

ДО РОЗРАХУНКУ СУМІСНОЇ РОБОТИ КАМ'ЯНИХ ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПІДСИЛЕНИХ БІЧНИМИ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПЛАСТИНАМИ

Яссін Амаль, студ. гр. ПЦБ-622м(н)

Науковий керівник – Азізов Т.Н., д.т.н., професор (кафедра Залізобетонних конструкцій та транспортних споруд, Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Анотація. Наведено вдосконалену методику визначення зусиль взаємодії між кам'яним згинальним елементом та підсилюючою бічною залізобетонною пластиною. Показано, що для коротких елементів таке вдосконалення має суттєву позитивну різницю. При цьому для отримання переміщень в пластинах запропоновано створити базу даних на основі певної кількості розрахунків у програмних комплексах з застосуванням плоских та об'ємних скінчених елементів.

Аналіз досліджень і постановка задачі. При обстеженні кам'яних конструкцій часто з'являються випадки, коли в результаті нерівномірних осадок фундаментів у цегляних стінах виникають тріщини. При цьому тріщини можуть бути результатом дії як позитивних, так і негативних згинальних моментів, тобто розкриття тріщини може бути як знизу вверх, так і навпаки, зверху вниз.

Зазвичай такі стіни підсилюють за допомогою металевих стрижнів [4, 5]. Однак, такий спосіб підсилення є досить економічно непривабливим. Крім того, він значно погіршує зовнішній вигляд фасаду будівлі.

В роботі О.В. Іваницького [6] на відміну від використання тяжів було запропоновано спосіб підсилення кам'яних згинальних конструкцій з використанням замкнених гнучких об'ємів. Цей спосіб має переваги в порівнянні з використанням металевих зовнішніх тяжів, тому ще витрати матеріалу значно менші. Крім того, такий спосіб підсилення дозволяє сприймати як негативні, так і позитивні згинальні моменти.

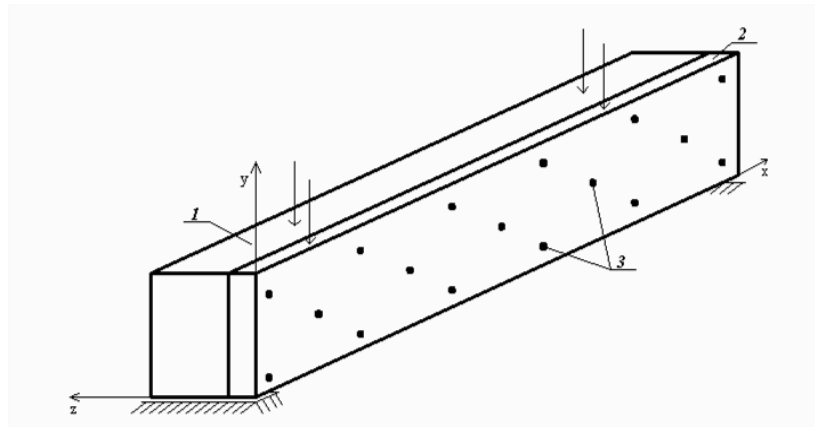
Схожий на метод О.В. Іваницького метод підсилення цегляних стін за допомогою вуглецевих стрічок [7]. Обидва цих методів є досить сучасними, але мають один спільний недолік – це необхідність обов'язкового захисту елементів підсилення від вогню та механічних пошкоджень. Зовнішнє бетонування таких елементів підсилення тягне за собою погіршення зовнішнього вигляду будівлі.

В роботі [3] запропоновано застосовувати бічні залізобетонні пластини для підсилення кам'яних згинальних елементів. При цьому запропоновано методику визначення зусиль взаємодії між бічною залізобетонною пластиною та кам'яною конструкцією, яка сприймає згинальні моменти. Однак, для доволі високих стін застосування балкової теорії згину не може бути прийнятним, тому що такі елементи відносяться до розряду коротких і мають бути розраховані як балка-стінка. Крім того, в такому випадку слід перевіряти можливість втрати стійкості бічної залізобетонної пластини, тому що вона грає роль тонкого стрижня, який в місцях розташування з'єднувальних нагелів має елементи горизонтальних опор.

З огляду на вищесказане, метою даної статті є аналіз недоліків в розрахунках підсилення кам'яних конструкцій бічними залізобетонними пластинами та перспективи їх використання в практиці будівництва.

Викладення основного матеріалу. В роботі [3] розглянуто згинальний елемент, що складається з двох шарів, з'єднаних між собою в'язями в окремих точках (рис. 1).

Для розрахунку в [3] комбіновану конструкцію поділено на два окремих шари (дві балки). У місцях розтину в'язів і в першому, і в другому відсічених шарах (балках) діють невідомі вертикальні S_i і горизонтальні T_i сили, де i - номер в'язі (рис. 2). Ці невідомі можуть бути визначені складанням рівнянь сумісності деформацій (переміщень) для шару 1 і шару 2 комбінованої конструкції.



1 – кам'яна балка; 2 – залізобетонна пластина; 3 – в'язі
Рис. 1. Схема двохшарового згинального елемента за [3]

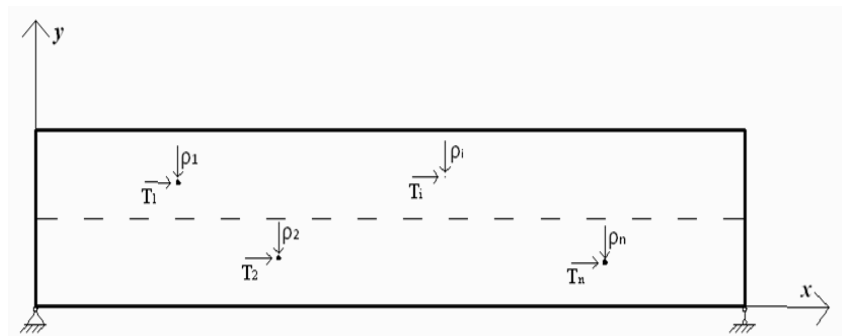


Рис. 2. Схема зусиль у в'язях

В роботі [3] невідомі зусилля запропоновано визначати виходячи з умови сумісності деформацій двох шарів в місцях розташування в'язів. Однак, при цьому шарі розглядаються як балки, що, як було сказано вище, для коротких елементів (якими в основному є цегляні стіни) не може бути прийнятним.

