

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента Спіранде К.В.

про дисертаційну роботу Мальованої Олени Олександрівни

«Міцність елементів із високоміцного бетону при зрізі»,

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі

спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

у спеціалізовану вчену раду Д 44.052.02 при Національному університеті

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Представлена дисертація викладена на 160 сторінках, у т.ч. на 111 сторінках основного тексту, має 2 додатки, список використаних джерел включає 158 найменувань, а її автореферат викладений на 24 сторінках.

В цілому, побудова дисертації, її об'єм та наповнення відповідає вимогам ДАК МОН України до кандидатських дисертацій.

Актуальність теми дисертації. Створення сучасних будівельних конструкцій можливо із застосуванням для їх виготовлення нових ефективних матеріалів, при цьому відбувається заміщення традиційних важких бетонів багато компонентними модифікованими. Використання високоміцних бетонів, що мають високі технологічні характеристики, також є особливо важливим в умовах збільшення висоти будівель та їх прольотів. Крім того, є необхідність в розробці загальних теоретично методів розрахунків, які б поширювалися і на високоміцні бетони, оскільки дія ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення» розповсюджуються тільки на традиційні бетони.

Бетонні та залізобетонні конструкції, що перебувають під дією зрізувальних сил, потребують особливої уваги, так як суттєво вирізняються конструктивним рішенням та характером напружено-деформованого стану у зоні зрізу. Існуюча нормативна база використовує емпіричні залежності для розрахунку міцності на зріз, які були отримані на основі експериментальних досліджень елементів із звичайного бетону класу не вище С50/60.

Виходячи з цього, тема дисертаційної роботи, яка присвячена розв'язанню важливого завдання вдосконалення розрахунку міцності бетонних і залізобетонних елементів із високоміцного бетону при зрізі, є **актуальною** та підкреслює важливість поставлених у роботі задач для забезпечення надійної й безпечної експлуатації будівель та споруд.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертація виконана в рамках науково-дослідницьких програм Національного університету імені Юрія Кондратюка «Розробка інженерних методів розрахунку міцності бетонних і залізобетонних елементів при складних і неоднорідних напружено-деформованих станах на основі непружних дилатаційних моделей деформування бетону» (номер державної реєстрації 0193U009184) та «Дослідження і розроблення інженерних методів розрахунку опору руйнуванню й деформуванню бетонних і залізобетонних, кам'яних та армокам'яних елементів, що зазнають неоднорідний напружено-деформований стан при різному характері впливів і середовища» (номер державної реєстрації 0117U003248).

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. Роботу, що рецензується, характеризує необхідний науково-методичний рівень, поєднання розрахунково-теоретичних та експериментальних досліджень зразків Гвоздева, залізобетонних прямокутних шпонок, зрізаних бетонних клинів та балок, обробки результатів експериментів, порівняльного аналізу результатів теоретичної й експериментальної міцності.

Представлені наукові положення та результати дисертаційної роботи є достатньо науково обґрунтованими, висновки – достовірними. Науковий рівень результатів досліджень, виконаних Мальованою О.О., достатній для дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що:

– отримані нові експериментальні дані про деформований стан, характер руйнування та граничне навантаження елементів із високоміцного бетону, які руйнуються шляхом зрізу: зразків Гвоздева, прямокутних залізобетонних

шпонок та зрізаних бетонних клинів, а також про деформований стан, характер руйнування за похилим перерізом та граничне навантаження балок із високоміцного бетону;

– знайшла подальший розвиток методика розрахунку елементів при зрізі варіаційним методом у напрямку розширення області її застосування для розрахунків елементів із високоміцного бетону;

– встановлена межа реалізації методів розрахунку міцності за фермовою аналогією та дисковою моделлю;

– вдосконалено нормативний метод розрахунку міцності згинальних залізобетонних елементів за похилими перерізами на дію поперечних сил.

Практична цінність роботи полягає в тому, що отримані результати створюють можливість ефективного використання високоміцних бетонів при проектуванні залізобетонних елементів і вузлів їх з'єднання, що працюють на сприйняття зрізувальних сил; надані практичні рекомендації із розмежування методів розрахунку згинальних елементів у похилих перерізах, що дозволяє обґрунтовано оцінити їх міцність.

Повнота відображення основних положень дисертації в опублікованих роботах. За темою дисертації опубліковано 16 робіт, 8 із яких у фахових виданнях України. Опубліковані матеріали достатньо повно висвітлюють основні положення роботи.

