

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури

МИЗА ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ



УДК 624.012.45

**КОМБІНОВАНІ ЗГІНАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ З НЕСУЧИМИ БІЧНИМИ
ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПЛАСТИНАМИ І КАМ'ЯНИМ ЗАПОВНЕННЯМ**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Одеській державній академії будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Азізов Талят Нуредінович,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, професор кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Кочкар'юв Дмитро Вікторович,
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, професор кафедри міського будівництва та господарства

кандидат технічних наук, доцент
Журавський Олександр Дмитрович,
Київський національний університет будівництва та архітектури, завідувач кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій

Захист відбудеться 26 лютого 2020р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.41.085.01 в Одеській державній академії будівництва та архітектури за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Одеської державної академії будівництва та архітектури: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.

Автореферат розісланий 23 січня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, д.т.н, доцент

С.О. Кровяков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Кам'яні конструкції займають досить велику частку в загальному обсязі будівельних конструкцій будівель. Кам'яні конструкції можуть бути виконані з цегли різного виду, блоків з легких бетонів, природного каменю тощо. Відомо, що кам'яні елементи мають досить високу міцність при стисненні і низьку міцність при розтягненні. У зв'язку з цим розтягнуту зону кам'яних конструкцій, як правило, армують різними способами.

Кам'яні стіни підсилюють в тому числі за допомогою використання набетонок і залізобетонних пластин. Однак, такі пластини використовують, як правило, для посилення кам'яних стін при роботі на стиск. При нерівномірних осадках основ кам'яних стін їх, як правило, підсилюють влаштуванням тяжів, які сприймають розтягуючи зусилля, що виникають в результаті згину стін у своїй площині. Останнім часом з'явилися роботи з використання згинальних елементів з легкого бетону, а також інших кам'яних елементів в замкнутій обоймі. Такі конструкції мають ряд переваг в порівнянні з традиційними армокам'яними конструкціями. Використання замкнутих обойм дозволяє застосовувати легкобетонні перемички, які не вимагають додаткового їх утеплення для усунення появи містків холоду, полегшити їх влаштування і монтажу. Однак при цьому виникає проблема захисту та ізоляції гнучких замкнутих обойм.

Бічні залізобетонні пластини практично не використовують в якості елементів підсилення згинальних кам'яних елементів. Це пов'язано в першу чергу з недостатністю методів розрахунку таких конструкцій, особливо в частині визначення зусиль взаємодії між залізобетонними пластинами і кам'яним зігнутим елементом.

У зв'язку з вищесказаним розроблення методів розрахунку комбінованих згинальних конструкцій, в яких є залізобетонна та кам'яна частини, а також розроблення рекомендацій щодо практичного застосування різних комбінованих балок з однією або двома залізобетонними пластинами, є актуальним завданням будівельної науки

Зв'язок роботи з науковими програмами.

Дисертаційна робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних тем: «Розробка розрахункових моделей залізобетонних конструкцій при складному напружено-деформованому стані при опорних ділянках» (номер державної реєстрації 0108U000559); «Розв'язок прикладних інженерних задач за допомогою методів теорії споруд» (номер державної реєстрації 0107U000809) «Розрахункові моделі силового опору складно напружених залізобетонних конструкцій з урахуванням дії мало циклового навантаження високих рівнів» (номер державної реєстрації 0116U002340), кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій та кафедри опору матеріалів Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Мета роботи - розроблення методики розрахунку несучої здатності і деформацій комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням і принципів застосування таких елементів в будівлях.

Для досягнення мети були проведені теоретичні дослідження із застосуванням методів будівельної механіки, програмних комплексів, що використовують метод скінчених елементів, а також проведений експеримент на зразках комбінованих балок з односторонніми та двосторонніми бічними залізобетонними пластинами і заповненням з цегляної кладки та газобетонних блоків.

Завдання дослідження.

1. Дослідити спільну роботу кам'яної частини комбінованих балок з залізобетонними бічними пластинами з метою визначення їх напружено-деформованого стану, деформацій і міцності. Виявити переваги таких конструкцій.

2. Перевірити придатність відомих методів розрахунку з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів до комбінованих балок з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням і внести необхідні корективи в ці методи.

3. Розробити методику визначення зусиль взаємодії бічних залізобетонних пластин з кам'яною частиною комбінованих балок. Розробити методику розрахунку міцності та деформативності комбінованих балок.

4. Провести експериментальні дослідження міцності і деформативності комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням, з метою перевірки запропонованої методики їх розрахунку.

5. Розробити рекомендації щодо застосування комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням, як перемичок та інших згинальних елементів, а також при підсиленні кам'яних стін при нерівномірній осадці їх основ.

Об'єкт дослідження – робота під навантаженням комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням.

Предмет дослідження - напружено-деформований стан, деформативність і несуча здатність при згині комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням.

Методи дослідження - методи будівельної механіки (при розробці методики визначення зусиль взаємодії бічних пластин з кам'яною частиною); методи розрахунку згинальних конструкцій шляхом пошарового розподілу перерізу по висоті з застосуванням комп'ютерного моделювання (при розробці методики розрахунку з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів); комп'ютерні програми Mathcad і Pascal для аналізу напружено-деформованого стану та міцності розглянутих балок комбінованих за розробленими методиками; експериментальні дослідження на зразках комбінованих

згинальних балок з несучими бічними залізобетонними пластинами і заповненням з цегляної кладки та газобетонних блоків.

Наукова новизна роботи:

Вперше:

- експериментально отримані залежності «навантаження-прогин» для комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням;
- створена модель визначення зусиль взаємодії між бічними пластинами і кам'яним заповненням в комбінованих балках;

Удосконалено:

- методику розрахунку згинальних елементів при наявності в перерізі матеріалів з різними механічними характеристиками, що відрізняється від існуючої більш точним визначенням дотичних зусиль, що виникають в результаті крутіння;
- методику розрахунку згинальних елементів з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів, прийняту в нормативних документах, що відрізняється урахуванням різних властивостей матеріалів, що знаходяться в комбінованому перерізі, в тому числі з використанням дволінійних діаграм деформування;

Отримало подальшого розвитку:

- експериментальним шляхом отримані дані, які на відміну від існуючих показують, що кам'яне заповнення грає роль елемента, що забезпечує стійкість бічної залізобетонної пластини і збільшує її умовну ширину стиснутої зони;
- обґрунтована можливість застосування перемичок з комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і заповненням з газобетонних блоків, які відрізняються від існуючих перемичок відсутністю потреби їх утеплення.

Практичне значення отриманих результатів роботи:

- розроблені та впроваджені методики розрахунку міцності і деформативності, що дозволяють визначати напружено-деформований стан і несучу здатність при проектуванні нових і підсиленні існуючих згинальних кам'яних конструкцій, з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів, ступеня зв'язку бічних пластин з кам'яною частиною конструкції і інших чинників, що впливають на їх напружено-деформований стан;
- експериментально підтверджена можливість використання комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням, що дозволяє використовувати їх на практиці;
- розроблена й запатентована нова конструкція і конструктивні заходи, що дозволяють виготовляти перемички з теплозахисного матеріалу безпосередньо на будівельному майданчику.

Отримані теоретичні та експериментальні результати розвивають методи розрахунку кам'яних и комбінованих згинальних конструкцій, забезпечують вирішення актуальних прикладних задач, а також економічні та надійні проектно-конструкторські рішення комбінованих балок і кам'яних стін. При

цьому можлива об'єктивна оцінка НДС, міцності і деформативності конструктивних елементів стін і балок, які проектуються на стадії нового будівництва, а також експлуатуються тривалий час і вимагають підсилення і усунення дефектів.

Результати дисертації використані:

- науково-виробничим підприємством «Будівельна наука» Академії будівництва України при розробці проектів підсилення об'єктів в м. Суми;
- фірмою «Вторма» при реконструкції нежитлової будівлі по вул. Садовий, 15 в м. Умані Черкаської області в частині посилення цегляних стін за допомогою бічних залізобетонних пластин;
- ТОВ "Ілкомсвіт" під час капітального ремонту навчального корпусу №4 НУ ОМА, м. Одеса;
- ТОВ «Сігол» під час капітального ремонту ЗОШ № 63, м.Одеса.

