

УДК 624.012

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МІЦНОСТІ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПОЗАЦЕНТРОВО-СТИСНУТИХ КОЛОН  
ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННОЮ ОБОЙМОЮ**

**THE EXPERIMENTAL STRENGTH'S INVESTIGATION OF NON-  
CENTRALLY COMPRESSED REINFORCED CONCRETE COLUMNS  
STRENGTHENED BY REINFORCED CONCRETE JACKET**

**Країнський П.І., аспірант, Хміль Р.Є., к.т.н., доцент, Бліхарський З.Я.  
д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка",  
м. Львів)**

**Krayinskyy P.I., postgraduate student, Khmil R.E., candidate of technical  
sciences, Blikharskyy Z.Y., doctor of technical sciences, (Lviv Polytechnic  
National University, Lviv)**

У статті досліджено збільшення експериментальної несучої здатності  
позацентрово-стиснутих залізобетонних колон, підсиленіх  
залізобетонною обоймою. Розглянуто випадок підсилення повністю  
розвантажених колон.

In this article the increase of experimental strength of non-centrally  
compressed reinforced concrete columns, strengthened by reinforced concrete  
jacketing was investigated. Completely unloaded columns were considered.

**Ключові слова:**

Позацентрово-стиснуті колони, підсилення, залізобетонна обойма.  
Eccentrically-compressed columns, strengthening, reinforced concrete jacket

**Постановка проблеми.** Влаштування залізобетонних обойм є  
традиційним методом підсилення несучих конструкцій. Залізобетонні обойми  
можна використовувати при підсиленні стиснутих, позацентрово-стиснутих  
(колон, стін, простінків) та зігнутих (балки) конструкцій, а також коротких  
консоль, елементів та вузлів кроквяних ферм, вузлів з'єднання колони з  
фундаментом. Обойми можуть використовуватись як для підсилення цілих  
конструктивних елементів так і окремих їх частин, наприклад у місцях  
значних пошкоджень, чи максимальних напружень.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Проблема підсилення будівельних  
конструкцій була завжди актуальною, тому до вивчення цієї теми у своїх  
працях звертаються багато дослідників. Підсилення за допомогою обойм є  
досить поширеним через доступність матеріалів та технологій влаштування

даного типу підсилення та універсальності застосування для різних конструктивних елементів [1]. Підсилення залізобетонними обоймами, зокрема стиснутих та позацентрово-стиснутих елементів, вивчали багато українських та іноземних авторів [2-4]. Проте сучасні вимоги економічного проектування та ефективного використання матеріалів спонукають нас до глибшого вивчення особливостей роботи підсилених конструкцій з метою розробки рекомендацій щодо їх раціонального проектування. Зокрема актуальною є задача розробки на основі експериментальних досліджень методики розрахунку конструкцій, підсилених залізобетонними обоймами у відповідності до нових українських норм проектування [5-7].

**Мета і задачі досліджень.** Основним завданням даного дослідження є експериментальне визначення міцності позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів без підсилення та підсилених залізобетонною обоймою та визначення ефективності системи підсилення.

**Методика досліджень.** Для вирішення поставлених задач було випробувано чотири дослідних зразки залізобетонних колон – по дві колони без підсилення та дві колони після підсилення залізобетонною обоймою.

Дослідні зразки мали наступне маркування: К – колона; З – випробувана без підсилення (звичайна); П – підсилена. Перша група цифр у маркуванні колони вказує на номер серії та порядковий номер колони в ній, а друга на рівень навантаження, при якому виконували підсилення.

Розміри дослідних зразків були прийняті наступними: довжина 2200 мм, ширина 140 мм, висота 180 мм. Дослідні зразки виготовленні з консольними ділянками на обох кінцях для позацентрового прикладання навантаження з ексцентриситетом 150 мм. Робоче армування дослідних колон симетричне - 4 $\varnothing$ 12 A500C, поперечна арматура класу Вр-I, крок поперечної арматури 50...200 мм, бетон зразків важкий класу С30/35. Загальний вид не підсилених колон та конструкція арматурного каркасу подані на рис. 1.

