

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 624.012.82

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ЛІРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПОШКОДЖЕНИХ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Клименко Є.В., Черенева О.С., Гриньова І.І., Дедескул В.І.
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Наведено основні методи оцінки залишкової несучої здатності в Україні і в світі. Проаналізовано існуючі методи та зведені в таблицю. Для удосконалення методики неруйнівного методу дослідження було запропоновано змодельовати в програмному комплексі ЛІРА САПР кам'яні стовпи з ушкодженнями. У статті описані основні аспекти завдання вихідних характеристик в програмний комплекс за допомогою методу скінчених елементів. Представлені скріншоти з програмного комплексу.

Ключові слова: несуча здатність, методи оцінки залишкової несучої здатності, пошкоджені кам'яні конструкції, нелінійний розрахунок, метод кінцевих елементів.

Постановка проблеми. Кількість фізично застарілих будівель і споруд, які мають експлуатаційні пошкодження та дефекти, постійно зростає. Крім того, при реконструкції зі зміною призначення і умов експлуатації будівель та споруд досить часто збільшуються навантаження, які перевищують прийняті при проектуванні. Проблема оцінки залишкової несучої здатності і надійності елементів кам'яних конструкцій виникла давно і інтенсивно наростає у зв'язку зі старінням (фізичним і моральним зносом) будівель і споруд. Останнім часом посилилася увага до переоцінки основних фондів, що повинні проводити технічне обстеження будівель, споруд і обладнання з метою визначення їх фактичного технічного стану.

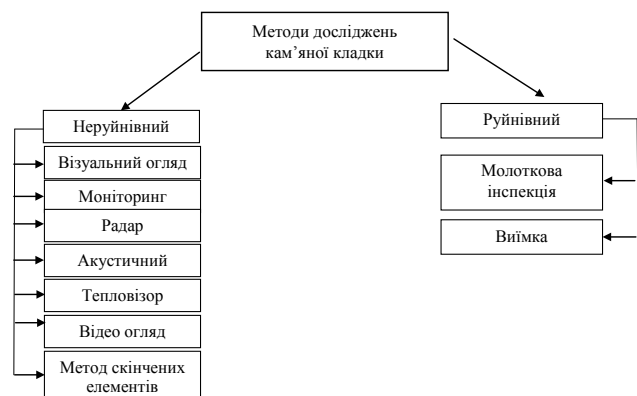
Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині чинний ДБН В.2.6-162:2010 вимагає розраховувати пошкоджені кам'яні елементи з урахуванням нелінійності деформування. Такий метод є найбільш точним, оскільки відповідає реальній фізичній моделі роботи кладки як неоднорідного матеріалу. Більшість робіт з вивчення позацентрово стиснутих елементів присвячені розгляду таких питань, як визначення несучої здатності і міцності елементів, вплив різних чинників, таких як вид перев'язки швів, корозія, форма перетину, гнучкість елементів, армування, різних режимів навантажень на характеристики міцності кам'яних конструкцій. У роботах Клименка Є.В. [2; 3] підкреслюється, що в даний час робота щодо визначення та прогнозування технічного стану будівельних конструкцій та споруд проводиться на інтуїтивному рівні та потребує більш детального вивчення.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. З плином часу несуча здатність, надійність і залишковий ресурс кам'яних конструкцій знижуються внаслідок накопичення пошкоджень, або появи одного або декількох дефектів. Наприклад внаслідок пожеж, появи і розвитком тріщин, руйнуванням кладки і т.д. Для попередження руйнувань конструкцій і аварій необхідною володіти інформацією про їхній рівень залишкової несучої здатності, надійності і залишкового ресурсу.

Мега статті. Розробка нової методики чисельного моделювання для дослідження залишкового ресурсу несучої здатності на основі порівняння отриманих даних як теоретичних, так і практичних досліджень. Встановити найбільш ефективний та сучасний метод оцінки несучої здатності пошкоджених конструкцій на основі аналізу їх напружено-деформованого стану.

Виклад основного матеріалу. В сучасному будівництві існує два основних типи дослідження та оцінки залишкового ресурсу кам'яних конструкцій (табл. 1).

Таблиця 1
Методи перевірки стану кам'яних конструкцій



Перший включає в себе методи, які не потребують втручання у конструкцію, в той час як другий використовує більш складні високо технологічні методи, котрі потребують значно більшого фінансування. У даній статті докладніше розглядається інноваційний та доступний для широкого загалу метод. Зазвичай досить поширеними прикладами являється часткове руйнування кам'яної кладки. Приймаючи до уваги конструктивну схему та функції, які виконує пошкоджений елемент, можливо зробити аналіз роботи конструкції та вплив факторів.