Достовірність даних, отриманих на основі запропонованої методики визначення несучої здатності і деформативності при згині комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням, підтверджується задовільним збігом з результатами фізичного експерименту.

Особистий внесок здобувача:

Представлені в дисертаційній роботі результати досліджень отримані автором самостійно. Особистий внесок полягає в наступному:

- розроблення моделі поділу перерізу балки на прямокутні елементи, розроблення алгоритму розрахунку;
- розроблення конструкції підсилення цегляних стін бічними залізобетонними пластинами;
- розроблення алгоритмів і програм розрахунку, аналіз розрахункових даних;
- визначення границь застосування різних методик;
- отримання системи рівнянь для визначення невідомих зусиль між бічною пластиною та кам'яною балкою, складання програми, аналіз розрахункових даних;
- розробка методики випробувань, виготовлення дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень та їх аналіз;
- участь у розробленні моделі нелінійного розрахунку, розроблення алгоритму і програми розрахунку, аналіз розрахункових даних;
- розроблення інженерної методики, алгоритму і програми розрахунку , аналіз розрахункових даних;
- проведення порівняльних розрахунків, розроблення пропозицій щодо кріплення бічних пластин з кам'яними елементами.

Апробація роботи.

Основні положення і результати дисертації доповідалися на наступних конференціях: II Міжнародний науково-практичний конгрес «Міське середовище – XXI ст. «Архітектура. Будівництво. Дизайн» 15-18 березня 2016 р. Національний авіаційний університет, м. Київ; XII

Міжнародній науково-технічній конференції «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво». м. Полтава, 2016 р; міжнародній науково-технічній конференції «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону». м. Полтава, 2017 р.; VI міжнародній науково-практичній конференції «Актуальные проблемы инженерной механики» 20-24 травня 2019 р., м. Одеса; III міжнародній науково-практичній конференції «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд» 26-28 вересня 2019 р., м. Одеса; наукових конференціях професорсько-викладацького складу Одеської державної академії будівництва та архітектури 2016-2019 рр.; наукових конференціях Уманського державного педагогічного університету 2016-2019 рр.

Публікації. Основні положення дисертації і результати досліджень були опубліковані в 11 роботах, в тому числі 5 статей у збірниках, які є фаховими виданнями, 1 стаття у виданні, що індексується базою Scopus, 3 статті в закордонних виданнях, 1 стаття у виданні України, отримано один патент України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 200 найменувань. Дисертація викладена на 211 сторінках, які включають 140 сторінок основного тексту, в тому числі 101 рисунок, 5 таблиць; 24 сторінки списку використаних джерел, 35 сторінок додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, її новизну та вказано на важливість питань, які потребують детального розгляду, практичну цінність роботи та представлено її загальну характеристику.

У розділі 1 приводиться огляд літературних джерел, присвячених питанням методів розрахунку кам'яних конструкцій, методів підсилення кам'яних конструкцій та розрахунку підсилених конструкцій. Приділено увагу розгляду існуючих нормативних та авторських методів розрахунку підсилення кам'яних конструкцій за дії згинальних моментів.

В ході літературного аналізу встановлено, що дослідженням роботи кам'яних та залізобетонних згинальних елементів, а також підсиленням кам'яних і залізобетонних конструкцій займалися вчені: Азізов Т.Н., Бабіч Є.М., Бабич В.І., Бамбура А.М., Барашиков А.Я., Бедов А.І., Бліхарський З.Я., Бондаренко В.М., Гвоздев О.О., Голишев О.Б., Демчина Б.Г., Дорофєєв В.С., Залесов О.С., Карпюк В.М., Кваша В.Г., Клименко Є.В., Кочкарьов Д.В., Лазовський Д.Н., Мальганов А.І., Мельник І.В., Онуфрієв М. М., Павліков А.М., Роговий С.І., Ромашко В.М., Ротко С.В., Савицький М.В., Семко О.В., Стороженко Л.І., Шкурупій О.А., Шмуклер В.С., Яременко О.Ф., Alexander M., Allen, A.H., Allwood R.J., Bernardo, L. F., Kaminska M. E., Loland, K.E., Meier U., Ritchie P., Sun, Y., Tabassum J., Tan, G.A., Vanderlei, R.D., Weiss, W.J. та інші.

Зроблені висновки, що згинальні кам'яні конструкції підсилюють різними способами, але кожний з них має свої недоліки. З'ясовано, що розрахунок

комбінованих конструкцій, в яких є кам'яний і залізобетонний елементи, може бути проведено методами розрахунку згинальних залізобетонних елементів. Застосування існуючих методів розрахунку міцності і деформативності залізобетонних елементів безпосередньо до розрахунку комбінованих конструкцій, що складаються з кам'яних і залізобетонних елементів, може бути здійснено лише за умови врахування наявності в перерізі матеріалів з різними характеристиками.

На основі проведеного огляду літератури поставлені задачі дослідження.

У розділі 2 розглянуто напружено-деформований стан і міцність комбінованих згинальних конструкцій з бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням. Розроблено алгоритм розрахунку комбінованої кам'яної балки, яка підсилена односторонньою залізобетонною пластиною, що дозволяє без застосування програмних комплексів розраховувати названі конструкції, досить швидко і ефективно варіювати параметри комбінованої конструкції.

Розглянуто згинальний елемент, що складається з двох шарів (у вертикальній площині), з'єднаних між собою в'язями в окремих точках (рис. 1).

Для розрахунку комбіновану конструкцію слід розділити на два окремих шари (дві балки). У місцях розтину в'язів і в першому, і в другому відсічених шарах (балках) будуть діяти невідомі вертикальні S_i і горизонтальні T_i сили, де i - номер в'язі. Ці невідомі визначаються складанням рівнянь сумісності деформацій (переміщень) для шару 1 і шару 2 комбінованої конструкції.

Вертикальні переміщення в i -тій точці складаються зі складових:

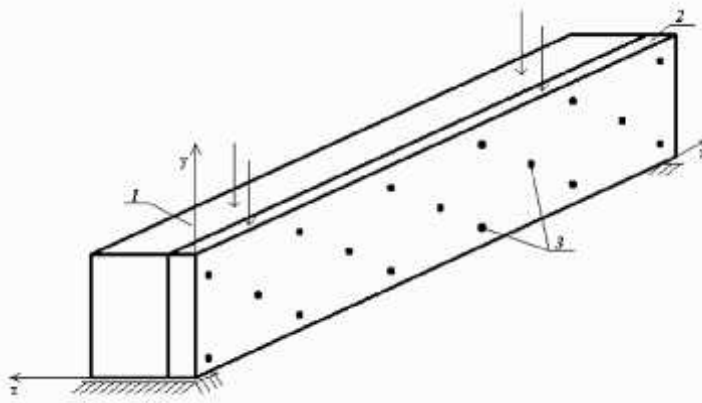


Рис. 1. Схема двошарового згинального елемента.

1 – кам'яна балка;

2 – залізобетонна пластина;

3 – в'язі

1. від згину зовнішнім навантаженням;
2. від згину вертикальними силами S_i , які підлягають визначенню;
3. від згину моментами, створюваними горизонтальними силами T_i . При цьому якщо сила знаходиться вище нейтральної осі балки, момент позитивний, якщо нижче - негативний;

4. від крутіння, створюваного вертикальними силами S_i (оскільки сили прикладені до бічної грані і балки 1, і балки 2);

5. від місцевого зминання в точці прикладання вертикальної сили S_i (деформація в'язі і зминання бетону під в'яззю).