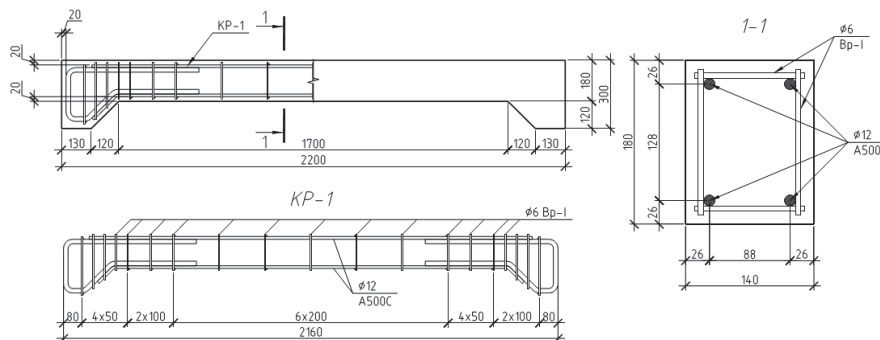


Рис. 1. Опалубне креслення колон та конструкція каркасу зразків.

Обойму підсилення влаштовували на ділянці колони між консолями довжиною 1700 мм. Товщина обойми вздовж менших граней колони складала 40 мм, вздовж більших – 30 мм. В загальному розміри перерізу підсиленого

зразка склали 260×200 мм. Робоче армування обойми підсилених колон симетричне - 4Ø10 A500С, поперечна арматура класу Вр-І, крок поперечної арматури 200 мм. Обойма формувалась з дрібнозернистого важкого бетону класу С32/40. Загальний вид обойми та конструкція арматурного каркасу обойми подані на рис. 2.

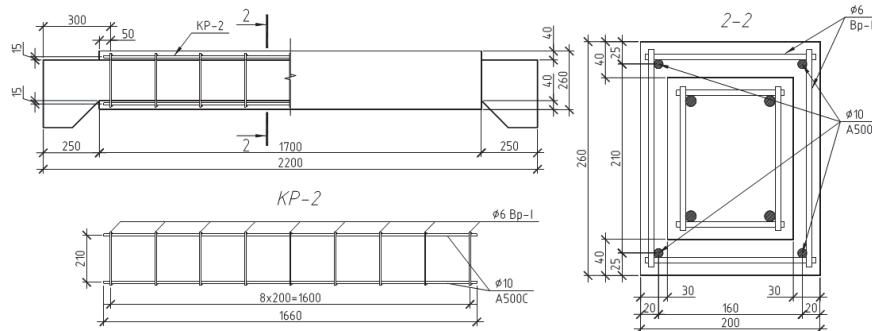


Рис. 2. Опалубне креслення обойми та конструкція каркасу обойми.

Визначення фізико-механічних характеристик сталі стержневої арматури проведено на стандартних зразках, виготовлених з арматурних стержнів каркасів КР-1 колон та КР-2 обойми. Зразки випробували на розривній машині FP 100/1 з одночасним записом діаграми розтягу. Для визначення фізико-механічних характеристик бетону під час формування колон та обойми з того ж замісу були виготовлені бетонні куби з ребром 100 мм та призми 100×100×400 мм. Дослідні зразки колон випробували на позacentровий стиск короточасним навантаженням до руйнування. Випробування виконували у горизонтальному положенні на стенді (рис. 3).