Наприклад, на рис. 1а замінені гнили камені, після виконання ремонту. Але ми не можемо за-

стосувати той самий метод, якщо у конструкції виникають більші навантаження. На рис. 1б колони під загрозою розширення залізних скоб під дією корозії: ніяких серйозних ознак розпаду немає, але видимих дефектів більш ніж достатньо, щоб поставити під загрозу стабільність роботи конструкції.

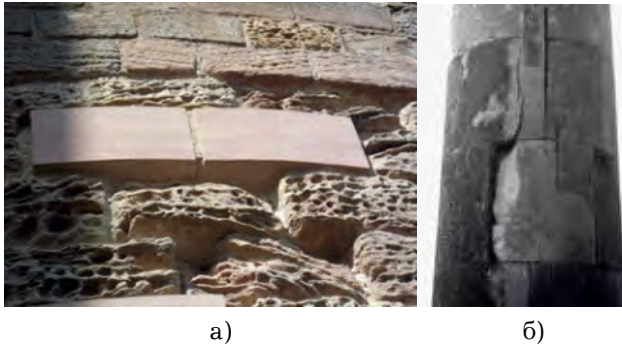


Рис. 1. Пошкоджені кам'яні конструкції
а) – пошкоджений фрагмент стіни;
б) – фрагмент пошкодженої колони

Метод, описаний вище, використовується для первинного аналізу та заснований на **візуальному огляді** та включає в себе пошуки наявності тріщин, нахилів і інших спотворень, а також перевірки стану окремих каменів, які утворюють стіни або колони.

Існує цілий ряд більш складних методів дослідження кам'яних конструкцій. Ці методи не розглядаються докладно, оскільки вони більш дорогі і затратні по часу. Неруйнівні методи мають значну перевагу над руйнівними, оскільки вони не потребують лабораторних досліджень, та не руйнують конструкції. А отримані результати в своїй більшості нічим не поступаються руйнівним методам, іноді навіть дають більш точний результат.

Молоткова інспекція. Використовуючи молоток та інші подібні інструменти методом постукування спеціаліст з багаторічним досвідом може виявити ознаки погіршення стану кладки кам'яної конструкції. Якщо стіна має «дзвінкий» звук – це свідчить про те, що кладка не являється пошкодженою, та скоріш за все не має дефектів. Але глухий удар може вказувати на розшарування та утворення тріщин. Тим не менш хоч цей метод найстаріший, зараз використовується рідко.

Моніторинг. Там, де є тріщини і ознаки руху важливо з'ясувати, чи є вони активними і постійно рухаються або це ознаки історичних проблем, які влаштувалися давно і потребують лише локального моніторингу.

Виймка. Даний метод передбачає обережне видалення шматочків цегли в декількох місцях (за допомогою зубила або інших, підходящих інструментів), а також можливе ретельне видалення випадкової цегли або каменю.

Бороскопна інспекція. Розглянемо можливість використання бороскопу (ендоскопу), щоб оглянути ядро стіни. Це метод з використанням інструментів, різної довжини, жорсткості та гнучкості, які вставляються в існуючі тріщини в стіні, якщо ж у стіні немає видимих тріщин, тоді продавляють маленький отвір.

Радар. Методехолокації, який використовує радар (радіохвилі) для виявлення порожнеч або металів. Георадар (GPR) пропонує більше проникнення, а також визначити рівень корозії, в той час як металеві детектори не будуть реагувати на продукти корозії.

Акустичний. Ця технологія також використовується для пошуку металу та пустот у цегляній кладці. Метод акустичної емісії робить можливим виявити виникнення і розвиток стресіндукованих тріщин. Тріщини, насправді, супроводжуються випромінюванням уламкових хвиль, що поширюються в обсязі матеріалу.

Використання **тепловізійних пристроїв** допомагає виділити розшарування і проникнення вологи за допомогою дрібних коливань температури поверхні.

Відео огляд. Відео камери встановлюються на вертольоти, колісних роботів або телескопічних щогл та транслює зображення конструкцій. Цей метод є надзвичайно корисним, тому що значно економить час та ресурси, а також, завдяки глобальній мережі може проводитися в реальному часі без виїзду експертів на місце огляду, достатньо лише однієї людини.