Горизонтальні переміщення в i -тій точці складаються зі складових (при цьому якщо точка знаходиться вище нейтральної осі або нижче її, то

переміщення мають різні знаки):

6. від згину зовнішнім навантаженням;
 7. від згину вертикальними силами S_i ;
 8. від згину моментами, створюваними горизонтальними силами T_i в площині XOY;
 9. від згину моментами, створюваними горизонтальними силами T_i в площині YOZ;
 10. від стиснення (розтягування) силами T_i ;
 11. від місцевого зминання в точці прикладання горизонтальної сили T_i
- Вираз для визначення горизонтального переміщення в місці розташування i -тій в'язи має вид:

$$v_i = T_1 a_{i,1}^t + T_2 a_{i,2}^t + \dots + T_n a_{i,n}^t + S_1 a_{i,1}^s + S_2 a_{i,2}^s + \dots + S_n a_{i,n}^s + q a_i^q, \quad (2)$$

де $a_{i,j}^t$ – коефіцієнти при горизонтальних силах T_k , що визначаються за відомими формулами опору матеріалів і є сумами впливу кожної складової по п. 6-11 для горизонтальних переміщень;

$a_{i,j}^s$ – те ж, при вертикальних силах S_k ;

a_i^q – те ж, від зовнішнього навантаження.

Вираз для визначення вертикального переміщення в місці розташування i -тій в'язі виглядає:

$$y_i = T_1 c_{i,1}^t + T_2 c_{i,2}^t + \dots + T_n c_{i,n}^t + S_1 c_{i,1}^s + S_2 c_{i,2}^s + \dots + S_n c_{i,n}^s + q c_i^q, \quad (3)$$

де $c_{i,j}^t, c_{i,j}^s$ – коефіцієнти, аналогічні вищеописаним (пункти 1-5 для переміщень).

Так, наприклад, складова коефіцієнта $c_{i,1}^s$ при S_1 (див. вираз 3) від згину цією вертикальною силою дорівнюватиме множнику при силі S_1 виразу (3) для визначення вертикального переміщення в точці балки з координатою X_i від сили, розташованої в точці 1 з координатою X_1 :

$$y = S_1 \cdot \frac{x_1^2 b^2}{6EI} \left[2 \frac{l-x_i}{b} + \frac{l-x_i}{x_1} - \frac{(l-x_i)^3}{x_1 b^2} \right], \quad (4)$$

де $b=l-x_1$; l – проліт балки.

Прирівнюючи переміщення x_i і y_i для балки зліва (кам'яна частина) аналогічним переміщенням для балки праворуч (бічна пластина), отримаємо рівняння спільності деформацій в i -тій точці конструкції. Складаючи такі рівняння для всіх n точок комбінованою балки, отримаємо систему $2 \cdot n$ рівнянь з $2 \cdot n$ невідомими $T_1 \dots T_n, S_1 \dots S_n$.

Розроблено алгоритм розрахунку за пропонованою методикою і програма, яка написана мовою програмування Pascal.

Після визначення невідомих кожна з двох балок розраховується як статично визначена конструкція, на яку діють зовнішні сили і певні невідомі зусилля $T_1 \dots T_n, S_1 \dots S_n$ в в'язях, отримані з рішення системи рівнянь за

розробленою методикою.

У таблиці 1 наведені результати розрахунку (у пружній постановці) комбінованої балки прольотом 3000 мм, що складається з газобетонних блоків товщиною (шириною перерізу) 200 мм і висотою 300 мм, посилені односторонньої пластиною з важкого бетону товщиною b_2 (варіюється) з кількістю анкерів n (варіюється). Діаметр анкерів d_s (варіюється), відстань від осі балки до місця розташування анкерів по висоті $h = 50$ мм. По довжині балки анкери розподілені симетрично. На газобетонну частину балки діє навантаження $q = 10$ кН/м.

Таблиця 1

Варіант №	b_2	n	Коеф. посилення k при d_s рівному			
			3	6.5	10	14
1	10	2	1,5	1,61	1,64	1,65
2	10	3	1,8	1,93	1,96	1,97
3	10	5	1,79	1,87	1,88	1,88
4	20	2	1,75	2,04	2,11	2,15
5	20	3	2,4	2,9	3,01	3,06
6	20	5	2,44	2,73	2,78	2,8
7	40	2	2,0	2,59	2,79	2,89
8	40	3	3,24	4,93	5,47	5,74
9	40	5	3,45	4,45	4,68	4,77

У таблиці наведено коефіцієнт посилення k , який дорівнює відношенню максимального моменту незміцненої газобетонної частини до максимального моменту посиленої балки.

Як видно з таблиці 1, на ефективність посилення впливає діаметр анкерів d_s , товщина бетонної пластини b_2 , кількість анкерів. Істотне збільшення діаметра анкера мало впливає на збільшення коефіцієнта посилення. Так, при діаметрі 14 і 10 мм коефіцієнти посилення відрізняються незначно (менше двох відсотків). Різниця коефіцієнтів посилення при різних діаметрах анкерів тим більше, чим товще залізобетонна пластина.

Розроблена методика дозволяє проводити детальний аналіз ефективності підсилення при варіюванні різних факторів без застосування програмних комплексів.

У розділі наведено також розрахунок комбінованих балок з бічною залізобетонною пластиною з урахуванням утворення тріщин в кам'яному елементі. З огляду на те, що такі елементи мають малий прольот, для розрахунку такої системи розглянуто розрахунок двоблочної моделі з тріщиною, блоки якої з'єднані пружною в'язю (арматурою, залізобетонною пластиною), а у верхній зоні мають шарнір. Така система є статично визначною. Зусилля визначаються з умови плоского повороту двох блоків один відносно одного.

Спочатку слід умовно розрізати всі в'язі між кам'яною балкою і залізобетонною обоймою, залишивши лише дві крайні (наприклад, дві нижні крайні праворуч і ліворуч) в'язі. Дію розсічених в'язей слід замінити невідомими силами, спрямованими по горизонталі T_i і по вертикалі S_i . В результаті отримаємо статично визначену систему з однією в'яззю і шарніром в середині прольоту, на яку діє n невідомих горизонтальних і n невідомих вертикальних сил (рис. 2). Далі розрахунок проводиться з умови повороту двох блоків відносно умовного шарніру з прикладеними зовнішнім навантаженням і зусиллями T_i і S_i , визначеними з рішення попередньої задачі.

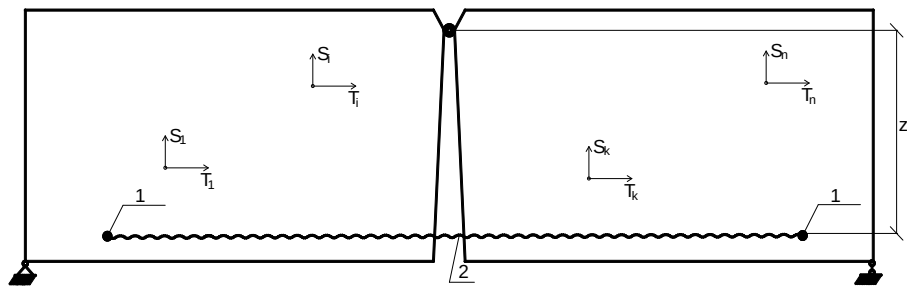


Рис. 2. Приведення конструкції до статично визначної блочно-шарнірної системи

1 – крайні в'язі; 2 – затяжка

Розрахунки за наведеною вище методикою показують, що при певному кроку і певному діаметрі в'язів (анкерів) між залізобетонною і кам'яною балками їх можна розглядати як монолітну конструкцію. У цьому випадку таку конструкцію можна розраховувати за методикою розрахунку залізобетонних конструкцій з використанням діаграмних методів, в тому числі за методикою ДСТУ Б В.2.6-156:2010 (далі – ДСТУ), але з деяким корегуванням на факт наявності різних матеріалів в перерізі елемента. При цьому з огляду на симетрію розташування залізобетонних пластин і кам'яної балки конструкцію можна розглядати як елемент, що піддається прямому згину, тобто два шари з двох сторін кам'яного елемента можна умовно привести до одного, що знаходиться збоку кам'яного елемента. Тоді умовно можна розглянути двошаровий елемент.