Для усунення цього недоліку пропонується переміщення у місці розташування в'язів визначати за допомогою розроблення так званих апроксимаційних скінчених елементів [1]. Для цього слід виконати ряд розрахунків в програмних комплексах (типу Ansys, Lira-SAPR та ін.) пластин з різним співвідношенням висоти h та довжини L і різним місцем розташування вертикальних S і горизонтальних T сил.

Нехай є пластина товщиною δ , висотою h та довжиною L і координатні осі розташовані як показано на рис. 2. Прикладемо горизонтальне зусилля T в точці з координатами X та Y . Після розрахунку в програмному комплексі ми отримаємо переміщення по осі X та Y у будь-якій точці пластини. Розбивши поверхню пластини сіткою кроком $a=L/n$; $b=h/m$ (де n , m – відповідна кількість сітки по довжині та висоті пластини), визначимо з розрахунку усі переміщення x_i , y_i усіх точок. Потім прикладемо силу в іншій точці і знову отримаємо матрицю переміщень усіх точок. В результаті ми отримаємо матрицю переміщень в залежності від координат розташування сили T . Апроксимація функції п'ятих змінних може бути проведена за методикою [2]. В загальному функції має вигляд:

$$\Delta_x = f_1(x_p, y_p, x_i, y_i, h/L); \quad \Delta_y = f_2(x_p, y_p, x_i, y_i, h/L) \quad (1)$$

де Δ_x , Δ_y – переміщення розглядуваної точки відповідно по осі X та Y ;

x_p , y_p – координати розташування сили (горизонтальної в першому випадку і вертикальної – в другому);

x_i , y_i – координати точки, в якій визначаються переміщення;

h , L – висота та довжина пластини.

При цьому кількість розрахунків залежить від сітки розбиття поверхні пластини. Попередні розрахунки показують, що цілком достатньо розбити висоту та довжину пластини на 10 частин. В такому випадку всього буде 200 розрахунків (100 варіантів розташування горизонтальної сили T та 100 варіантів розташування вертикальної сили). На перший погляд здається, що це багато. Але такі розрахунки треба зробити один раз і потім використовувати дані цих розрахунків скільки завгодно разів.

Можливо також не апроксимувати у вигляді функцій (1), а створити таблицю, де в залежності від координат розташування сили будуть отримані дані переміщень. З огляду на застосування комп'ютеру задача використання таких даних не виглядає складною.

Визначені таким чином переміщення далі використовуються для складання системи рівнянь, яка наведена в роботі [3]. В результаті рішення системи рівнянь отримаємо невідомі зусилля у в'язях. Після визначення невідомих зусиль у в'язях згинальні моменти в пластинах визначаються знову з використанням таблиць або апроксимаційних формул (1).

Для створення бази даних для апроксимації за (1) або відповідних таблиць розрахунки в програмному комплексі слід проводити з використанням певного модуля пружності E_0 і певної товщини пластини δ_0 (базовий розрахунок). Для переходу від базового матеріалу до розглядуваного (з модулем пружності E і товщиною δ) переміщення визначаються множенням базових даних на коефіцієнти $k_E = E/E_0$ та $k_\delta = \delta/\delta_0$.

Якщо в розрахунковій схемі програмного комплексу застосувати не плоскі, а об'ємні скінчені елементи, то переміщення Δ_x , Δ_y будуть автоматично враховувати і згин пластини із своєї площини, і кручення, і усі інші фактори. Цим самим такий підхід корисно відрізняється від підходу, розглянутому у роботі [3].

Висновки та перспективи досліджень. Для розрахунку сумісної роботи бічної залізобетонної пластини та кам'яного згинального елемента запропоновано спосіб визначення переміщень від зусиль у в'язях за допомогою створення бази апроксимаційних даних на основі розрахунку в програмних комплексах. Такий спосіб дозволяє значно точніше визначати зусилля взаємодії бічної залізобетонної пластини та кам'яної балки у випадку, коли згинальний елемент є коротким.

У перспективі передбачається проведення розрахунків для створення запропонованої бази даних.

Література:

1. Азизов Т.Н. Использование аппроксимационных конечных элементов в расчетах конструкций. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 39, частина 1. Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2010. С. 4-9.
2. Азизов Т.Н., Кочкарев Д.В. Жесткость и прочность при кручении железобетонных стержнем с нормальными трещинами. Sciences of Europe. 2020. Vol 1, № 47. С. 27-36.
3. Азизов Т.Н., Мыза А.С. Каменные балки, усиленные односторонней железобетонной облоймой. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 32. Рівне, 2016. С. 428-435.
4. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Томск, 1992. 456 с.
5. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Оценка состояния и усиление строительных конструкций реконструируемых зданий: атлас схем и чертежей. Томск, 1991. 309 с.
6. Иваницкий А.В. Изгибаемые конструкции из штучных элементов в замкнутой обойме. Дисс. канд. техн. наук. Одесса, 2015. 190 с.
7. Хохлін Д.О. Конструктивний захист житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонебезпечних територій: дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Київ, 2009. 204 с.