“Flat-Jack-Tests” – це метод випробувань безпосередньо в конструкції за допомогою плоского преса (Flat-Jack-Tests) переважно використовується при кладці з повнотілої цегли на міцному розчині (рис. 2). Плоскі плити преса (плоскі домкрати) встановлюються в попередньо прорізані в кладці конструкції горизонтальні щілини. В ході випробувань визначаються не тільки міцності, а й деформаційні характеристики кладки.

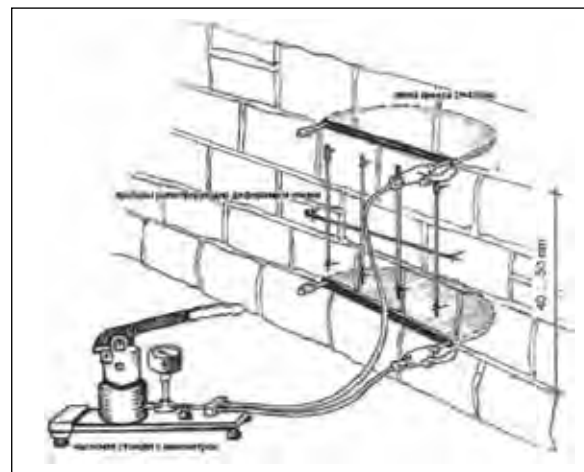


Рис. 2. Схема випробувань кам'яної кладки методом «Flat-Jack-Tests»

Одним із основних методів на основі якого написані більшість прикладних програм (ANSYS, MatLab, SCAD, ЛІПА) для проведення відповідних досліджень є **метод скінченних елементів**, який застосовується під час розрахунку лінійних та нелінійних задач в різних галузях науки технічного напрямку.

Один з найпоширеніших програмних комплексів, які використовує більшість науковців та дослідників нашої держави, що займаються вивченням та покращенням будівельних конструкцій – це програмний комплекс (ПК)

ЛИРА, що набув високої популярності [5; 6]. Саме тому ми вирішили використати Ліра 9.4 розробки НДІАСБ, м. Київ.

Методика розрахунку. Перед проведенням моделювання у ПК ЛІРА в лабораторії ОДАБА були проведені натурні експерименти [4] з іспиту несучої здатності пошкоджених кам'яних стовпів.

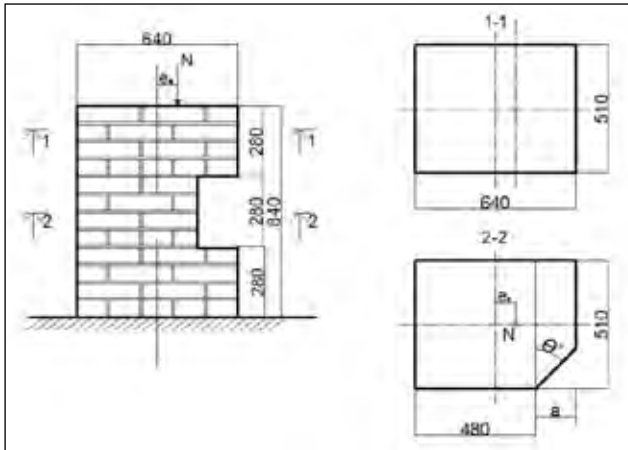


Рис. 3. Схема моделювання ушкоджень зразка-стовпа

Далі пропонується метод оцінки залишкової несучої здатності у програмному комплексі, неруйнівним методом. На першому етапі створюємо точки по координатах, які пізніше з'єднаємо та задаємо граничні умови вузлам по п'яти степенях свободи. На другому етапі задаємо жорсткості елементам. За допомогою меню «Жесткости → Жесткости элементов» визиваємо діалогове вікно «Жесткости элементов». В даному вікні натискаємо кнопку «Добавить» для того, щоб вивести список. Вибираємо третє діалогове вікно «Пластичные, объёмные, численные», тип перерізу – «Объёмные КЭ», після чого ставимо галочку на врахуванні нелінійності і натискаємо «параметры материала», вибираємо «закон нелінійного деформування», в нашому випадку – це 14 (кусочно-лінійний закон деформування) а далі вводимо дані з характеристики роботи матеріалу із отриманого графіку залежності «напруження-деформація» (рис. 4).