На рис. 3 показано поперечний переріз такого двошарового елемента. Вважаємо, так само як і при розрахунках за ДСТУ, що справедлива гіпотеза плоских перерізів. При справедливості гіпотези плоских перерізів незалежно від кількості шарів (по вертикалі) напруження в кожному з них буде визначатися по діаграмі « σ - ϵ » залежно від деформації.

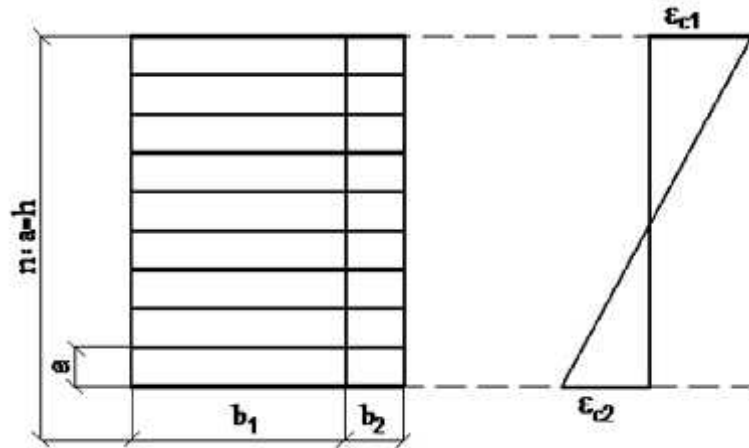


Рис. 3. Схема до розрахунку поперечного перерізу двошарового елемента

Оскільки шари складаються з різних матеріалів, то на одному і тому ж рівні по висоті перерізу в кам'яному елементі і в залізобетонному діють різні напруження. Напруження можна визначати за формулою розрахунку залізобетонних конструкцій:

$$s = f_{ck} \frac{kh - h^2}{1 + (k - 2)h}, \quad (5)$$

де f_{ck} – характеристична міцність шару (кам'яного чи бетонного); k – визначається за ДСТУ; $h = e_c / e_{c1}$ – рівень деформацій (відношення поточної деформації до деформації при максимальному напруженні). Звичайно ж, величини, що входять у вираз (5) для різних шарів матимуть різні значення. Величини k і η для залізобетонної пластини визначаються за ДБН з розрахунку залізобетонних конструкцій, а для газобетонних блоків рекомендується визначати за відомими в літературі експериментальними даними. Якщо ж підсилюваний елемент – кам'яний (наприклад, з цегляної кладки), то залежність « σ - ϵ » рекомендується визначати за такою схемою. З початку визначається модуль деформацій в i -тій смузі:

$$E_i = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{1.1 \cdot R_u} \epsilon_i}, \quad (6)$$

а потім напруження $\sigma_i = E_i \cdot \epsilon_i$.

Розрахунок ведеться подібно методиці ДСТУ послідовним збільшенням деформацій в крайній стиснутій фібрі перерізу. При цьому напруження в шарі кам'яної частини і в залізобетонній пластині (пластинах, якщо підсилення з двох сторін) мають різні значення тому, що ці шари мають різні діаграми деформування матеріалів.

Розроблена методика розрахунку комбінованих згинальних конструкцій з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів придатна як для комбінованих балок, в яких залізобетонні пластини розташовані симетрично з двох сторін, так і по одній бічній грані.

У розділі розроблено також методику розрахунку комбінованих балок на кручення. При цьому поперечний переріз балки поділяють на кінцеве число

поздовжніх стрижневих елементів прямокутного перерізу, які з'єднані поперечними стрижнями. Жорсткість кожного поздовжнього стрижня приймається як жорсткість відповідних прямокутників. Жорсткість поперечних стрижнів підбирають таким чином, щоб їх осьове переміщення дорівнювало переміщенню від місцевої деформації поздовжніх стрижнів. Значення місцевої деформації в певній точці приймають з серії попередніх розрахунків за допомогою об'ємних скінчених елементів в програмі «Ліра-САПР» і отриманні залежностей місцевого переміщення від розмірів поперечного перерізу поздовжнього стрижня і розташування поперечних стрижнів по довжині поздовжнього. Таким чином, розрахунок на кручення об'ємного елемента проводиться методом стрижневої апроксимації. Тобто суцільне тіло замінюється стрижневою системою з поздовжніми і поперечними стрижнями. При цьому в місцях розташування бічної пластини і кам'яної частини жорсткості стрижнів відрізняються.

У розділі 3 наведені результати експериментальних досліджень міцності і деформативності комбінованих балок з бічними залізобетонними односторонніми та двосторонніми пластинами і заповненням з цегли та легко бетонних блоків. Випробувані балки, які складалися з газобетонних блоків з бічними односторонніми (рис. 4, а) і двосторонніми (рис. 4, б) залізобетонними пластинами, а також балки, які складалися з цегляної кладки з бічними односторонніми залізобетонними пластинами.

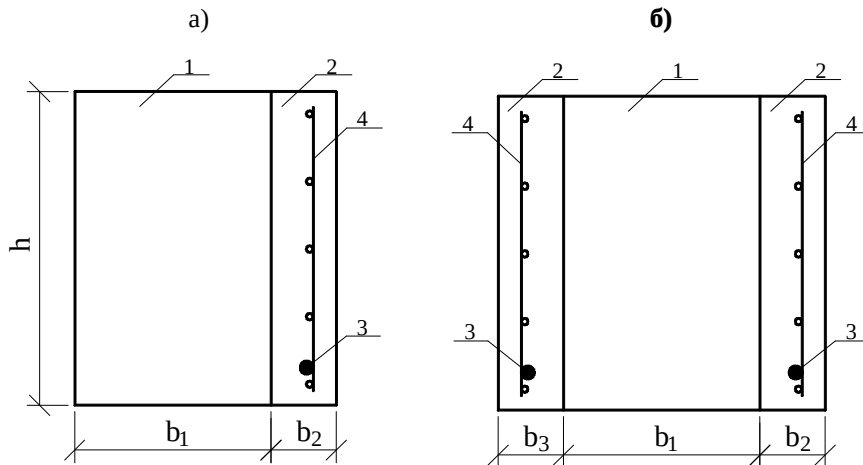


Рис.4. Схеми поперечного перерізу експериментальних балок: а) – з односторонніми пластинами; б) – з двобічними. 1 – газобетонні блоки (цегляна кладка); 2 – залізобетонні бічні пластини; 3 – робоча арматура; 4 – арматурна сітка

В експерименті варіювалися товщина бічної залізобетонної пластини b_2 , діаметр робочої арматури, розташування бічної пластини з однієї або з двох сторін кам'яної частини балки.

Газобетонні балки з односторонніми пластинами були складені з трьох газобетонних блоків розміром 200х300х600 мм. Висота балки становила 300 мм, ширина її перетину – 200мм плюс товщина бічної залізобетонної пластини. Довжина балок – 1800 мм, розрахунковий проліт – 1500 мм. Цегляні балки мали ширину перерізу 250 мм плюс товщина бічної односторонньої пластини.

Всього було виготовлено і випробувано 16 комбінованих балок.

Експериментальні дослідження показали, що комбіновані конструкції, які складаються з кам'яних балок (цеглианих, газобетонних), посилених односторонніми або двосторонніми залізобетонними пластинами, є цілком життєздатними. Основною несучою частиною такої комбінованої конструкції є залізобетонні пластини. Від їх армування, а також від товщини, в основному залежить несуча здатність всієї конструкції. Кам'яна частина такої комбінованої балки, хоча безпосередньо грає незначну роль, побічно істотно підсилює конструкцію в цілому. Завдяки наявності кам'яного заповнення тонкі залізобетонні пластини не втрачають стійкості плоскої форми згину, і їх несуча здатність повністю реалізовується. Крім того, кам'яна частина комбінованої конструкції бере участь в роботі стиснутої зони залізобетонної пластини, умовно збільшуючи її ширину.

При посиленні газобетонних зігнутих елементів бічними залізобетонними пластинами обов'язковим є влаштування анкерів, що зв'язують газобетонні блоки з залізобетонними пластинами. Експериментально показано, що при відсутності анкерів залізобетонні пластини практично відразу відшаровуються від газобетонних блоків. Адгезії без використання клеючих складів недостатньо для забезпечення спільної роботи комбінованої конструкції.