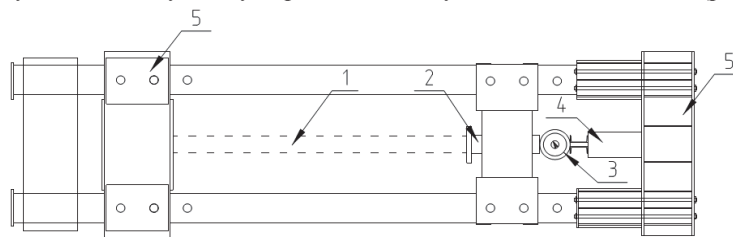


Рис. 3. Стенд для випробування колон:

1 – зразок, що випробовується; 2 – шток; 3 – кільцевий динамометр; 4 – гідравлічний поршень; 5 – силові траверси

Колону у стенді закріплювали шарнірно з обох кінців. Навантаження прикладали з ексцентриситетом 150 мм ступенями з витримкою 10 хвилин, після чого знімали покази всіх приладів. Контроль рівня навантаження здійснювали за допомогою кільцевого динамометра.

Для вимірювання деформацій матеріалів звичайних колон на них було встановлено 11 індикаторів годинникового типу з точністю замірів 0,001 мм.

Крім індикаторів по довжині колони було встановлено 5 прогиномірів типу Аістова для вимірювання вигину зрізця. Схема розташування приладів на базових зразках подана на рис 4.

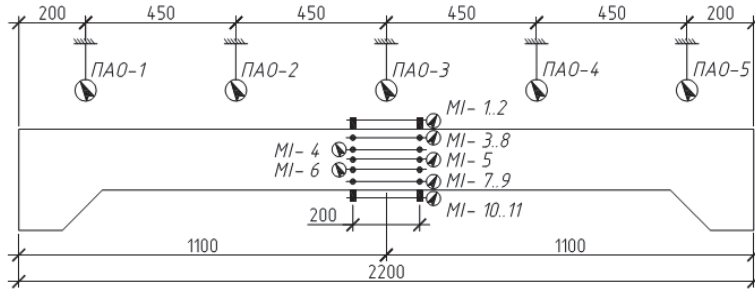


Рис. 4. Схема розташування приладів на непідсиленних зразках.

Для вимірювання деформацій матеріалів (армування, бетону) підсиленних колон на них було встановлено 24 індикатори годинникового типу з точністю замірів 0,001мм. Прилади закріплювали як на матеріалах обидви підсилення, так і на поверхні матеріалів початкового перерізу колони. Аналогічно звичайним зразкам по довжині колони було встановлено 5 прогиномірів типу Аістова для вимірювання вигину. Схема розташування приладів на підсиленних зразках подана на рис 5.

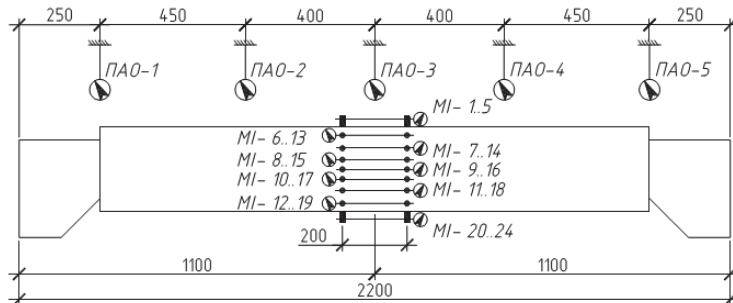


Рис. 5. Схема розташування приладів на підсиленних зразках.

**Результати досліджень.** За отриманими результатами експериментальних випробувань побудовано графічні залежності відносних деформацій розтягнутої арматури та крайньої стиснутої фібри бетону дослідних зразків від прикладеного зусилля  $N$ . Для колон марки КЗ графіки представлено на рис. 6.

