

У зразках 1,2 і 3 серій спостерігалась більша морозостійкість. Вона збільшувалась для видів, тужавіння яких проходило при вищих температурах. Навіть при температурі тужавіння $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ морозостійкість всіх зразків була достатньою.

В зразках 5 серії вживали звичайний портландцемент і традиційні добавки – хлористий натрій і кальцій.

Висновки. 1. Аналіз результатів дослідів показує, що бетони на безгіпсовому портландцементі мають більшу щільність. Істинна пористість знижується на 25–35 %, максимальне об'ємне водопоглинення зменшується на 10–35 %. Поровий простір бетонів, виготовлених з використанням безгіпсового портландцементу, характеризуються зменшенням розміру пор і вищою однорідністю капілярів матеріалу за розмірами.

2. Якщо порівняти морозостійкість 2 і 3 серії бетонних зразків із різними добавками і однаковою температурою тужавіння після виготовлення ($-15\text{ }^{\circ}\text{C}$), то у зразках 2 серії вона вища, що підтверджує доцільність і економічність запропонованого методу зимового бетонування. Причому кількість добавок у зразках 2 серії удвічі менша.

Використання в монолітному будівництві бетону на безгіпсовому портландцементі з КХД дає змогу розширити температурний інтервал його тужавіння до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, значно (у 2–3 рази) прискорює набір міцності бетону, що дає можливість збільшити обертання опалубки і зменшити терміни будівництва.

1. Шпынова Л.Г. Энергосберегающая технология монолитного бетонирования с использованием безгипсового портландцемента: Информ. листок о научно-техн. достижении. – Львов, 1988. 2. Саницкий М.А. Безгипсовые портландцементы с регулируемым сроками схватывания. Аналитический обзор. – М.: ВНИИЭСМ, 1990. – 64 с. 3. Лифанов Н.С., Шеретюков Н.Г. Метрология, средства и методы контроля качества в строительстве: Справочное пособие. – М.: 1979. 4. Усов Б.И., Бигун Г.Г. Исследование бетонов, твердеющих при отрицательных температурах // Вестн. Львов. Политехн. ин-та. – 1989. – № 233. – С. 103–106.

УДК 624,014,2

М.Р. Більський, М.В. Котів

Національний університет Львівська політехніка,
кафедра будівельного виробництва

РЕГУЛЮВАННЯ ПОСИЛЕННЯ ПОЗДОВЖНЬО-СТИСНЕНИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ СТЯГУВАННЯ РОЗПІРОК

© Більський М.Р., Котів М.В., 2008

Описана методика і приведені результати теоретичних досліджень роботи поздовжньо-стиснутих сталевих конструкцій посилюваних стягуванням розпірок під навантаженням.

The presented papers deals with a specific problem of reconstruction joined metal structures and describe theoretical methods research longitudinal compressed steel designs intensified under the loading.

Актуальність проблеми. Посилення позацентрово стиснутих стрижнів попередньо напруженими розпірками [3] відрізняється від традиційних способів високою економічністю та технологічністю, простотою вирішення вузлів і спряжень, що дає можливість виконувати посилення під експлуатаційним навантаженням. Це особливо важливо при виконанні будівельно-

монтажних, реконструктивних робіт в умовах діючих цехів і підприємств. Застосування цього способу посилення можливе із збільшенням поперечних перерізів сталевих колон [1]. Зусилля попередньо напружених додаткових елементів (розвантаження посилюваного стержня) в цьому випадку залежить від величини початкової стрілки перегину розпірки f_p (рис. 1). Тому необхідно знайти її величину з врахуванням деформаційної схеми системи колона-розпірка. Для розв'язання цієї задачі необхідно було провести експериментальні [2] та теоретичні дослідження.

Аналіз останніх досліджень. Експериментальні дослідження роботи колон [2], посилені під навантаженням напружувальними елементами (розпірками), проводились при величинах початкових стрілок перегину розпірок, що визначались шляхом підбору.

Метою роботи було дати уточнений розрахунок величини стрілки перегину розпірки залежно від зовнішнього навантаження та потрібної величини регульовального зусилля N_y .

Задача досліджень полягала у врахуванні деформованої схеми роботи основного і посилюючого стрижнів при стягуванні розпірок і визначенні їхніх силових параметрів.

Виклад основного матеріалу досліджень. Прогин посередині стрижня, стисненого силою N_c , прикладеною з ексцентриситетом e_c до його посилення f_1 , визначається за відомою формулою

$$f_1 = e_c \left(\frac{1}{\cos \frac{Kl}{2}} - 1 \right), \quad (1)$$

де I_c – момент інерції поперечного перерізу непосиленого стрижня; $K^2 = N_c / El_c$

Після щільного притиснення розпірки до стрижня, що підсилюється по всій його довжині, прогин останнього посередині зменшиться до деякої величини f_2 .