Робота комбінованої конструкції відповідає роботі залізобетонної балки. Утворення тріщин, руйнування і деформація відбувається аналогічно залізобетонним балкам, що дає також право використовувати методику розрахунку залізобетонних конструкцій до розрахунку таких комбінованих конструкцій з відповідними поправками. Загальний вигляд тріщиноутворення і руйнування балок наведено на рис. 5.



а)



б)



в)

Рис.5. Загальний вигляд тріщин перед руйнуванням
а – в газобетонній балці зі сторони газоблоків; б – те ж, зі сторони залізобетонної пластини; в – цегляної балки зі сторони кладки

При прикладенні навантаження тріщини в кам'яній частини комбінованої конструкції мають більшу ширину розкриття, ніж тріщини в залізобетонних пластинах. При максимальних навантаженнях ці тріщини мають ширину розкриття більше ніж 1-2 мм. Однак цей фактор не може бути небезпечним, так як при цьому тріщини в залізобетонних пластинах розкриваються на невелику ширину. З огляду на те, що робоча арматура комбінованої конструкції, а також сітка, призначена для кріплення залізобетонної пластини, знаходиться в товщі бетонної пластини, розкриття тріщин в кам'яній частини не може впливати на корозію робочої арматури і сітки.

Експериментальні дослідження показали, що для кріплення односторонніх залізобетонних пластин до кам'яної частини цілком достатньо використання будівельних шурупів довжиною 70-100 мм. При двосторонніх пластинах такі пластини можуть бути з'єднані між собою дротом Ø3-4 мм, вставленим в просвердлені в кам'яній частини отвори і прив'язаним до сітки пластини. Крок і діаметр анкерів підбирається розрахунком за розробленою у другому розділі методикою.

Експериментальні дослідження показали також, що комбіновані конструкції можуть бути навантажені як навантаженням, одночасно прикладеним і до залізобетонних пластин, і до кам'яної частини, так і навантаженням, прикладеним тільки до кам'яної частини. Цей фактор є дуже важливим, оскільки при посиленні існуючих кам'яних стін не завжди є можливість передачі навантаження на підсилюючий залізобетонний елемент. При навантаженні конструкції навантаженням, прикладеним тільки до кам'яної частини, балка виявляється цілком працездатною і її робота практично не відрізняється від роботи балки, навантаження до якої прикладене і до кам'яної частини, і до залізобетонних пластин.

За наявності односторонніх залізобетонних пластин, незважаючи на несиметричність перерізу, не відбувається помітного крутіння балок (в експериментах помітної різниці в деформаціях протилежних граней балок не спостерігалось), оскільки співвідношення ширини перерізу і прольоту балок таке, що вплив несиметричного розташування пластин невеликий. З огляду на те, що кам'яні стіни мають невеликі прольоти порівняно з їх висотою, використання односторонніх пластин цілком виправдано. Цей експериментальний фактор дозволяє зробити висновок про те, що при проектуванні коротких балок несиметричним розташуванням залізобетонних пластин можна знехтувати і розрахунок таких елементів робити аналогічно розрахунку з симетричним двостороннім розташуванням пластин без урахування крутіння.

Робота цегляних балок з одnobічними залізобетонними пластинами також показала надійність таких конструкцій. Зсуву берегів критичної нормальної тріщини в цегляній частині протягом усього експерименту не спостерігалось. Тріщини в цегляній частині утворювалися раніше тріщин у залізобетонній пластині і протягом усього експерименту мали більшу ширину розкриття, ніж ширина розкриття тріщин у залізобетонній пластині.

В результаті експериментів встановлено, що комбіновані згинальні елементи, що складаються з кам'яної частини і двосторонніх або односторонніх залізобетонних пластин, є цілком життєздатними і можуть бути рекомендовані в практиці будівництва. Кам'яна частина комбінованої конструкції грає роль елемента, що перешкоджає втраті стійкості плоскої форми згину залізобетонних пластин.

Встановлено, що при підсиленні газобетонних згинальних елементів бічними залізобетонними пластинами обов'язковою є умова наявності анкерів, що зв'язують кам'яну і залізобетонну частини.

У розділі 4 представлені практичні методи розрахунку комбінованих балок. Розглянуто алгоритм конструктивного розрахунку комбінованих згинальних конструкцій з несучими залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням з врахуванням впливу в'язей, нелінійних властивостей матеріалів.

Розроблено методику розрахунку конструкцій, що розглядались, з застосуванням діаграми Прандлє. При цьому прийнято, що у залізобетонній балці (бічній пластині) розташовано n шарів поздовжньої арматури. Деформація i -того шару арматури ε_{si} , відстань від нижньої грані елемента до осі цього шару арматури Z_{si} (рис. 6). Через ε_{c1} та ε_{c2} на рис. 6 позначені деформації відповідно першого і другого шарів комбінованої балки, відповідні максимальним напруженням f_{cm} на діаграмі «напруження-деформації». Оскільки матеріали шарів балки мають різні характеристики, то при деформації крайньої стиснутої фібри ε_b напруги f_{cm} для різних шарів будуть різними.

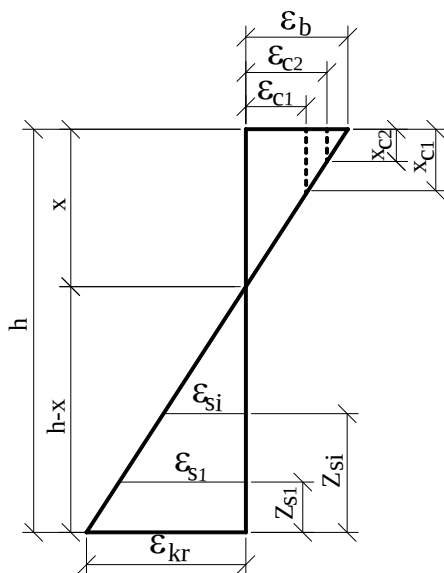


Рис. 6. Схема деформацій в поперечному перерізі комбінованого елемента

Розрахунок ведеться методом підбору деформацій ε_b в стиснутій зоні і задоволенню умов рівноваги, а також з дотриманням гіпотези плоских перерізів. При заданій деформації ε_b можливі два випадки епюри напружень в стиснутій зоні кожного шару елемента. Розглянемо кожен з них окремо.

1-й випадок. Деформація ε_b менше максимальних деформацій розглянутого шару, тобто $\varepsilon_b \leq \varepsilon_{c,i}$, де $i = 1, 2$ – номер вертикального шару балки. Тоді епюра стискаючих напружень буде трикутною і зусилля в стиснутій зоні

дорівнюватимуть:

$$N_{b,i} = b_i E_{b,i} \varepsilon_b x / 2, \quad (7)$$

де $N_{b,i}$ – зусилля в стислій зоні i -го вертикального шару елемента; b_i – ширина i -того шару.

2-й випадок. Деформація ε_b більше ніж максимальні деформації розглянутого шару, тобто $\varepsilon_b > \varepsilon_{c,i}$. Тоді епюра стискаючих напружень буде трапецієподібною.

Зусилля в стиснутій зоні буде визначатися з виразу:

$$N_b = x \frac{E_b b \varepsilon_c}{2} \left(1 + \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_c}{\varepsilon_b} \right). \quad (8)$$

Розглянемо визначення зусилля в розтягнутій зоні. З огляду на те, що розглядається наближена методика, а також факт незначного впливу розтягнутого бетону, знехтуємо цим впливом. Напруження в кожному шарі арматури будуть однозначно визначатися значенням деформацій $\varepsilon_{s,i}$ в крайній розтягнутій фібрі перерізу (див. рис. 6).

Сумарне зусилля N_s в усіх стрижнях арматури:

$$N_s = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{s,i} A_{s,i} E_{s,i}, \quad (9)$$

де $A_{s,i}$, $E_{s,i}$ – відповідно площі перерізів і модулі пружності i -того шару арматури.