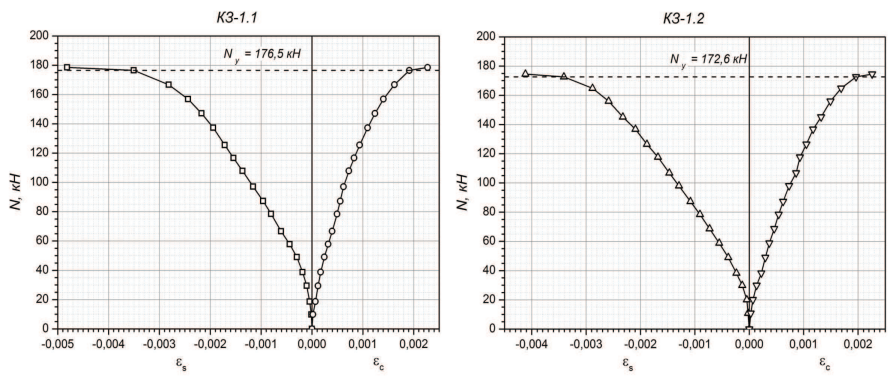


Рис. 6. Відносні деформації арматури та бетону зразків КЗ-1.1 та КЗ-1.2.

У випадку з підсиленими зразками фіксували деформації як матеріалів обойми, так і початкового перерізу колони. Для колон марки КП графіки деформацій а також навантаження, що відповідає початку текучості арматури обойми та колони представлено на рис. 7, 8.

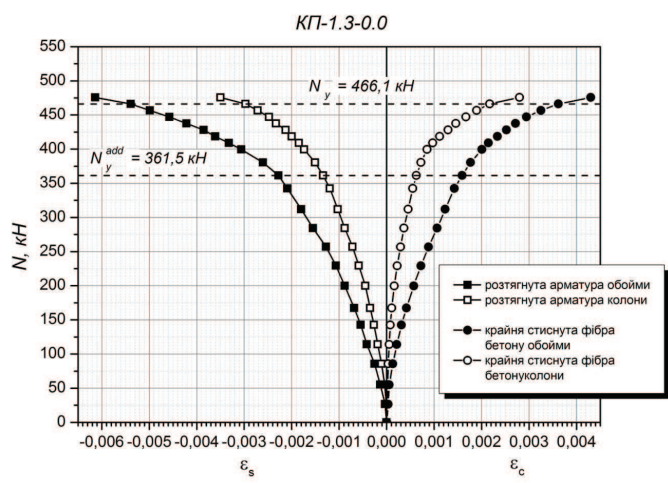


Рис. 7. Відносні деформації арматури та бетону КП-1.3-0.0.

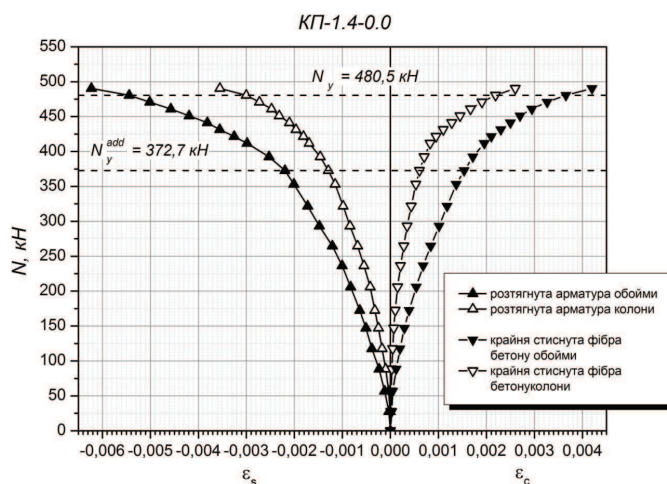


Рис. 8. Відносні деформації арматури та бетону КП-1.4-0.0.

Числові параметри несучої здатності дослідних колон для їх порівняння та визначення ефективності системи підсилення наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Несуча здатність дослідних колон

Марка колони	$N_y$ кН	$\overline{N}_y$ кН	$N_y^{add}$ кН	$\overline{N}_y^{add}$ кН	$\frac{\overline{N}_y^{add}}{\overline{N}_y^{K3}}$	$\frac{\overline{N}_y^{KP}}{\overline{N}_y^{K3}}$
КЗ-1.1	176,5	174,6	-	-	2,10	2,71
КЗ-1.2	172,6		-			
КП-1.3-0.0	466,1	473,3	361,5	367,1		
КП-1.4-0.0	480,5		372,7			

Необхідно зауважити, що після досягнення текучості розтягнутої арматури (рівень навантаження  $N_y$ ) звичайних колон марки КЗ при подальшому навантаженні зразки пластично деформувались до фізичного руйнування бетону при практично незмінному осьовому зусиллі.

