

Враховуючи умови місця розміщення утеплювача, рекомендується мінераловатні плити гідроізолювати шаром гарячого бітуму або використовувати матеріали з закритими порами, для яких гідроізоляція не потрібна – плити з екструдованого піностиролу, пінополіуретан.

1. ДБН В. 2.6-31-2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляції будівель – К.: Держбуд України, 2006, – 71 с. 2. Семко О.В. Вплив теплозахисних заходів на тепловий режим фундаментів та підлоги на ґрунті / О.В. Семко, В.В. Чернявський, О.І. Філоненко // Комунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. трудов. – Харьков: ХНАГХ.– 2009. – Вып. №86. – С. 19–22. 3. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с. 4. Гиндоян А.Г. Тепловой режим конструкций полов. – М.: Стройиздат, 1984. – 222 с. 5. Семко О.В. Аналіз внутрішніх засобів зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті / О.В. Семко, О.І. Філоненко // збір. наук. пр. (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ.– 2008. – Вып.21. – С. 100–105. 6. Філоненко О.І. Аналіз зовнішніх засобів зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ПГАСА, 2008. – Вып. 47. – С. 677–684.

УДК 624.012

Є.С. Царьов, З.Я. Бліхарський, Р.Є. Хміль  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЗАЦЕНТРОВО-СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПІДСИЛЕНИХ ЗА ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ

© Царьов Є.С., Бліхарський З.Я., Хміль Р.Є., 2011

Наведено результати досліджень позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів, зокрема підсиленних за дії навантаження. На підставі отриманих результатів побудовані графічні залежності. Проведено порівняння експериментальних та теоретичних величин міцності та деформативності.

**Ключові слова:** позацентрово-стиснутий, залізобетонні елементи, графічні залежності, міцність, деформативність.

The results of research eccentrically-compressed reinforced-concrete elements reinforced under the effect of the load are presented. Based on these results the graphical dependence is constructed. Comparison of experimental and theoretical values of strength and deformability is conducted.

**Key words:** eccentrically-compressed, reinforced concrete element, graphical dependence, strength, deformability.

**Постановка проблеми.** Сьогоднішні у нашій країні проводяться масштабні перетворення в економічній сфері, що пов'язано з появою нової техніки, впровадження сучасних технологій та послуг. В умовах промислових підприємств технологічне переозброєння найчастіше пов'язане зі збільшенням навантаження від устаткування на несучі конструкції, що викликає потребу перепланування будинків і вимагає оцінки дійсної несучої здатності будівельних конструкцій. Іншою причиною відновлення або підсилення конструкцій є забезпечення ресурсу працездатності експлуатованих будинків і споруд за наявності в конструкціях силових і корозійних пошкоджень. Також все більшої шкоди економіці країни завдають техногенні катастрофи, аварії та природні катаклізи. Ліквідація наслідків руйнувань стає одним із завдань, що безпосередньо пов'язане з питаннями відновлення несучої здатності та підсилення пошкоджених конструкцій.

Роботи з підсилення та відновлення несучої здатності залізобетонних конструкцій вимагають розроблення відповідних методик розрахунку, які повинні враховувати сукупність таких чинників впливу, як технологічні впливи під час проведення будівельних та відновлювальних робіт, передісторію навантаження конструкцій, фізичну нелінійність роботи матеріалів тощо. Це можливо вирішити на підставі експериментально-теоретичних досліджень силового й несилового опору бетонних та залізобетонних конструкцій.

Згідно з чинними нормами розрахунок будинків і споруд виконується за граничними станами і не відображає напружено-деформований стан конструкції в стадії експлуатації, що ускладнює проектування підсилення залізобетонних конструкцій. Тому дослідження позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів, підсилених за дії навантаження є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На сучасному етапі накопичений великий досвід підсилення залізобетонних конструкцій. Розроблено безліч способів і конструктивних рішень підсилення [1–3], які можна умовно розділити на три основні групи:

1. Зміна розрахункової схеми – влаштування додаткових жорстких та пружних опор.
2. Зміна напружено-деформованого стану конструктивного елемента – влаштування попередньо напружених металевих затяжок та розпірок.
3. Збільшення поперечного перерізу елемента – влаштування бетонних та залізобетонних обойм, сорочок та одностороннього нарощування.