Остаточно після деяких перетворень отримаємо:

$$N_s = \frac{1}{x} \sum_{i=1}^n E_{s,i} A_{s,i} (\varepsilon_b h - \varepsilon_b Z_{s,i}) - \sum_{i=1}^n E_{s,i} A_{s,i} \varepsilon_b. \quad (10)$$

Зауважимо, що множники при висоті стиснутої зони x для зусилля N_b в стиснутому бетоні по (7) і (8), а також для зусилля N_s в арматурі по (10) є постійними величинами для конкретної балки. Отже, для визначення невідомої висоти стиснутої зони x матимемо одне лінійне рівняння. Тому вираз для N_s можна представити у вигляді:

$$N_s = \frac{B}{x} - C, \quad (11)$$

де на підставі (10):

$$B = \sum_{i=1}^n E_{s,i} A_{s,i} (\varepsilon_b h - \varepsilon_b Z_{s,i}); C = \sum_{i=1}^n E_{s,i} A_{s,i} \varepsilon_b. \quad (12)$$

Можливих випадків визначення висоти стиснутої зони x може бути чотири залежно від співвідношення деформації ε_b до максимальних деформацій шарів $\varepsilon_{c,1}$ і $\varepsilon_{c,2}$. Розглянемо кожен з цих випадків окремо.

1-й випадок. $\varepsilon_b \leq \varepsilon_{c,1}$ и $\varepsilon_b \leq \varepsilon_{c,2}$. На підставі (7) маємо:

$$N_b = \frac{E_{b,1} b_1 \varepsilon_b + E_{b,2} b_2 \varepsilon_b}{2} x = D_1 x. \quad (13)$$

Рівняння для визначення висоти стиснутої зони (з умови $N_b = N_s$):

$$D_1 x = \frac{B}{x} - C. \quad (14)$$

Розв'язуючи квадратне рівняння (14), отримаємо шукану висоту стиснутої зони для першого випадку.

2-й випадок. $\varepsilon_b > \varepsilon_{c,1}$ и $\varepsilon_b > \varepsilon_{c,2}$. На підставі (8) маємо:

$$N_b = \left[\frac{E_{b,1} b_1 \varepsilon_{c,1}}{2} \left(1 + \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{c,1}}{\varepsilon_b} \right) + \frac{E_{b,2} b_2 \varepsilon_{c,2}}{2} \left(1 + \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{c,2}}{\varepsilon_b} \right) \right] x = D_2 x. \quad (15)$$

Рівняння для визначення висоти стиснутої зони:

$$D_2 x = \frac{B}{x} - C. \quad (16)$$

Розв'язуючи квадратне рівняння (16), отримаємо шукану висоту стиснутої зони для другого випадку.

3-й випадок. $\varepsilon_b \leq \varepsilon_{c,1}$, но $\varepsilon_b > \varepsilon_{c,2}$. Складова зусилля в стиснутій зоні для першого шару буде визначатися за (7), а для другого шару - за (8):

$$N_b = x * \left[\frac{b_1 E_{b,1} \varepsilon_b}{2} + \frac{E_{b,2} b_2 \varepsilon_{c,2}}{2} \left(1 + \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{c,2}}{\varepsilon_b} \right) \right] = D_3 x. \quad (17)$$

Рівняння для визначення висоти стиснутої зони:

$$D_3 x = \frac{B}{x} - C. \quad (18)$$

Розв'язуючи квадратне рівняння (18), отримаємо шукану висоту стиснутої зони для третього випадку.

4-й випадок. $\varepsilon_b > \varepsilon_{c,1}$, але $\varepsilon_b \leq \varepsilon_{c,2}$. Складова зусилля в стиснутій зоні для першого шару буде визначатися за (8), а для другого шару - за (7):

$$N_b = x * \left[\frac{b_2 E_{b,2} \varepsilon_b}{2} + \frac{E_{b,1} b_1 \varepsilon_{c,1}}{2} \left(1 + \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{c,1}}{\varepsilon_b} \right) \right] = D_4 x. \quad (19)$$

Рівняння для визначення висоти стиснутої зони:

$$D_4 x = \frac{B}{x} - C. \quad (20)$$

Розв'язуючи квадратне рівняння (20), отримаємо шукану висоту стиснутої зони для четвертого випадку.

Наведена вище методика розрахунку є з одного боку наближеною, з іншого - досить простою. У той же час похибка порівняно з точною методикою, яка приведена в розділі 2 дисертації і ґрунтується на підході, прийнятому в ДСТУ, виявляється досить невеликою. Тому, з огляду на її переваги (відсутність зациклення при ітераціях, суттєво меншу кількість ітерацій), її застосування в практиці проектування дозволяє значно економити час.

В розділі розглянуто також інженерний метод розрахунку, що дозволило суттєво зменшити кількість ітерацій. При цьому враховано, що в перерізі розташовано два різних матеріали. Зроблено порівняння за різними методиками розрахунку. Розглянуті границі застосування різних методик розрахунку та випадки коли доцільно застосовувати ту чи іншу методику.

Проведено порівняння експериментальних даних з розрахунковими. На рис. 7 наведено графіки порівняння розрахункових даних з експериментальними. Теоретичні дані досить добре узгоджуються з експериментальними. Середня величина похибки становить від -2% до +21%. Коефіцієнти варіації – від 3.4% до 12%.

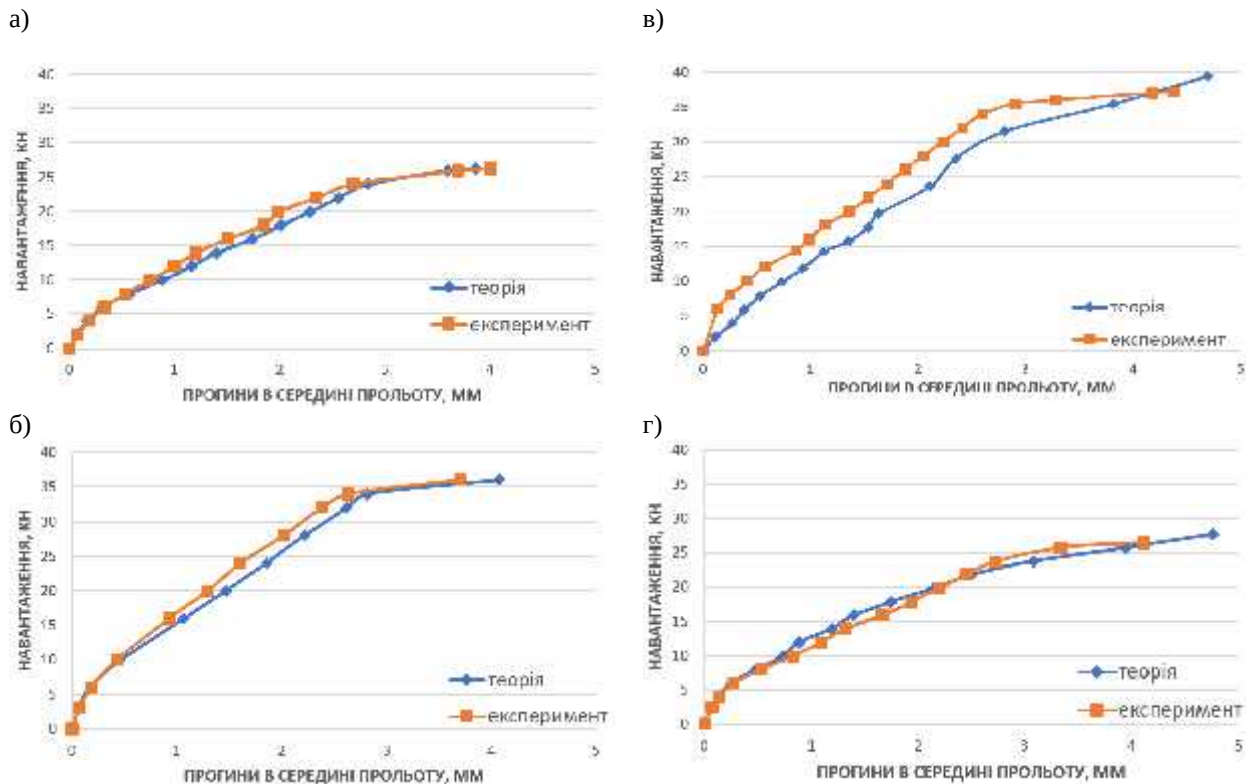


Рис.7. Графіки «навантаження-прогин» для різних балок:
 а – Б-1-3-Н (однобічна пластина, $d_s=10$ мм); б – Б-2-3 (двобічна пластина, $d_s=8$ мм); в – Б-2-4 (двустороння пластина, $d_s=8$ мм); г – БК-4 (цегляна балка з однобічною пластиною, $d_s=10$ мм)

Розроблені рекомендації із застосування залізобетонних пластин при підсиленні кам'яних стін, основи яких піддалися нерівномірній осадці.