Дослідження автора широко **апробовані** на науково-практичних українських і міжнародних конференціях.

Ідентичність автореферату основним положенням дисертації. Автореферат викладено державною мовою. Його написано на достатньому науково-методичному рівні, чітко, добре проілюстровано. Він містить необхідну інформацію для сприйняття результатів досліджень і повністю віддзеркалює їх сутність. Автореферат відповідає змісту дисертації.

Аналіз змісту дисертації.

У **вступі** (6 с.) обґрунтовується актуальність теми, представлено науково-технічне завдання визначення міцності елементів із високоміцного бетону при

зрізі. Сформульовані мета, задачі, об'єкт, предмет, методи досліджень, їх наукова новизна та практична значимість, визначено особистий внесок здобувача й описана апробація результатів роботи.

Розділ 1 «Області застосування, властивості й аналіз експериментальних і теоретичних досліджень опору високоміцного бетону та залізобетону зрізу» (26 с.) присвячений аналізу існуючих досліджень щодо характеристик, переваг та недоліків високоміцного бетону в сучасному будівництві. Виконано аналіз залежностей для визначення несучої здатності балок при руйнуванні по похилому перерізу введених різними існуючими нормативними документами та інших запропонованих методик і теорій. Зроблено висновок, що нормативна методика, запропонована для розрахунку згинальних залізобетонних конструкцій на дію поперечних сил («фермова аналогія»), часто не збігається з результатами експериментальних досліджень. Крім того, дія ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» розповсюджується на традиційні бетони і тільки передбачається розроблення нормативного документу щодо проектування бетонних та залізобетонних конструкцій із високоміцного бетону. Сформульовані відповідні висновки та поставлені задачі досліджень.

Розглянуті здобувачем джерела інформації в цілому слід визнати достатніми.

У **розділі 2** «Методика проведення експериментальних досліджень» (26 с.) досліджувалися: робота бетону стиснутої зони над небезпечною похилою тріщиною; особливості руйнування та характер напружено-деформованого стану елементів з високоміцного бетону; опор бетону зрізові на зразках різної конструкції; міцність та характер руйнування залізобетонних балок по похилому перерізу. При цьому вивчався вплив наступних факторів: кута клина та кута прикладання навантаження для несиметричних зрізаних бетонних клинів; кількості арматури та характеру її розташування за висотою шпонки для залізобетонних шпонок; поліпропіленової фібри на характеристики міцності бетону та характер руйнування балок по похилому перерізу.

Для експериментального дослідження в лабораторних умовах зрізу як форми руйнування й отримання більш повної інформації щодо впливу високоміцного бетону на характер руйнування і граничне навантаження були обрані характерні елементи загальною кількістю 28 штук: зразки Гвоздева (4 штуки), прямокутні шпонки (5 штук), зрізані бетонні клини (8 штук) та балки в зоні дії поперечної сили (11 штук). Вони суттєво відрізнялися за конструктивним рішенням, способом передачі навантаження, напружено-деформованим станом у площині зрізу.

В ході експериментів планувалося отримання даних про деформації бетону й арматури, характер руйнування, граничне навантаження елементів із високоміцного бетону, які руйнуються шляхом зрізу.

У розділі 3 «Результати експериментальних досліджень» (35 с.) висвітлено результати експериментальних досліджень бетонних зразків (зрізаних бетонних клинів, зразків Гвоздева, прямокутних шпонок), які руйнувалися шляхом зрізу, та залізобетонних балок прямокутного профілю з високоміцного бетону.

Картина руйнування зрізаних бетонних клинів, що моделювали роботу бетону стиснутої зони, була аналогічною руйнуванню залізобетонних балок по похилому перерізу. При на зовні крихкому характеру руйнування, зафіксовано досить великі деформації стиску у місцях проходження руйнівної поверхні. Ці результати досліджень дають можливість стверджувати про наявність пластичної деформації та використовувати теорію пластичності для розрахунків міцності елементів при зрізі.

Результати дослідження зразків Гвоздева також підтвердили існування локалізованих областей пластичності, в яких зафіксовано розвиток значних деформацій не зважаючи на зовні крихкий характер руйнування.

Експериментальні дослідження прямокутних шпонок з різним розташуванням поздовжньої арматури зафіксували наявність нагельного ефекту цієї арматури, розташованої в стиснутої зоні бетону.

Встановлено також, що характер руйнування досліджуваних балок принципово не відрізняється від руйнування згинальних елементів із бетонів середньої міцності. Під час експериментальних досліджень спостерігалось руйнування шляхом зрізу стиснутої зони над небезпечною похилою тріщиною.