Обойми підсилення є найпоширенішими, дешевими і технологічними в процесі виготовлення. Проте немає однозначної методики розрахунку залізобетонних конструкцій, підсилених бетонними та залізобетонними обоймами, особливо за дії навантаження.

Усі існуючі пропозиції з розрахунку підсилених залізобетонних конструкцій можна умовно розділити на такі групи:

1. Розрахунок підсиленої конструкції виконується як для суцільного елемента, при цьому вводяться поправкові коефіцієнти, які враховують напружений стан в основному елементі до підсилення [4].
2. Розрахунок підсиленої конструкції виконується як для суцільного елемента, при цьому вводяться поправкові коефіцієнти, які враховують способи передачі навантаження на обойму [5].
3. Розрахунок виконується за модифікованими формулами СНиП [9], в яких врахування підсилення за дії навантаженням або із частковим розвантаженням враховується за допомогою експериментально-теоретичних коефіцієнтів умов роботи матеріалів [6].
4. Розрахунок виконується для окремо взятого елемента з урахуванням нелінійності деформування та історії навантаження [7].

Варто зазначити, що найпоширеніші інженерні розрахунки підсилення залізобетонних конструкцій ґрунтуються на третій групі, що зводяться до методу граничної рівноваги, при цьому не достатня увага приділяється визначенню напружено-деформованого стану конструкції до підсилення, історії навантаження, технології влаштування обойми, способу передачі навантаження на конструкцію підсилення та врахування сумісної роботи «нового» та «старого» бетону і арматури.

Фактично відсутні експериментальні дослідження позацентрово-стиснутих елементів підсилених бетонними обоймами, зокрема за дії навантаження.

**Мета та завдання дослідження.** Апробувати розроблену методику дослідження позацентрово-стиснутих залізобетонних колон, підсилених за дії навантаження [8]. Отримати експериментальні дані деформацій арматури та бетону залежно від навантаження і на їхній основі побудувати графічні залежності. Порівняти експериментальні значення міцності колон з теоретичними величинами, отриманими за чинними нормами [8].

**Результати дослідження.** Згідно з програмою та розробленою методикою [8] дослідні зразки виготовили та випробували 2-ї серії експериментальних колон, загальною кількістю 8 шт. Перша серія (2 шт.) – це зразкові колони, що випробовували на позацентровий стиск без підсилення

(КЗ-1.1 та КЗ-1.2), друга серія (6 шт.) – це колони, що були підсилені, а саме – без дії навантаження (КПБ-2.1 та КПБ-2.2) і за дії навантаження, що становить 0,3 (КПБ-2.3-0,3 та КПБ-2.4-0,3) та 0,5 (КПБ-2.5-0,5 та КПБ-2.6-0,5) від руйнівного для зразків КЗ-1.1 та КЗ-1.2.

Експериментальні зразки залізобетонних колон прийняті завдовжки 2200 мм, завширшки 140 мм і заввишки 180 мм з консольними виступами для передачі навантаження з ексцентриситетом. Армування симетричне з поздовжньою арматурою класу А400С Ø12 мм. Склад бетону колони прийнятий Ц:П:Щ=1:1,16:2,5 за водоцементного відношення В/Ц=0,375, для бетонної обойми прийнятий бетон – Ц:П:Щ=1:1,26:2,42 за В/Ц=0,35.

Дослідження були умовно поділені на два етапи. На першому етапі випробували колони з першої серії КЗ-1.1 та КЗ-1.2 для визначення дійсної несучої здатності елементів. Також на цьому етапі для визначення міцнісних характеристик матеріалів випробували відібрані взірці арматури та бетонні куби і призми. Межа текучості арматури становила в межах  $\sigma_y=590$  МПа, середня призмova міцність бетону колони становила  $R_b=38,7$  МПа.

На другому етапі досліджували колони, підсилені бетонною обоймою (серія КПБ), зокрема за дії навантаження. Одночасно випробували на міцність взірці бетонних кубів і призм, що були забетоновані з відповідних замісів бетону підсилення. Середня призмova міцність бетону обойми підсилення колони становила  $R_{b,ад}=45,4$  МПа.