Запропоновано застосування перемичок з легкобетонних блоків з двобічними або однобічними залізобетонними пластинами (рис. 8).

Економічна доцільність використання запропонованих перемичок з бічними залізобетонними пластинами полягає в тому, що віконний чи дверний отвір перекривається тим же самим матеріалом, що і стіна. Потреба в використанні залізобетонних перемичок відпадає. Влаштування перемички не потребує ні додаткового обладнання, ні додаткових матеріалів, ані додаткових монтажних пристосувань. Монтаж перемички можна робити вручну, тому що її вага мала. Перемичка виготовляється безпосередньо на будівельному майданчику.

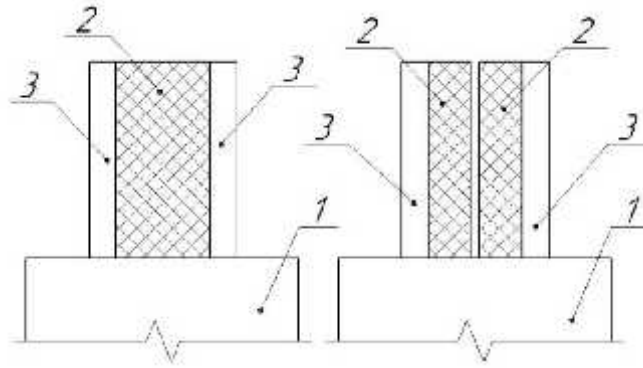


Рис. 8. Схема пропонованої легкобетонної перемички з бічними залізобетонними пластинами: а – один ряд блоків з двома бічними пластинами; б – два ряди блоків з односторонніми пластинами. 1 – вертикальна частина віконного (дверного) отвору; 2 – газобетонний блок; 3 – залізобетонна пластина

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена важлива науково-технічна задача розрахунку комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів, спільної роботи бічних пластин і кам'яної частини, запропонована і запатентована нова конструкція комбінованої балки. Результати досліджень дозволили зробити наступні висновки.

1. Комбіновані балки з бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням, мають ряд переваг перед кам'яними конструкціями, посиленими зовнішніми тяжами. Це можливість виготовлення безпосередньо на будівельному майданчику; поліпшення теплозахисних властивостей стін за рахунок використання перемичок з легкого бетону; можливість простого і надійного посилення цегляних стін при нерівномірних осіданнях їх основ.

2. Перевірена можливість використання методики нелінійного розрахунку залізобетонних конструкцій відповідно до вимог нормативних документів України. Ця методика вдосконалена і адаптована до розрахунку комбінованих конструкцій, що враховують наявність в перерізі матеріалів з різними деформативними і міцнісними характеристиками. Крім того розроблена інженерна методика розрахунку міцності комбінованих конструкцій.

3. Досліджена спільна робота залізобетонних пластин з кам'яною частиною комбінованої конструкції, їх напружено-деформований стан і розроблені методики розрахунку комбінованих конструкцій, що враховують спільну роботу пластин і кам'яної балки, нелінійні властивості матеріалів.

4. Експериментально перевірена надійна робота згинальних комбінованих конструкцій, посилених односторонніми і двосторонніми залізобетонними пластинами; показано, що кам'яний елемент забезпечує стійку форму згину бічної залізобетонної пластини. Наведено порівняння розрахункових даних з експериментальними, яке показало задовільну збіжність (середня величина

похибки становить від -2% до +21%. Коефіцієнти варіації – від 3.4% до 12%), що дозволяє рекомендувати розроблені конструкції і методики їх розрахунку в практику будівництва.

5. У дисертації запропоновані нові конструкції балок з кам'яних матеріалів, підсилених бічними залізобетонними пластинами. Запропоновані рекомендації щодо застосування таких конструкцій у якості перемичок, інших згинальних конструкцій. Запропоновано спосіб підсилення кам'яних стін при нерівномірному осіданні їх основ за допомогою влаштування бічних залізобетонних пластин. Розроблені програми для розрахунку на ЕОМ комбінованих балок з врахуванням нелінійних властивостей матеріалів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Мыза А. С., Азизов Т. Н. Расчет комбинированных балок с учетом кручения. Містобудування та територіальне планування. 2019. Вип. 69. С. 269-277. *(особистий внесок здобувача: участь у розробленні моделі, розроблення алгоритму розрахунку),*

2. Азизов Т. Н., Миза О. С., Орлова О. М. Підсилення кам'яних згинальних елементів бічними залізобетонними пластинами. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Збірник наукових праць. Луцьк, 2019. Вип. 11. С. 3-11. *(особистий внесок здобувача: розроблення конструкції підсилення цегляних стін)*

3. Азизов Т. Н., Миза О. С. Методика розрахунку комбінованих балок. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2019. Вип. 183. С. 95-105. *(особистий внесок здобувача: розроблення алгоритму і програми розрахунку, аналіз розрахункових даних)*

4. Азизов Т. Н., Миза О. С., Орлова О. М., Нагайчук О. В. Границі застосування методик нелінійного розрахунку комбінованих балок і пропозиції щодо використання таких балок у будівництві. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського Серія: Технічні науки. 2019. Том 30 (69) № 2 Частина 1. С. 193-198. *(особистий внесок здобувача: участь у розробленні розрахункової моделі, розроблення алгоритму і програм розрахунку, визначення границь застосування різних методик, аналіз даних)*

5. Азизов Т. Н., Мыза А. С. Каменные балки, усиленные односторонней железобетонной обоймой. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 32. Рівне: НУВГП, 2016. С. 428-435. *(особистий внесок здобувача: отримання системи рівнянь для визначення невідомих зусиль, складання програми для розрахунку, аналіз розрахункових даних)*

Наукові праці, опубліковані у виданнях, що індексуються у Scopus:

6. Talyat Azizov, Oleksii Melnik, Oleksandr Myza. Strength and Deformation of Combined Beams with Side Reinforced Plates. Materials Science Forum

Submitted: 2019-04-24 ISSN: 1662-9752, Vol. 968, pp 234-239 (*особистий внесок здобувача: розробка методики випробувань, виготовлення дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень та їх аналіз*)

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

7. Азизов Т. Н., Мыза А. С. Учет нелинейных свойств материалов изгибаемых каменных элементов, усиленных железобетонными пластинами. Sciences of Europe. 2016. Vol 1, № 8. S. 69-74. (*особистий внесок здобувача: участь у розробленні моделі, розроблення алгоритму і програми розрахунку, аналіз розрахункових даних*)

8. Азизов Т. Н., Мыза А. С. Расчет каменных балок, усиленных боковой железобетонной обоймой, с учетом образования трещин. Сталезаліобетонні конструкції. Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. Збірник наукових статей. Полтава, 2016. Випуск 12. С. 46-52. (*особистий внесок здобувача: розроблення моделі, розрахунок за розробленою моделлю, аналіз розрахунків*)

9. Азизов Т. Н., Мыза А. С. Engineering method of calculation stone elements, reinforced concrete reinforced side plates. Sciences of Europe. 2017. Vol 1, № 12. P. 35-41. (*особистий внесок здобувача: розроблення інженерної методики, алгоритму і програми розрахунку, аналіз розрахункових даних*)

10. Azizov T. N., Myza O. S. Experimental research of strength and deformation of stone beams which are strengthened by side concrete plates. Sciences of Europe. – 2018. Vol 1, № 33. P. 18-23. (*особистий внесок здобувача: розробка методик випробувань, виготовлення дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень та їх аналіз*)

Патент на корисну модель:

11. Кам'яна балка із залізобетонною обоймою: пат. 115176 UA, № а 200503501; заявл. 07.09.2016; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7. (*особистий внесок здобувача: проведення порівняльних розрахунків, пропозиції щодо кріплення бічних пластин з кам'яними елементами*).

