

УДК 624.012.41

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПОШКОДЖЕНИХ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАМ'ЯНИХ СТОВПІВ

STRESS-STRAIN STATE DAMAGED IN THE OPERATION STONE PILLAR

Клименко Є.В., д.т.н., професор, ORCID ID:0000-0002-4502-8504

Гриньова І.І., аспірантка, ORCID ID: 0000-0001-7637-6029 (Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса)

Klymenko I.V., Doctor of Engineering Science, Professor,

Grynyova I.I., postgraduated (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture)

В ході проведених досліджень було виконано план експерименту за трьома найбільш значущими чинниками, а саме: висота колони, яка корелюється з гнучкістю; глибина пошкодження; кут нахилу фронту пошкодження. Лабораторні дослідження дослідних зразків дозволили встановити вплив вхідних факторів руйнування на несучу здатність та описати деформований стан і експериментально встановити значення руйнуючого зусилля. За оцінками руйнівного навантаження найбільший вплив на несучу здатність надає глибина пошкодження в перетині стовпа.

Based on the analysis of scientific and technical literature and preliminary studies, an experiment was planned on three the most significant factors influencing the residual bearing capacity of damaged stone pillars of a rectangular cross section, namely: depth of damage, angle of inclination of the front of the damage on one of the main axes of the intersections and eccentricity.

To measure the deformation of the masonry, indicators such watch uv-10 point values of 0.01 mm were used. In the laboratory of OSACEA, 15 samples were constructed and tested.

Results of full-scale (laboratory) experiments revealed effects on the carrying capacity of each of the selected factors and mutual influence factors.

Laboratory tests of the test samples allowed to determine the effect of input fracture factors on the bearing capacity and to describe the deformed state and experimentally determine the value of the destructive effort.

According to the estimated damaging load, the greatest impact on the bearing capacity gives the depth of the damage at the intersection of the pillar.

Ключові слова: кам'яні, стовпи, пошкодження, НДС.

Stone, pillars, damage, SSS.

Постановка проблеми. Кам'яні матеріали з давніх часів, поряд з деревом, складають основу будівництва, тому існуючі пам'ятники історії і архітектури в переважній своїй більшості виготовлялися з повнотілої червоної цегли на вапняному і складному розчинах.

Відомо, що значна їх частина розташована в великих містах це історичні центри не тільки українських, а також європейських міст і окремо розташовані будинки та церкви.

Сучасна агресивна екологія, а також інші руйнівні фактори серйозно погіршують фізико-механічні властивості цегляної кладки конструкцій історичних будівель. Це говорить про те, що цегляні будівлі і споруди архітектурної спадщини сьогодні дуже гостро потребують захисту та своєчасної реставрації.

Для подальшої реконструкції або переобладнання існуючих об'єктів з метою їх подальшої експлуатації вимагає в свою чергу наявності нормативної універсальної методики оцінки фактичного стану конструктивних елементів таких будівель і споруд[1]. Чинні норми – ДБН В.2.6-162: 2010 регламентують розраховувати такі елементи з урахуванням нелінійності деформування, однак вони не дають рекомендацій щодо розрахунку пошкоджених елементів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені протягом останніх років в Одеській державній академії будівництва та архітектури дослідження роботи стиснутих і зігнутих пошкоджених в процесі експлуатації конструкцій дозволили описати їх напружено деформований стан та розробити методику розрахунку залишкової несучої здатності. Вивчено особливості роботи кам'яної кладки з різних видів каменю і розчину, а також фактори, що впливають на її міцність[2-4]. Однак, складність явища, з якою довелося зіткнутися під час вирішення задачі оцінювання залишкової несучої здатності пошкоджених елементів, виявилася суттєвою, тому до теперішнього часу відсутня теорія позацентрового стиснення кладки, а практичне вирішення завдання звелось до розробки емпіричних розрахункових формул.

Мета роботи. Експериментальне дослідження деформованого стану та визначення несучої здатності пошкоджених в процесі експлуатації позацентрово стиснутих з різними ушкодженнями кам'яних стовпів.

Об'єкт досліджень. Об'єктом досліджень є процес деформування і руйнування пошкоджених в процесі експлуатації позацентрово стиснутих з різними пошкодженнями кам'яних стовпів.

Основна частина. Для досягнення поставленої мети було виготовлено і випробувано 15 дослідних зразків із заздалегідь змодельованими ушкодженнями.