Колони випробовували на спеціальному силовому стенді за допомогою гідравлічного домкрата. Завантаження виконували зосередженою силою, прикладеною з ексцентриситетом  $e=150$  мм, по верхній грані консолі колони, ступенями  $N=0,05N_{max}$  з витримкою після кожного ступеня 12 хв.

Деформації бетону замірювали у трьох перерізах (точках) за допомогою 18-ти (для серії КЗ) та 34-х (для серії КПБ) мікроіндикаторів годинникового типу зі шкалою 0,001 мм; деформації арматури заміряли за допомогою 12-ти мікроіндикаторів, що розташовували на тримачах, приварених до арматури в такий спосіб, щоб уникнути контакту з бетоном. Індикатори розташовували з базою 200 мм стосовно дослідних перерізів на висоті  $h\sim 25$  мм від поверхні бетону обойми. Прогини колон замірювали за допомогою 5-ти прогинумірів Аістова 6-ПАО з ціною поділки 0,01. У процесі випробування також вели візуальний контроль за моментом утворення тріщин, шириною розкриття та їх розвитком за допомогою мікроскопа МПБ-2М.

Загальний вигляд залізобетонної колони серії КЗ та КПБ в силовій установці показано на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд дослідної колони серії КЗ (зліва) та КПБ (справа) в стенді для випробувань

Руйнування колон серії КЗ проходило плавно. Тріщини 0,05 мм виникали за навантажень, які дорівнюють 30–40 кН, що становили приблизно 25 % від руйнівного навантаження. Значне відкриття тріщин 0,2 ... 0,3 мм і приріст прогинів спостерігалось за 100–110 кН, а фізичне руйнування пройшло за 164,8 та 160,9 кН. На основі отриманих результатів побудовані графіки деформацій розтягнутої арматури і стиснутого бетону залежно від навантаження. Графічно

отримали величину навантаження, за якого відбулось руйнування колон, що супроводжувалось текучістю арматури з подальшим руйнуванням стиснутого бетону. За руйнівне навантаження прийнято середнє графічно визначене для двох зразків значення, а саме: 141 кН.

Колони з 2-ї серії, що були підсилені без дії навантаження (КПб-2.1 та КПб-2.2), зруйнувалися за схожою схемою, як і колони серії КЗ. Проте за рахунок збільшеного перерізу вони в кінцевому рахунку витримали граничне навантаження 194 та 210 кН. Обойма підсилення майже відразу включилась в роботу і на етапі 60–80 кН зафіксовано фактично однаковий приріст деформацій «нового» і «старого» бетонів. Руйнування пройшло за текучості арматури та подальшого руйнування бетону стиснутої зони.

Наступні колони 2-ї серії були підсилені за дії навантаження 0.3 та 0.5 від руйнівного 141 кН, що становило 42.3 та 70.5 кН відповідно. Після 28 діб твернення бетону обойми колони були випробувані короткочасним навантаженням за розробленою методикою. За збільшення навантаження на 30–40 кН не зафіксовано фактично жодних приростів прогинів і деформацій. Починаючи з 100 кН, в усіх колонах спостерігали рівномірний приріст деформацій арматури та «нового» і «старого» бетонів. За досягнення навантаження близько 235 кН відбулося фізичне руйнування колон, що супроводжувалося значним приростом деформацій та прогинів. Тріщини до навантаження 180 кН були в межах 0.05 ... 0.3 мм і лише на останніх етапах відбулося їхнє значне розкриття до 5 мм.

Характерний вигляд колон після випробувань показано на рис. 2.

На основі отриманих експериментальних даних побудовано графіки максимальних прогинів, деформацій розтягнутої арматури та стиснутого бетону колони залежно від навантаження, а також проведено порівняння несучої здатності з теоретичними величинами, отриманими за чинними нормами. Графіки максимальних прогинів показано на рис. 3, деформацій розтягнутої арматури та стиснутого бетону залежно від навантаження показано на рис. 4, 5.

