

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Петренка Дмитра Григоровича
«Напружене-деформований стан гнучких сталебетонних колон»
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

1. Актуальність теми дисертації

На сучасному етапі розвитку будівельної індустрії в Україні сталебетонні несучі конструкції набувають широкого застосування при зведені будівель та споруд різного призначення. Такі конструкції доцільно використовувати в місцях де діють великі стискаючі навантаження. В галузі транспортного будівництва сталебетонні конструкції застосовують в якості стійок. Розповсюдження сталебетон отримав завдяки цілому ряду позитивних якостей.

Сталебетон відповідає усім сучасним вимогам до надійності, матеріалоємності, трудовим витратам на виготовлення будівельних конструкцій. За останні роки виконано велику кількість досліджень, що дало змогу розробити і впровадити у виробництво багато високоефективних різновидів сталебетонних конструкцій. Але при цьому залишається не достатньо вивченим питання роботи гнучких сталебетонних стрижнів на дію стискаючого навантаження. Попередні дослідження дозволили виявити чим проявляється граничний стан гнучких сталебетонних стиснутих елементів – втратою місцевої стійкості стінкою оболонки або втратою загальної стійкості. Це призводить до неповного використання несучої здатності сталебетонних конструкцій.

З іншого боку, розмаїття фізико-механічних властивостей та геометричних параметрів сталебетонних конструкцій, що працюють в умовах стиску потребує розробки теоретичного апарату оцінки їх напружене-деформованого стану залежно від великої кількості факторів. Можливість реалізації такої ідеї вимагає проведення експериментально-теоретичних досліджень із застосуванням сучасних досягнень будівельної науки. Крім того, дослідження такого спрямування є затребуваними у проектувальників та виробничиків.

Беручи до уваги все вищесказане можна зробити висновок про те, що тема дисертаційного дослідження є актуальною.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, базується на експериментальних методах оцінки деформованого стану та несучої здатності дослідних зразків. Чисельними методами досліджено напружене-деформований стан сталебетонних елементів при стисненні. Положення розроблених автором теоретичних методик

співставлено з результатами, як власних експериментальних досліджень, так і даними інших авторів.

Достовірність результатів досліджень, виконаних у дисертації, підтверджується застосуванням відомих та добре апробованих експериментальних методів оцінки напруженого-деформованого стану та несучої здатності несучих конструкцій. Засоби вимірювання пройшли метрологічну перевірку. Розроблені теоретичні методики ґрунтуються на гіпотезах та припущеннях, що не суперечать загальноприйнятим теоріям механіки деформованого тіла, зокрема, теорії пружності та пластичності, нелінійній деформаційній теорії залізобетону та методу скінченних елементів.

Наукова новизна одержаних автором результатів полягає в тому що:

– отримано нові експериментальні дані щодо деформування і характеру руйнування коротких та гнучких сталебетонних колон різного поперечного перерізу залежно від величини ексцентриситету прикладання стискаючого навантаження;

– вперше запропоновано регресійну модель для визначення несучої здатності сталебетонного елемента при короткочасному статичному навантаженні з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалів та геометричних параметрів;

– удосконалено методику вимірювання відносних деформацій усередині бетонного масиву і вперше співставлено характер розвитку деформацій всередині бетонного осердя сталебетонного елемента із деформаціями труби-оболонки.

Об'єктом дослідження є робота гнучких сталебетонних колон різного поперечного перерізу з замкнutoю оболонкою під дією зовнішнього навантаження.

Предметом дослідження – напруженено-деформований стан і несуча здатність коротких та гнучких сталебетонних колон різного поперечного перерізу з замкнutoю обоймою при дії одноразового статичного короткочасного стискаючого навантаження із заданими ексцентриситетами.

3. Практичне значення отриманих результатів.

За результатами досліджень автором запропоновано теоретично-експериментальний матеріал, який дозволяє вивчати роботу сталебетонних конструкцій, зокрема:

– удосконалено методику оцінки несучої здатності, що враховує більшість значущих фізико-механічних властивостей та геометричних параметрів стрижневих стиснутих сталебетонних елементів;

– розроблено рекомендації щодо формування скінчено-елементної моделі, яка дозволяє адекватно описувати якісно різні стадії напруженого-деформований стан сталебетонних колон при дії стискаючого навантаження на всіх етапах їх завантаження;

– отримав подальший розвиток тензометричний метод вимірювання відносних деформацій масивів будівельних матеріалів, шляхом розробки конструкції глибинного датчика та способу його закріплення.

Впровадження результатів роботи.

Основні результати досліджень, які отримані в межах дисертаційної роботи використані автором при виконанні науково-дослідних робіт «Розробка теорії та методів розрахунку комбінованих конструкцій транспортних споруд» - № ДР 0106U004122 та; «Розробка теорії та методів оптимізації несучих конструкцій транспортних споруд» - № ДР 0110U002127. А також ДП «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту України «Укрзалізничпроект», при будівництві ремонтно-екіпірувального депо для обслуговування потягів Intercity та Intercity+ Української залізничної швидкісної компанії (станція Харків-Сортувальний). Крім того, результати досліджень впроваджені в навчальний процес і дипломне проектування Українського державного університету залізничного транспорту (м. Харків).