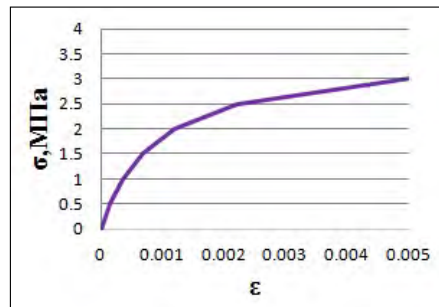


Рис. 4. Графік залежності напруження та деформації

Для подальшого розрахунку необхідно задати тип кінцевих елементів, для цього вибираємо діалогове вікно «Смена типа конечного элемента». Та призначаємо тип 236 – «физически нелинейный универсальный пространственный 8-узловой изопараметрический КЭ» (рис. 5).

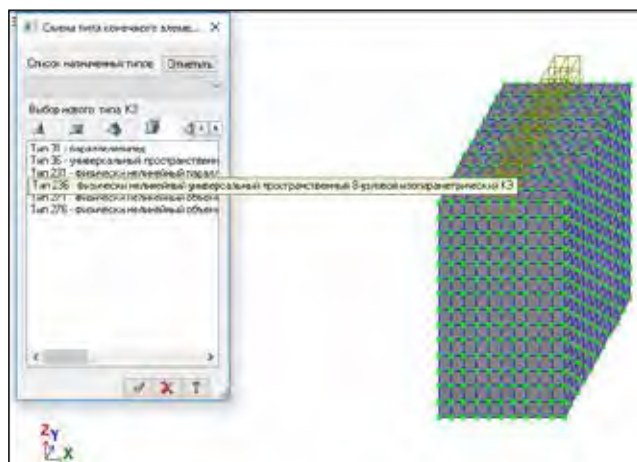


Рис. 5. Вибір типу кінцевого елемента

Отримана модель є близькою до натурального експерименту. Виконуємо розрахунок моделі, а результати отримуємо в табличній формі.

Висновок. Аналіз наведеної методики розрахунку пошкодженого кам'яного стовпа дозволяє зробити висновок, що даний метод повністю враховує дійсну роботу матеріалу. Різниця результатів розрахунку з експериментальними дослідженнями кам'яних конструкцій знаходиться в межах 5%.

Список літератури:

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. Клименко С.В. Оцінювання технічного стану кам'яних будівель та споруд / С.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.
3. Клименко С.В. Технічні проблеми керування залишковим ресурсом об'єктів культурної спадщини / С.В. Клименко // Збереження історичної забудови центра Одеси шляхом включення до основного списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО: Матеріали III і IV конференцій. – Одеса: ОДАБА, 2016. – С. 68–74.
4. 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. – Вып. 67. – С. 20–26.
5. Григорчук А.Б. Оцінка напружено-деформованого стану згинальних залізобетонних елементів при дії малоциклового знакозмінного навантаження з використанням ПК «Ліра» // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2011. – Випуск 22. – С. 272–277.
6. Марьенков Н.Г. Нелинейный расчет зданий на сейсмические воздействия с применением ПК «ЛИРА» / Марьенков Н.Г., Максименко В.П., Бабик К.Н. // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2006. – Вип. 64. – С. 188–195.

Клименко Е.В., Черенева Е.С., Гринева И.И., Дедескул В.И.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ЛИРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПОВРЕЖДЕННЫХ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация

Приведены основные методы оценки остаточной несущей способности в Украине и в мире. Проанализированы существующие методы и сведены в таблицу. Для усовершенствования методики неразрушающего метода исследования было предложено смоделировать в программном комплексе ЛИРА САПР каменные столбы с повреждениями. В статье описаны основные аспекты задания исходных характеристик в программный комплекс с помощью метода конечных элементов. Представлены скриншоты с программного комплекса.

Ключевые слова: несущая способность, методы оценки остаточной несущей способности, поврежденные каменные конструкции, нелинейный расчет, метод конечных элементов.

Klymenko I.V., Chernieva O.S., Grynyova I.I., Dedeskul V.I.
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

APPLICATION SOFTWARE COMPLEX LIRA FOR INVESTIGATION OF DAMAGED MASONRY STRUCTURES

Summary

The main methods for estimating the residual bearing capacity in Ukraine and in the world are given. The existing methods are analyzed and tabulated. To improve the methods of non-destructive research method, it was proposed to simulate stone poles with damages in the LIRA CAD software. The article describes the main aspects of the task baseline characteristics software package using the finite element method. Screenshots from the software package are presented.

Keywords: load-bearing capacity, methods for estimating residual load-bearing capacity, damaged stone structures, nonlinear calculation, finite element method.