Рівняння спільних деформацій посилювального та посилюваного елементів.

Осьова деформація посилюваного стрижня (рис. 2) від зменшення в ньому стискального зусилля на величину N_y дорівнюватиме

$$Dl_N = N_y l / E_c I_c, \quad (2)$$

де l – довжина елемента посилення (приймається, що підсилення проводиться по всій довжині); A_c – площа посилюваного стрижня; N_y – зусилля розвантаження посилюваного стрижня.

Переміщення одного кінця посилюваного стрижня відносно другого від зменшення прогину стрижня (рис. 2).

$$Dl_f = Dl_f^{\Pi} - Dl_f^K, \quad (3)$$

де Dl_f^{Π} – зближення кінців основного стрижня до посилення при отриманні ним прогину f_1 ;

Dl_f^K – те саме після передачі на нього зусилля N_y і отримання ним прогину f_2 .

Описуючи вигнуту вісь стрижня до і після його посилення півхвилею синусоїди, отримуємо

$$Dl_f^{\Pi} = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy_1}{dx} \right)^2 dx; \quad Dl_f^K = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy_2}{dx} \right)^2 dx.$$

Підставляючи значення Dl_f^{Π} та Dl_f^K до рівняння (3), після деяких перетворень отримаємо

$$Dl_f = p^2 (f_1^2 - f_2^2) / 4l; \quad (4)$$

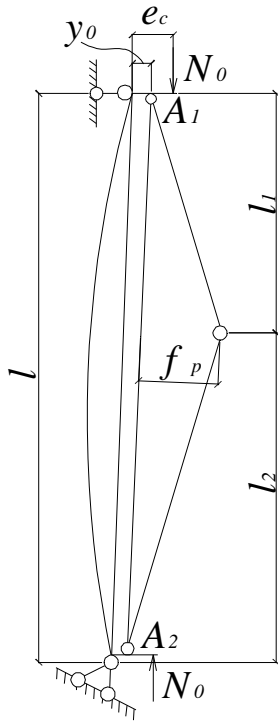


Рис. 1. Розрахункова схема підсилюваного елемента та розпірки перед підсиленням

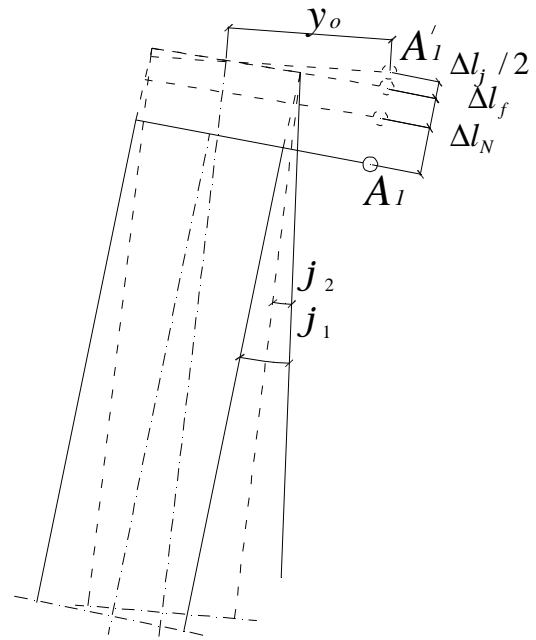


Рис. 2. Деформація підсилюваного елемента при підсиленні. Суцільними лініями показано положення стрижня до підсилення, пунктирними – після сприйняття ним зусилля N_y

Взаємне переміщення точок A_1 , A_2 , (точок передачі зусилля N_y) основного стрижня від зміни кутів нахилу опорних перерізів, в допущенні малості цих кутів

$$Dl_j = 2y_0(j_1 - j_2), \quad (5)$$

де y_0 – відстань від центра ваги посилюваного стрижня до точки передачі зусилля N_y в кінці елемента; j_1, j_2 – кути зміни нахилу опорних перерізів стрижня, відповідно, до і після передачі розвантажувального зусилля.

$$j_1 = dy_1 / dx = (f_1 \sin px / l)' = \frac{p}{l} f_1 \cos \frac{px}{l}.$$

При $x=0$, $j_1 = \frac{p}{l} f_1$, аналогічно $j_2 = \frac{p}{l} f_2$. Відповідно

$$Dl_j = 2y_0 \frac{p}{l} (f_1 - f_2). \quad (6)$$

У кінцевому результаті відстань між точками A_1 і A_2 кінців посилюваного елемента від передачі на нього зусилля N_y збільшиться на величину

$$Dl_c = N_y l / E_c A_c + \frac{p^2}{4l} (f_1^2 - f_2^2) + 2y_0 \frac{p}{l} (f_1 - f_2). \quad (7)$$