Аналіз науково-технічної літератури та попередньо проведені дослідження дозволили визначити найбільш впливові на несучу здатність види пошкодження та їх варіювання. Основними факторами обрані: кут нахилу фронту пошкодження щодо однієї з головних соєю перетинів $\theta(x_1)$, глибина пошкодження $a(x_2)$ та ексцентриситет $e_0/h(x_3)$. Графічне зображення варійованих факторів на рис. 1. Зашифроване уявлення варійованих факторів наведено в таблиці 1.

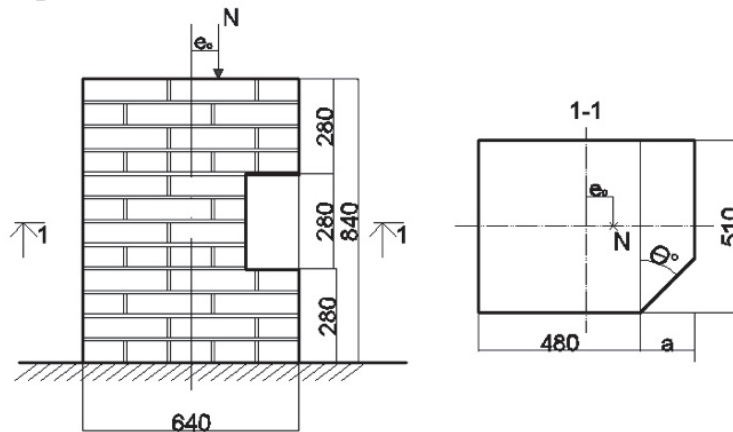
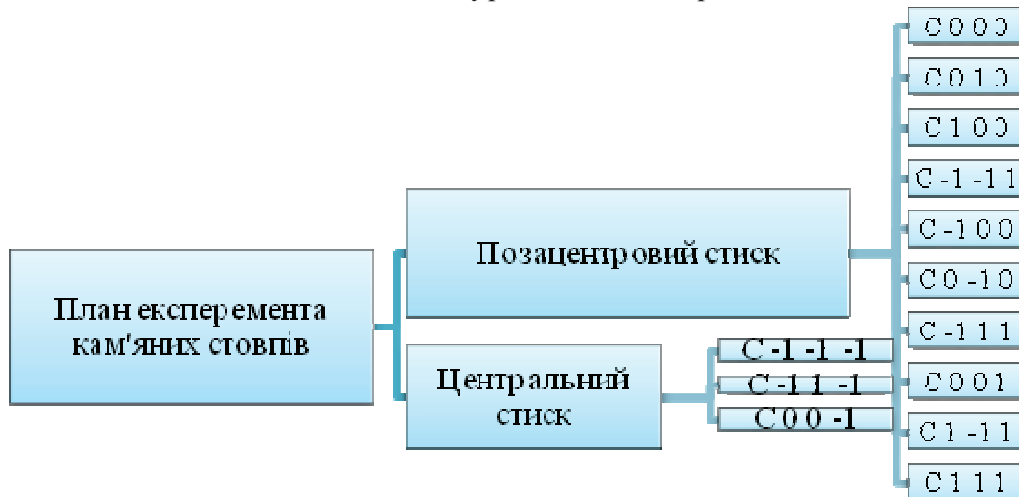


Рис. 1 Схема моделювання пошкоджень зразка-стовпа

Таблиця 1

Номенклатура дослідних зразків



Табличне представлення варійованих факторів наведено в таблиці 2.

Випробування зразків проводилось дією статичного короткотривалого навантаження до руйнування, що дозволило спостерігати всі стадії їх роботи. Випробування стовпчиків на короткочасну дію стискаючого навантаження проводилось на 500-тонному гідравлічному пресі типу 2ПГ-500 №37 (м. Армавір), шкала на 200тс, ціна поділки 666 кгс.

Варіювання вхідних факторів

вхідний фактор			рівні варіювання			розмах варіювання	інтервал варіювання
код	значення	Од. вим.	«-1»	«0»	«1»		
x_1	кут нахилу фронту пошкодження θ	град.	0	22,5	45	45	22,5
x_2	глибина пошкодження a	мм	0	80	160	160	80
x_3	відносний ексцентриситет e_0/h	-	0	1/8	1/4	1/4	1/8

Транспортування і встановлення на нижню плиту преса експериментальних зразків виконувалось кран-балкою за допомогою ременів, які кріпилися у транспортувальні отвори піддонів. Для вимірювання деформацій цегляної кладки використовували індикатори годинникового типу ИЧ-10 із ціною поділки 0,01 мм (рис.3а). Для створення ексцентриситету додатки зовнішнього зусилля і забезпечення міцності опорних перетинів дослідних зразків від місцевого роздавлювання на кінцеві ділянки стовпів встановлювалися спеціально розроблена металева обійма, яка обжимала кам'яний стовп шляхом затягування гайок. На рис.3б и рис.3в стовпи перед випробовуванням та після.