АНОТАЦІЯ

Мыза О.С. Комбіновані згинальні конструкції з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням – рукопис.

Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. – Одеська державна академія будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2019 р.

В дисертації розроблено методику розрахунку несучої здатності і деформацій комбінованих згинальних конструкцій з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням і принципи застосування таких елементів в будівлях.

На основі експериментальних та теоретичних досліджень вирішена важлива задача розрахунку комбінованих згинальних конструкцій з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів, спільної роботи бічних пластин і кам'яної частини. Розроблена методика визначення зусиль взаємодії між бічними пластинами і кам'яним заповненням в комбінованих балках, методика нелінійного розрахунку комбінованих згинальних елементів. Експериментально підтверджена працездатність комбінованих згинальних конструкцій. Запропоновані перемички у вигляді бічних залізобетонних пластин з заповненням з легкобетонних блоків. Розроблені програми для ЕОМ, в яких реалізовані всі методики розрахунку згинальних елементів з несучими бічними залізобетонними пластинами і кам'яним заповненням.

Ключові слова: комбіновані згинальні конструкції, комбінована балка, залізобетонна пластина, в'язі, підсилення, нелінійна робота, сумісна робота.

АННОТАЦІЯ

Мыза А.С. Комбинированные изгибаемые конструкции с несущими боковыми железобетонными пластинами и каменным заполнением - рукопись.

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. - Одесская государственная академия строительства и архитектуры Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2019.

В диссертации разработана методика расчета несущей способности и деформаций комбинированных изгибаемых конструкций с несущими боковыми железобетонными пластинами и каменным заполнением и принципы применения таких конструкций в зданиях.

На основе экспериментальных и теоретических исследований решена важная задача расчета комбинированных изгибаемых конструкций с учетом нелинейных свойств материалов, совместной работы боковых пластин и каменной части. Разработана методика определения усилий взаимодействия между боковыми пластинами и каменным заполнением в комбинированных балках, методика нелинейного расчета комбинированных изгибаемых элементов. Экспериментально подтверждена работоспособность комбинированных изгибаемых конструкций. Предложены перемычки в виде вертикальных железобетонных пластин с заполнением из легкобетонных блоков. Разработаны программы для ЭВМ, в которых реализованы все методики расчета изгибаемых элементов с несущими боковыми железобетонными пластинами и каменным заполнением.

Ключевые слова: комбинированные изгибаемые конструкции,

комбинированная балка, железобетонная пластина, связи, усиление, нелинейная работа, совместная работа.

ABSTRACT

Miza O.S. Combined bending structures with load-bearing side lateral reinforced concrete plates and stone filling - *qualifying scientific work on the rights of the manuscript.*

Dissertations for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.23.01 - building structures, buildings and constructions. - Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, 2019.

The method of calculation of bearing capacity and deformations of the combined bending structures with bearing lateral reinforced concrete plates and stone filling, and also principles of application of such structures in buildings are developed in the dissertation.

It is shown that the calculation of combined structures, which have stone and reinforced concrete elements, can be carried out by methods of calculating bending reinforced concrete elements. The application of existing methods for calculating the strength and deformability of reinforced concrete elements directly to the calculation of combined structures consisting of stone and reinforced concrete elements can be carried out only if materials with different characteristics are cross section.

The stress-strain state and strength of combined stone beams reinforced with reinforced concrete plates were theoretically and experimentally investigated. A technique for determining the forces in ties (anchors) that connect the stone part of a combined structure to reinforced concrete side plates has been developed. A system of equations for determining these unknown forces is derived. After determining the forces in the anchors, each element of the combined structure is considered as a separate beam with external loads and forces in the anchors applied to it.

Based on the calculations by the developed method, it is shown that at a certain step and a certain diameter of ties (anchors) between reinforced concrete and stone beams, they can be considered as a monolithic construction. In this case, such a structure can be calculated by the method of calculation of reinforced concrete structures using diagrammatic methods, including the method of regulatory documents, but with the adjustment to the fact of the presence of different materials in cross section of the element. However, given the symmetry of the placement of reinforced concrete plates and stone beams, the structure can be considered as a straight bendable element. Thus two layers on two sides of a stone element can be conditionally brought to one located on the side of a stone element and conditionally consider a two-layer element.

A technique for calculating the torsion of a combined element is considered taking into account the presence of different materials in the section of the beam. The calculation methodology is based on a pivotal approximation. The cross-section of the combined element is divided into a finite number of longitudinal rectangular elements that are connected by cross bars. The rigidity of the transverse rods is

selected so that their deformations are equal to the local deformations arising from the contact of adjacent longitudinal elements.

The results of experimental studies of the strength and deformability of combined beams with lateral reinforced concrete one-sided and two-sided plates and filling of brick and light concrete are presented. As a result of the experiments it is established that the combined bending elements, consisting of a stone part and bilateral or unilateral reinforced concrete plates, are quite viable and can be recommended in the practice of construction. It is shown that the stone part of the combined structure plays the role of an element that prevents the loss of stability of the flat bend shape of reinforced concrete plates.

Experimental studies have shown that the reinforcement of aerated concrete bent elements by lateral reinforced concrete plates is a prerequisite for the presence of anchors connecting the stone and reinforced concrete parts. It is established that the combined design is equally effective when loading only the stone part, and when loading both the stone part and reinforced concrete plates. Experiments have also shown that in combined elements in which the ratio of span to section height and width is small, the use of unilateral reinforced concrete plates is as effective as that of bilateral ones. No significant difference in the deformation of the opposite faces of the beams was observed in the experiments, which indicates that there is no significant torsion.

The method of constructive calculation of combined beams with consideration of nonlinear properties of materials is developed. This technique enhances the calculation method adopted in the regulatory documents. It is taken into account that in the section of the combined beam there are two different materials. The method of calculation of the considered structures using the Prandl diagram was developed, which allowed to reduce significantly the number of iterations, as well as the engineering method of calculation. The techniques allow to calculate the combined bending elements in which the side plates can be located on one side and on both sides of the beam. Comparisons were made by different calculation methods. The limits of application of different calculation methods and the cases when it is expedient to use one or another method are considered. The Pascal programming language has been developed by all methods, which allows to calculate the named constructions without the use of complex software systems, to vary quickly and effectively the parameters of the combined design.

The experimental data are compared with the calculated data, which showed satisfactory convergence (the average error is from -2% to + 21%. The coefficients of variation - from 3.4% to 12%), which gives the right to recommend the developed methods of calculation in the practice of design. Recommendations for the use of reinforced concrete plates for the reinforcement of stone walls, the foundations of which have undergone an uneven draft, have been developed. New designs of jumpers made of lightweight concrete blocks reinforced with lateral reinforced concrete plates that can be manufactured directly at the construction site have been developed and proposed. The results of the research were implemented in the design of real objects for various purposes.

Key words: combined bending structures, combined beam, reinforced concrete plate, ties, reinforcement, non-linear work, joint work.

Підписано до друку 21.01.2020 р.
Формат 60 X 8 4/16 Папір офісний Гарнітура Times
Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 1,51.
Наклад 100 прим. Зам. №20-7Е

Видавець і виготовлювач:
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Свідоцтво ДК № 4515 від 01.04.2013 р.
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.
тел.: (048) 729-85-34, e-mail: rio@ogasa.org.ua

Надруковано в авторській редакції з готового оригінал-макету
в редакційно-видавничому відділі ОДАБА