Підсилювальний стрижень-розпірка внаслідок сприйняття ним стискаючого зусилля N_y та отримання від прямолінійного положення прогину f_2 отримає повздовжнє осьове скорочення

$$Dl_y = N_y l / E_y A_y + p^2 f_2^2 / 4l \pm 2b_1 \frac{p}{l} f_2. \quad (8)$$

Третій доданок у цій формулі береться із знаком “+” якщо точка A розміщена відносно центра ваги розпірки у бік від центра ваги основи стрижня, і знак “-” – в іншому випадку. Оскільки A'_1, A'_2 на обох елементах збігаються, то спільні взаємні втрати, на які необхідно збільшити довжину розпірки, будуть

$$Dl = Dl_c + Dl_y. \quad (9)$$

Після підстановки відповідних значень і деяких перетворень отримаємо

$$Dl = N_y l \left(1/E_c A_c + 1/E_y A_y \right) + f_1^2 p^2 / 4l + \frac{2p}{l} (y_0 f_1 - e_p f_2) \quad (10)$$

де e_p – відстань від центра ваги посилюваного елемента до центра ваги розпірки.

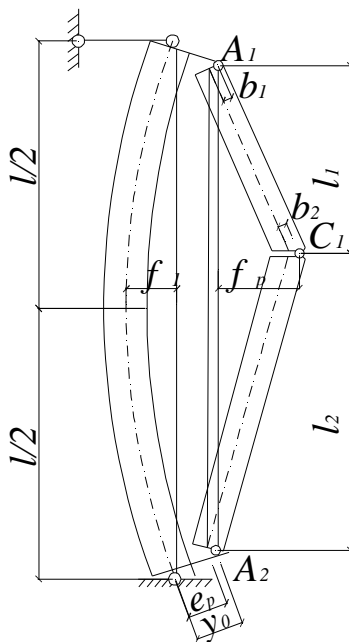


Рис. 3. Положення елементів перед підсиленням

Визначимо початкову стрілку прогину розпірки f_p (віддаль від середнього шарніру розпірки до лінії, що з'єднує точки A_1 і A_2 передачі зусилля N_y (рис. 4). Загальні переміщення Δl можна компенсувати тільки за рахунок збільшення довжини розпірки шляхом її перегину на величину f_p .

Відповідно до рис. 4

$$A_1 C_2 + A_2 C_2 + Dl = A_1 C_1 + A_2 C_1 \quad (11)$$

оскільки

$$A_1 C_2 = \sqrt{l_1^2 + (b_2 - b_1)^2}, \quad (12)$$

$$A_2 C_2 = \sqrt{l_2^2 + (b_2 - b_1)^2}, \quad (13)$$

$$A_1 C_1 = \sqrt{l_1^2 + f_p^2}, \quad (14)$$

$$A_2 C_1 = \sqrt{l_2^2 + f_p^2}, \quad (15)$$

То, розв'язавши систему рівнянь (11)–(15) відносно f_p , після деяких спрощень і нехтування величинами другого порядку, отримаємо:

$$f_p = \sqrt{\frac{2l_1 l_2 Dl}{l_1 + l_2} + (b_2 - b_1)^2}. \quad (16)$$

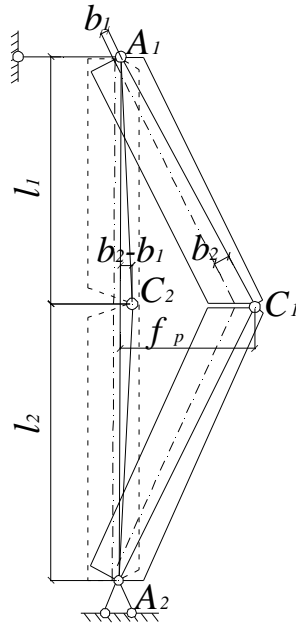


Рис. 4. Схема визначення початкової стрілки перегину розпірки.
Переміщення точок A_1 , A_2 умовно не показано

Якщо розріз розпірки виконаний посередині, то:

$$f_p = \sqrt{\frac{l_p D l}{2} + (b_2 - b_1)^2}. \quad (17)$$

Тут $l_p = l_1 + l_2$.

Отримані формули є приблизними, оскільки в процесі перетворень довелося знехтувати рядом величин. Тому для визначення точності отриманих результатів за формулою (17) порівнюємо їх з результатами точного розв'язку рівняння (11)–(15) при перегині розпірки посередині і при різних відношеннях $\frac{b_2 - b_1}{Dl}$ та $\frac{l}{Dl}$.