Схема розташування індикаторів зразка С 0 0 0 представлені на рис. 2.

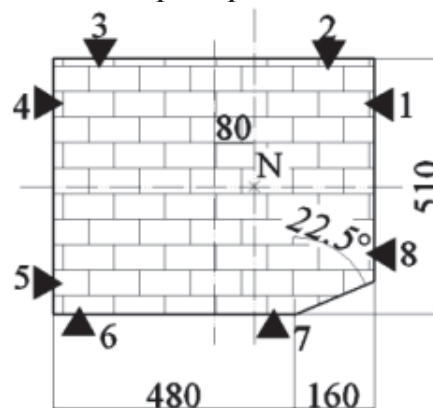


Рис.2 Схема розташування індикаторів на гранях зразка С 0 0 0



Рис.3 Випробування стовпів: а – розстановка індикаторів годинникового типу для визначення повздовжніх деформацій стовпів; б – зразок С 1 0 0 перед випробуванням; в – той же зразок після випробування.

Аналізуючи графіки, наведені на рис. 4, можна зробити висновок, що має місце пружно-пластичний характер роботи конструкції. Завдяки проведеним випробуванням було отримано відносні деформації, руйнівні навантаження, та побудовані графіки залежності напруження-деформації для подальшої розробки універсальної методики розрахунку залишкової міцності пошкоджених кам'яних конструкцій.

Також, як видно з рис.4, зі збільшенням глибини пошкодження деформації проявляються з більшою швидкістю.

