонні контактні зв'язки між заповнювачем і об'ємою не перешкоджають згину пластин назовні.

Центрування колон у процесі випробування виконували згідно з показниками тензодатчиків. Колони завантажувалися етапами з витримками для зняття показників вимірювальних приладів. Відрахування за приладами починали знімати з початку навантаження.

Розглянемо приклад передачі сили одночасно на сталь і бетон (рисунк).

Запишемо умови рівноваги:

$$N_s + N_c = N_{Ed}, \quad (1)$$

де  $N_s$  – розрахунковий опір сталевій оболонки за нормального зусилля;  $N_c$  – розрахункове нормальне зусилля стиску у бетонному ядрі;  $N_{Ed}$  – розрахункове значення зовнішньої прикладеної осьової сили.

Умова сумісності деформацій:

$$\Delta L_c = \Delta L_s,$$

$$\frac{N_s L}{E_s A_s} = \frac{N_c L}{E_c A_c}, \quad (2)$$

де  $E_s$  – розрахункове значення модуля пружності сталевій оболонки;  $E_c$  – модуль пружності бетону;  $A_s$  – площа поперечного перерізу сталевій оболонки;  $A_c$  – площа поперечного перерізу бетону.

Площа перерізу оболонки:

$$A_s = 2bh + 2(b - 2h)h = 4h(b - 2h). \quad (3)$$

Площа перерізу бетону:

$$A_c = (b - 2h)^2. \quad (4)$$

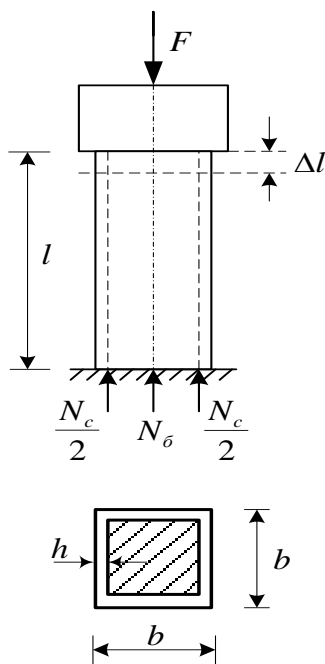


Рис. 1. Приклад передачі сили одночасно на сталь і бетон

Розмір поперечного перерізу бетону після деформації визначається так:

$$b'_c = b_c \cdot \varepsilon'_c = b_c \nu_c \varepsilon_c = b_c \nu_c \frac{N_c}{E_c A_c} = \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{b_c}{A_c} = \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{1}{b - 2h} \quad (5)$$

Внутрішній розмір поперечного перерізу оболонки:

$$b'_s = b_c \cdot \varepsilon'_{au} = b_c \nu_s \varepsilon_{au} = b_c \nu_s \frac{N_s}{E_s A_s} = \frac{\nu_s N_s}{E_s} \cdot \frac{1}{4h} \quad (6)$$

Сили зчеплення, які припадають на кожен елементарну ділянку  $\ell$ , визначаються наступним чином

$$\frac{b'_s - b'_c}{2} = \frac{\frac{\nu_s N_s}{E_s} \cdot \frac{1}{4h} - \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{1}{b - 2h}}{2} = \frac{\nu_s N_s}{E_s} \cdot \frac{1}{8h} - \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{1}{2(b - 2h)} \quad (7)$$

У сталобетонних колонах наявність обойми, яка є опором переміщенню бетону в поперечному напрямку, приводить до збільшення міцності бетону, а наявність заповнювача всередині оболонки збільшує її стійкість. Бетон і сталь у такому сполученні створюють найбільш сприятливі умови для спільної роботи.

Сталобетонні зразки були випробувані при передачі поздовжнього навантаження на

бетон і сталь одночасно при наявності і відсутності сил зчеплення; на бетон; на сталеву обойму у зразку, який заповнений бетоном; на одному торці на бетон, на другому – на сталь; на сталеву обойму у зразку без бетонного ядра.

У процесі випробувань замірялися поздовжні і поперечні деформації сталеві обойми. Для цього по всьому периметру середнього перерізу у поздовжньому і поперечному напрямках наклеювалися тензодатчики.

Результати випробувань сталених обойм у зразках без бетонного ядра показують, що розрахунки критичних напружень і границі несучої здатності надають надмірну, у порівнянні з експериментальними результатами, відносну помилку, яка не перевищує 15 %.

У результаті проведених експериментальних досліджень у зразках були визначені граничні навантаження, при яких бетонні призми утримувалися у металевих оболонках контактними силами зчеплення між сталлю і бетоном.

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** Проведений аналіз одержаних результатів дає змогу зробити такі висновки:

1. Розроблена і експериментально перевірена методика розрахунку сталобетонних колон на центральний стиск при передачі навантаження “на бетон”; “на оболонку”;

2. При передачі поздовжнього навантаження на бетон несуча здатність сталобетонних колон складає в середньому 0,8 від несучої здатності при передачі навантаження одночасно на бетон і оболонку.

Порівняння з несучою здатністю бетонних колон показує, що наявність обойми надає можливість збільшити несучу здатність сталобетонних колон у середньому у два рази;

3. Несуча здатність при передачі навантаження на обойму складає в середньому 0,46 від несучої здатності при завантаженні бетону й обойми одночасно і перевищує в середньому в 1,9 разу несучу здатність порожніх колон;

4. Результати випробувань сталобетонних колон, у яких відсутнє зчеплення між бетоном і сталлю, на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на бетон і сталль одночасно, показують, що сили зчеплення не виявляють істотного впливу на їх несучу здатність.

Використання в будівництві сталобетонних колон прямокутного перерізу, в основу конструкції яких покладені розроблені способи розрахунків, дає змогу при більших навантаженнях та обмежених розмірах поперечних перерізів знизити витрату сталі на 28-35 % у порівнянні із залізобетонними колонами.

### *Список використаних джерел*

1. Грушко, И.М. Повышение прочности и выносливости бетона [Текст] / И.М. Грушко, А.Г. Ильин, Э.Д. Чихладзе. – Харьков: Изд-во при Харьковском гос. университете, 1986. – 150 с.
2. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції [Текст] / Л.І. Стороженко, О.В. Семко. – Полтава, 2001. – 55 с.
3. Чихладзе, Э.Д. Расчет сталобетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Бетон и железобетон. – 1993. – № 1. – С. 13-15.
4. Лопатто, А.Э. О свойствах бетона, твердеющего в замкнутой обойме, и жесткости трубобетонных элементов [Текст] / А.Э. Лопатто // Строительные конструкции. – К., 1973. – С. 232.
5. Глазунов, Ю.В. Вплив способів передачі поздовжнього навантаження на несучу здатність сталобетонних коротких колон прямокутного перерізу [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харків, 1997. – 22 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Плуґін

---

Глазунов Юрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры строительной механики та гидравлики Української державної академії залізничного транспорту. Контактний тел.: (057) 730-10-70. E-mail: budmekh@ukr.net

Glazunov Yuri, cand. of techn. sciences, docent chair builds mechanic and hydraulic Ukrainian State Academy Railway Transport. Contact telephone: (057) 730-10-70. E-mail: budmekh@ukr.net