Отримані результати досліджень надали додаткову інформацію щодо кінематично можливих схем руйнування, які застосовуються в теоретичних розрахунках.

У розділі 4 «Теоретичні дослідження міцності при зрізі бетонних і залізобетонних елементів» (23 с.) проаналізована можливість використання варіаційного методу в теорії пластичності бетону для розв'язання задач міцності елементів із високоміцного бетону при зрізі: бетонної призми, зрізаних бетонних клинів – моделей стиснутої зони бетону над небезпечною похилою тріщиною, зразків Гвоздева, залізобетонних прямокутних шпонок, похилої стиснутої пластини, що моделювала міцність стиснутої похилої смуги.

В результаті чисельних досліджень було встановлено, що величина граничного навантаження при зрізі стиснутої зони над небезпечною похилою тріщиною суттєво залежить від інтенсивності поперечного армування та відносного прольоту зрізу. За допомогою варіаційного методу в теорії пластичності бетону визначені значення граничного коефіцієнта поперечного армування на межі випадків руйнування за похилою тріщиною і похилою стиснутою смугою залежно від класу бетону.

В результаті автором зроблено висновок, що для реально існуючих коефіцієнтів армування згинальних елементів із високоміцного бетону розрахунок необхідно проводити за дисковою моделлю.

У загальних висновках (2 с.) автор приводить узагальнені підсумки роботи.

Зауваження та побажання за роботою:

1. Не зрозуміло, чим обумовлений вибір технології виготовлення високоміцного бетону (із застосуванням цементу високої марки або модифікаторів) для окремих типів дослідних зразків.

2. В дисертаційній роботі відсутнє пояснення вибору значення коефіцієнта армування дослідних зразків-шпонок та коефіцієнта поперечного армування балок.

3. В якості практичного значення отриманих результатів в роботі зазначено, що запропоновано конструктивне рішення шпонкового з'єднання підвищеної міцності та пластичності, однак дане конструктивне рішення не представлено.

4. Для підтвердження можливості застосування варіаційного методу в теорії пластичності для розрахунку елементів із високоміцних бетонів при зрізі доцільно було дослідити зразки із бетонів класу за міцністю більше ніж C50/60.

5. У висновках другого розділу зазначено, що експериментально досліджувався вплив на характер руйнування при зрізі класу бетону, але результати цього дослідження не наведено. Вплив цього фактора на значення граничного коефіцієнта поперечного армування розглянуто тільки в теоретичних дослідженнях (розділ 4).

6. Автором запропонована формула для визначення границі реалізації форм руйнування залізобетонних балок від зрізу стиснутої зони бетону над похилою тріщиною та зрізу в межах стиснутої смуги. В дослідях спостерігається тільки перший випадок руйнування, що звужує експериментальне підтвердження.

7. Не зовсім зрозуміло, з якою метою при випробуванні бетонних клинів змінюється напрямок дотичної складової навантаження на зрізану грань.

8. По тексту дисертації та автореферату маються незначні помилки редакційного характеру (стор. 28, 57, 112). Так, наприклад, в дисертаційні роботі (стор.57, рис.2.8,а) та в авторефераті (стор.6, рис. 1,а) наведені на рисунках геометричні розміри зразків Гвоздева не відповідають дійсності.

Загальна оцінка роботи

1. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в який вирішено важливе науково-технічне завдання. Вона має актуальність, наукову новизну та практичне значення.

2. Робота має достатній ступінь апробації. Результати дисертаційної роботи доповідались на конференціях, а також повно висвітлені у наукових виданнях.

3. Подані зауваження підкреслюють актуальність поставлених у роботі завдань та проведених досліджень і не знижують загальної її оцінки.

4. Автореферат повністю відповідає змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Мальованої Олени Олександрівни «Міцність елементів із високоміцного бетону при зрізі» є закінченою науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, що вирішують важливе науково-технічне завдання вдосконалення методів розрахунку міцності елементів із високоміцного бетону при зрізі.

Робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», вимогам до кандидатських дисертацій та паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди, а її автор Мальована Олена Олександрівна заслуговує на присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент

кандидат технічних наук, доцент, доцент
кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій
Харківського національного університету
будівництва та архітектури (ХНУБА)

К.В. Спіранде

Підпис кандидата технічних наук, доцента К.В. Спіранде засвідчую:

Учений секретар ХНУБА

31 серпня 2020 р.



І. БАБІВСЬКА