У випадку підсилених колон марки КП першою наступала текучість розтягнутої арматури залізобетонної обойми (рівень навантаження  $N_y^{add}$ ) після чого на графіках видно різку зміну жорсткості дослідних зразків. Після настання текучості розтягнутої арматури основного перерізу колони (рівень навантаження  $N_y$ ) характер руйнування зразків марки КП був такий же як і у зразків марки КЗ, тобто пластичне деформування до фізичного руйнування бетону при практично незмінному осьовому зусиллі.

За критерій руйнування підсилених зразків може бути прийнятий момент настання текучості арматури, як основного перерізу колони, так і додаткового перерізу залізобетонної обойми. В залежності від цього змінюється ефект підсилення від 2,71 разів (при  $N_y$ ) до 2,1 рази (при  $N_y^{add}$ ) для наведених умов досліджень.

За результатами проведених експериментальних досліджень, враховуючи схожість характеру фізичного руйнування зразків КПС та КЗ як критерій вичерпання несучої здатності підсилених колон можна прийняти більший рівень навантаження при якому настає текучість арматури, а саме  $N_y$ .

#### **Висновки.**

1. Використання залізобетонної обойми для підсилення позациндрово-стиснутих колон дозволяє суттєво збільшити несучу здатність колон. В наведених умовах досліджень ефект підсилення складає 2.1...2,71 рази і залежить від прийнятого критерію руйнування.

2. За результатами проведених експериментальних досліджень пропонується за критерій вичерпання несучої здатності підсилених зразків приймати рівень навантаження  $N_y$ , при якому настає текучість робочої арматури основного перерізу колони, при цьому ефект підсилення склав 2,71 рази.

1. Гольшев А.Б. Усиление несущих железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований / А.Б. Гольшев, П.И. Кривошеев, П.М. Козелецкий, И.А. Розенфельд, И.Н. Ткаченко. – К.: Логос, 2004. – 219 с.  
2. Бліхарський З.Я. Методика експериментальних досліджень стиснутих залізобетонних елементів на дію короткотривалого навантаження, прикладеного з ексцентриситетом / З.Я. Бліхарський, С.С. Царьов, Р.С. Хміль, В.І. Попович // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2010. – № 662. – С. 50-54.  
3. Теряник В.В. Усиление сжатых железобетонных колонн обоймами / В.В. Теряник, А.О. Борисов // Жилищное строительство. – 2010. – № 2. – С. 24-25.  
4. Фардиев Р.Ф. Результаты экспериментальных исследований внецентренно сжатых элементов, усиленных железобетонной обоймой / Р.Ф. Фардиев, И.И. Мустафин // Сборник статей. Строительная индустрия: вчера сегодня, завтра. – 2010. – МК-36-10. – С. 105-109.  
5. Бетонні та залізобетонні конструкції : ДБН В.2.6 - 98: 2009. – [Чинний від 2011-07-01]. - К.: Мінбудрегіон України, 2011. – 84с. – (Національний стандарт України).  
6. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-156:2010. – [Чинний від 2011-06-01]. - К.: Мінбудрегіон України, 2011. – 118. – (Національний стандарт України).  
7. Країнський П.І. Застосування розрахунку за деформаційним методом при плануванні досліджень стиснуто-зігнутих елементів, підсилених залізобетонною обоймою / Країнський П.І., Хміль Р.С., Бліхарський З.Я. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. – Львів, 2013. - №755. с.198-204.