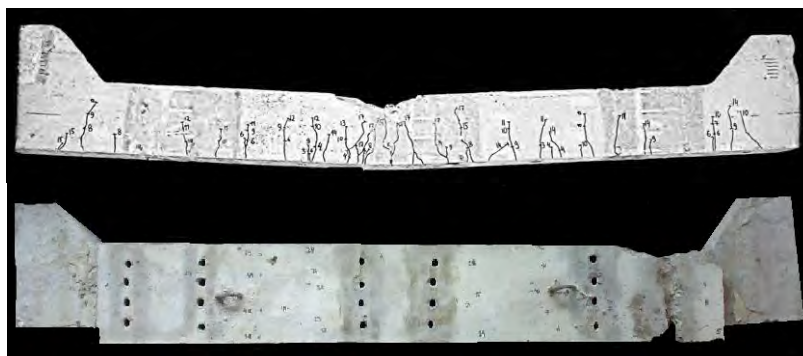


Рис. 2. Характерний вигляд колон після випробувань: серія КЗ (зверху), серія КПб (знизу)

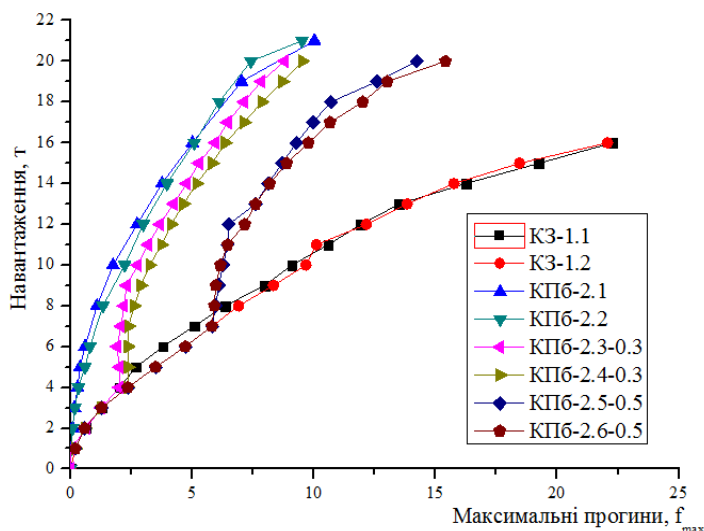


Рис. 3. Експериментальні графіки максимальних прогинів

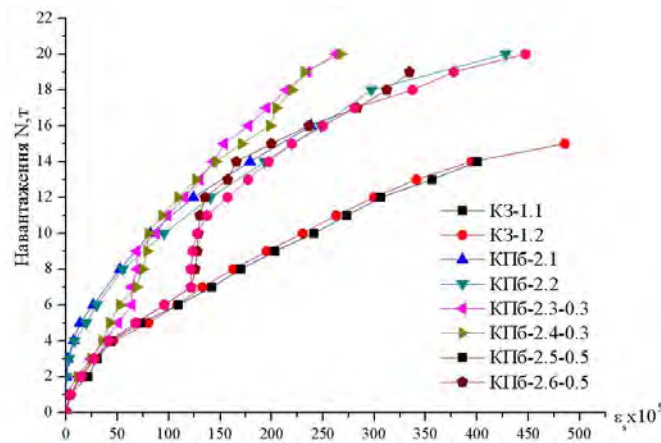


Рис. 4. Експериментальні графіки заміряних деформацій розтягнутої арматури

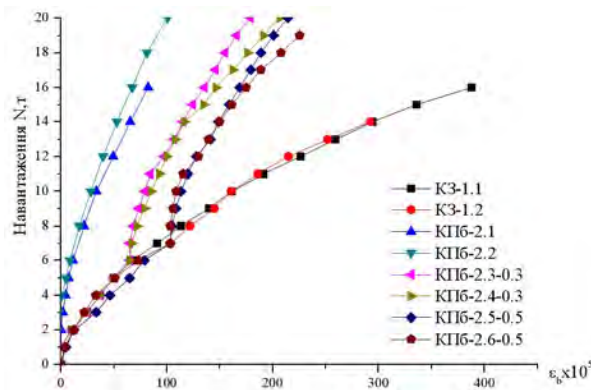


Рис. 5. Експериментальні графіки заміряних деформацій стиснутого бетону колони

Дані експериментальних та теоретичних досліджень міцності наведено в таблиці. Під час розрахунку підсиленого перерізу за СНиП 2.03.01-84\* [9] вважали, що збільшений переріз є суцільним з приведеними фізико-механічними характеристиками «нового» і «старого» бетонів.