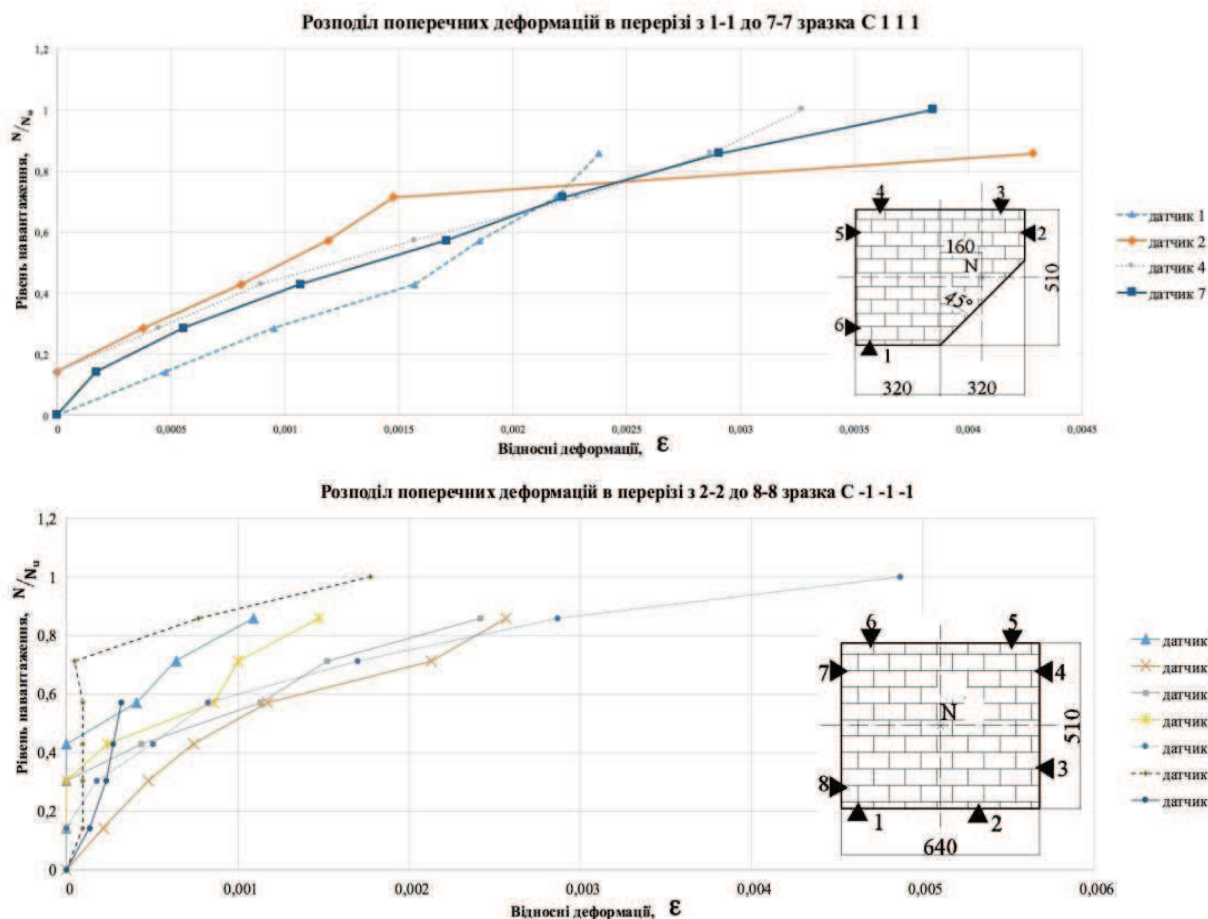


Рис.4. Графіки залежності напруження-деформації для зразків-стовпів С 1 1 1 та С -1 -1 -1

Висновки і перспективи подальших досліджень:

1. Результати натурного (лабораторного) експерименту дозволили встановити вплив на несучу здатність кожного з обраних факторів, а також взаємний вплив факторів.
2. За отриманими значеннями повздовжньої деформації для 15 варіацій стовпів, відповідно до плану експерименту було побудовано графіки залежності напруження-деформації.
3. За оцінками руйнівного навантаження найбільший вплив на несучу здатність надає глибина пошкодження в перетині стовпа.
4. В ході подальших досліджень необхідно розробити, базуючись на основних передумовах діючих норм, методику розрахунку залишкової міцності пошкоджених кам'яних стовпів з різними ушкодженнями.

1. ДСТУ-Н Б В. 1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану / Мінрегіонбуд України. - К., 2017. - 45 с.

2. Гриньова І.І. Методика проведення експериментального дослідження напружено-деформованого стану пошкоджених кам'яних стовпів / І.І. Гриньова // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Одеса: ОДАБА, 2017. - Вип. 67. — С. 20-26.

3. Клименко Є.В. Оцінювання технічного стану кам'яних будівель та споруд / Є.В. Клименко, С.А. Шепітько // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Днепропетровск: Приднепров. гос. акад. стр-ва и архитектуры, 2003. – Вып.25. – С. 141 – 145.

4. Клименко Є.В. Експериментальні дослідження кам'яної кладки при її місцевому стиску: зб. "Галузеве машинобудування, будівництво"/ Є.В. Клименко, С.Л.Шаповал.– Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 2001. – Вип.7. – С.58 – 64.

1. DSTU-N B V. 1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu [Guidelines for the inspection of buildings and structures for the determination and evaluation of their technical condition]/ Minrehionbud Ukrainy. - K., 2017. - 45 s.

2. Grynyova I.I. Metodyka provedennia eksperymentalnoho doslidzhennia napruzhenodeformovanoho stanu poshkodzhenykh kamianykh stovpiv [Methods of experimental study of stress-strain state damaged stone pillar]/ I.I. Grynyova // Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. - Odesa: ODABA, 2017. - Vyp. 67. — S. 20-26

3. Klymenko I.V. Otsiniuvannia tekhnichnoho stanu kamianykh budivel ta sporud [Estimation of technical condition of stone buildings and structures]/ I.V. Klymenko, S.A. Shepitko // Stroytelstvo, materyalovedenye, mashynostroenye: sb. nauch. tr. – Dnepropetrovsk: Prydneprov. hos. akad. str-va y arkhitektury, 2003. – Vyp.25. – S. 141 – 145.

4. Klymenko I.V. Eksperymentalni doslidzhennia kamianoї kladky pry yii mistsevomu stysku: zb. "Haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo"[Experimental study of masonry in its local compression: Coll. "Sectoral engineering, construction"/ I.V. Klymenko, S.L.Shapoval.– Poltava: PDTU im. Yuriiia Kondratiuka, 2001. – Vyp.7. – S.58 – 64.