Результати порівняння наведено в таблиці.

Порівняння результатів, визначених за формулами (14), (15)

| | $(b_2 - b_1)/\Delta l = 0$ | | | | $(b_2 - b_1)/\Delta l = 30$ | | | |
|---------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| l/Dl | 500 | 400 | 300 | 200 | 500 | 400 | 300 | 200 |
| $f_p/\Delta l(17)$ | 15,81 | 14,14 | 12,25 | 10,00 | 33,91 | 33,17 | 32,40 | 31,62 |
| $f_p/\Delta l(11) - (15)$ | 15,82 | 14,15 | 12,26 | 10,00 | 33,94 | 33,20 | 32,46 | 31,69 |
| Розбіжність, % | 0,06 | 0,07 | 0,08 | - | 0,09 | 0,09 | 0,17 | 0,22 |

Як бачимо, навіть при таких великих співвідношеннях $(b_2 - b_1)/\Delta l = 30$ при $l/Dl = 200$, які на практиці зустрічаються дуже рідко, похибка розрахунків f_p за формулою (17) не перевищує 0,3 %.

Висновки: 1. Отримані формули розрахунку величини початкової стрілки перегину напружувальних стрижнів-розпірок, що дають можливість отримати потрібні розрахункові зусилля розвантаження стрижнів, що підсилюються. 2. Порівняння точних та наближених результатів

розрахунку геометричних параметрів розпірок дають підстави вважати їх прийнятними для проектування посиленних поздовжньо стиснених сталевих конструкцій під навантаженням.

1. Клименко Ф.Е., Барабаш В.М., Стороненко Л.І. *Металеві конструкції*. – 2-ге вид. – Львів: Світ, 2002. 2. Більський М.Р. *Експериментальні дослідження поздовжньо стиснутих сталевих конструкцій, посилення під навантаженням* // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2004. – № 520. – С. 9–16.3. А. с. 100439 СССР, МКН 37.3/03. *Способ усиления колон* / Н.М. Онуфриев. – Оубл. Бюл. // *Открытия. Изобрет.* – 1955. – № 4.

УДК 624. 014. 2

М.Р. Більський, М.В. Котів, Р.М. Котів
Національний університет Львівська політехніка,
кафедра будівельного виробництва

РОБОТА МЕТАЛЕВОГО СТРИЖНЯ ВІДКРИТОГО ПРОФІЛЮ, НАПРУЖУВАНОВОГО ЗАТЯЖКОЮ

© Більський М.Р., Котів М.В., Котів Р.М., 2008

Наведено результати дослідження роботи регулюючих сталевих елементів посилення стиснених сталевих стрижнів при реконструкції металевих каркасів будівель та споруд.

In this article resumed research results of work of regulative steel elements of strengthening of the compressed steel bars at the reconstruction of metallic frameworks of buildings.

Актуальність проблеми. Посилення сталевих конструкцій методом регулювання зусиль може дати істотну економію металу й можливість робити посилення під експлуатаційним навантаженням. Для посилення поздовжньо стиснених сталевих конструкцій дуже важливим є зменшення їх прогинів, що дає можливість збільшити їх стійкість. Цього можна досягти, застосувавши напружувані стрижні.

Аналіз останніх досліджень і не вирішені раніше частини проблеми. Методи посилення сталевих конструкцій передбачають збільшення поперечних перерізів і зміну конструктивної схеми [1]. Посилення поздовжньо стиснених сталевих конструкцій (стояків, колон) найпоширеніших практично важливих діапазонів гнучкостей у більшості випадків виконують збільшенням їх поперечного перерізу [1–3], що для малих гнучкостей не пов’язано з регулюванням зусиль, зате для середніх і великих гнучкостей таке регулювання доцільне [3]. Проте робота напружування регулюючих стрижнів вивчена недостатньо.

Регулювання зусиль за допомогою попереднього напруження при посиленні стиснених сталевих конструкцій зменшує їхні прогини [3]. Для досягнення максимального значення величини регулюючого зусилля необхідно детальніше вивчити роботу посилюючого пристрою стрижень–затяжка в процесі його виготовлення, напруження.

Мета роботи і задачі дослідження. Метою роботи є уточнення напружено-деформованого стану посилюючого стрижня в процесі його виготовлення. Основними завданнями дослідження були:

- а) перевірка стійкості елементів посилення в процесі його напруження, стиску затяжкою;
- б) теоретично обґрунтування розрахунку напружуваних затяжкою стрижнів.

Виклад основного матеріалу. В процесі виготовлення регулюючих елементів видовження затяжки при її натягуванні виводиться за межі довжини елемента, що напружується. Останній може бути з однією або двома діафрагмами, установленими відповідно посередині і в третинах його довжини.