#### Несуча здатність залізобетонних колон

№ з/п	Шифр колон	Експериментальна		Теоретична	$\frac{N_u^{exp}}{N_u^{norm}}$
		фізичне руйнування $N_f^{exp}$ , кН	фактична несуча здатність $N_u^{exp}$ , кН	СНиП 2.03.01-84* $N_u^{norm}$ , кН	
1	КЗ-1.1	164.8	142.6	139.1	1.03
2	КЗ-1.2	160.9	139.9	139.5	1.01
3	КПБ-2.1	194.0	157.5	250.2	0.63
4	КПБ-2.2	210.0	165.2	248.8	0.66
5	КПБ-2.3-0,3	235.0	181.2	250.6	0.72
6	КПБ-2.4-0,3	247.0	182.0	251.3	0.73
7	КПБ-2.5-0,5	232.0	167.2	250.0	0.67
8	КПБ-2.6-0,5	228.0	170.3	251.2	0.68

**Висновки.** Апробована методика експериментальних досліджень позacentрово-стиснутих колон, зокрема підсилених за дії навантаження. Отримано експериментальні дані деформацій арматури та бетону залежно від навантаження і на їх основі побудовано графічні залежності. Проведено порівняння експериментальної міцності колон, зокрема в підсилених за дії

навантаження з теоретичними величинами, отриманими згідно з нормами [9]. Встановлено, що методика розрахунку позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів згідно із СНиП дає задовільну збіжність, проте запас міцності становить лише близько 3 %. Для розрахунку підсилених бетонною обіймою позацентрово-стиснутих колон методика СНиП дає завищення результатів до 37 % порівняно з отриманими експериментальними даними.

1. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2008. – 108 с. 2. Гольшев А.Б., Кривошеев П.И., Козелецький П.М. и др.; под. ред. А.Б. Гольшева Расчет и технические решения усиленной железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований. – К.: ЛОГОС, 2008. – 304 с. 3. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: Атлас схем и чертежей. – Томск: Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. – 316 с. 4. Захаров С.Т. Исследование некоторых способов усиления железобетонных колонн с малым эксцентриситетом: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – Л., 1974. – 24 с. 5. Рекомендации по усилению монолитных железобетонных конструкций зданий и сооружений предприятий горнодобывающей промышленности. – М.: Стройиздат, 1974. – 97 с. 6. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Надземные конструкции и сооружения / Харьковский ПСП, НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1992. – 191 с. 7. Бондаренко С.В., Санжаровский Р.С. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий // Стройиздат. – М., 1990. – 352 с. 8. Бліхарський З.Я., Царьов Є.С., Хміль Р.Є. Методика експериментальних досліджень позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів, підсилених при дії навантаження // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса, 2000. – Вип. № 39. – Ч. 2. Зовнішнєрекламсервіс. – Одеса, 2010. – С. 296–301. 9. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТД, 1989. – 80 с.

УДК 624.04:531/534

П.П. Цібеленко

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів

## ДЕФОРМАТИВНІСТЬ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПРОСОЧЕНИХ СІРКОЮ

© Цібеленко П.П., 2011

**Досліджено вплив просочення сіркою кристалічною і полімерною модифікаціями на деформативність бетонних елементів прямокутного січення за дії навантаження. Наведено методику досліджень та експериментальні результати бетонних елементів за вказаних умов.**

**Ключові слова:** сірка, посочування, деформативність, модифікація, мономери.

**Explored influencing of sulphurating by crystalline and polymeric modification on deformability of concrete elements of that rectangular cuts at the action of loading. A research method and experimental results of concrete elements in given at the indicated terms.**

**Key words:** experimental results, polymeric modification, concrete elements.

**Постановка проблеми.** Підвищення довговічності і надійності роботи залізобетонних конструкцій за дії різних агресивних середовищ, кліматичних умов і навантажень є важливим завданням. Одним із ефективних способів підвищення фізико-механічних та інших характеристик