4. Оцінка змісту дисертації

Дисертація відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України стосовно обсягу та структури роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та восьми додатків. Роботу викладено на 216 сторінках машинописного тексту. Крім основного тексту на 138 сторінках, дисертація містить 69 рисунки, 8 таблиць. Список використаних джерел складає 218 найменування на 23 сторінках, 41 сторінка додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність, сформульовано мету і поставлено задачі досліджень; визначено наукову новизну та практичне значення роботи; наведено методи досліджень; вказано особистий внесок здобувача, а також відомості щодо апробації результатів дисертаційної роботи.

В першому розділі (об'єм розділу 36 сторінок) на основі огляду літературних джерел зібрано основні відомості про стиснуті сталебетонні стрижньові елементи та наведено аналіз існуючих підходів їх розрахунку. Значну увагу приділено врахуванню гнучкості на несучу здатність досліджуваних конструкцій. Крім того, проведено критичний аналіз міцності і пластичності бетонів в умовах напружено-деформованого стану відмінного від лінійного. Розглянуто методи та засоби визначення деформованого стану бетонного масиву шляхом розміщення датчиків відносних деформацій в цого тілі. У підсумку автором сформульовано задачі дослідження.

Слід констатувати, що об'єм первого розділу перевищує регламентовані 20%.

Другий розділ (об'єм розділу 43 сторінки) присвячено опису теоретичної частини досліджень. На основі сформульованих передумов розроблено чисельну методику оцінки напружено-деформованого стану сталебетонних стрижневих елементів круглого та прямокутного поперечних перерізів при дії стискаючого короткочасного завантаження за умови пружної роботи сталі та бетону. Для

врахування пластичної роботи матеріалів складено алгоритм розрахунку, що включає ітераційну процедуру уточнення фізичних характеристик.

За умови сумісної роботи компонентів прямокутного перерізу встановлено величину критичних напружень, що призводять до втрати місцевої стійкості оболонкою сталебетонного стрижня.

Автором проведено узагальнення досвіду попередніх дослідників шляхом застосування методу регресивного аналізу. Отримано функціональні залежності, що встановлюють величину несучої здатності стиснутих сталебетонних стрижнів залежно від фізичних характеристик матеріалів (сталі та бетону), а також геометричних характеристик, як поперечних перерізів, так і загальної довжини.

Для сталебетонних стрижневих елементів круглого та прямокутного поперечного перерізів сформовано скінчено-елементні моделі, які здатні забезпечити адекватний чисельний аналіз напруженого-деформованого стану із застосуванням програмних комплексів, що реалізують процедуру методу скінчених елементів.

Третій розділ (об'єм розділу 28 сторінок) присвячено опису програми та методики проведення експериментальних досліджень напруженого-деформованого стану та несучої здатності досліджувальних конструкцій.

Розділ починається описом конструкції і технології виготовлення глибинних датчиків відносних деформацій. Основою датчиків є дротові електротензорезистори із базою 20 мм. Описано процедуру і результати метрологічної перевірки їх роботи у масиві важкого бетону.

Визначено фізико-механічні характеристики застосованих матеріалів (сталі та бетону). Приділено значну увагу умовам твердіння бетону. Наведено діаграмами роботи матеріалів.

Опис методики проведення експериментальних досліджень включає схеми завантаження, розташування вимірювальних пристріїв і параметри навантаження. Автором ретельно описано конструкцію дослідних зразків, загальна кількість яких складає 63 штуки за дев'ятьма серіями. окремо розглянуто особливості фіксування комбінацій глибинних датчиків відносних деформацій у вигляді ортогональних розеток під час виготовлення дослідних зразків. Текст доповнено достатньою кількістю креслень та світлинами із дослідними зразками на випробувальних стендах.

Четвертий розділ дисертації (об'єм розділу 25 сторінок) присвячено опису та ретельному аналізу результатів експериментальних досліджень напруженого-деформованого стану та несучої здатності сталебетонних коротких та гнучких елементів.

При обробці результатів випробувань лабораторних дослідних зразків автором приділено основну увагу процесу руйнування. Наведено світлини оболонок та бетонного осердя коротких дослідних зразків із характерними пошкодженнями, що з'явилися в наслідок руйнування. Автором підтверджено факт наявності декількох якісно різних стадій роботи сталебетонних стиснутих стрижнів і послідовний перехід між ними від початку завантаження до моменту руйнування. Застосування глибинних датчиків відносних деформацій дозволило

встановити величину і характер розвитку деформацій всередині бетонного осердя.

Головну увагу автором приділено аналізу роботи під навантаженням гнучких сталебетонних стрижнів. Відмічено, що залежно від форми поперечного перерізу характер руйнування і величина несучої здатності сталебетонних елементів суттєво відрізняються. Наведені в роботі світили наочно це демонструють. На зміну напружено-деформованого стану суттєво впливув ексцентриситет прикладення навантаження.

Проведено порівняння експериментальних значень компонентів напруженної стану та несучої здатності дослідних зразків із теоретичними даними, які отримано за власною методикою і методиками інших авторів. Слід зазначити, що порівняння цих результатів дало задовільний збіг.

П'ятий розділ дисертації (об'єм розділу 10 сторінок) включає опис оцінки техніко-економічної ефективності сталебетонних колон шляхом порівняння із традиційними рішеннями у вигляді залізобетонних колон прямокутного перерізу. Оцінку виконано за умови дотримання принципу сумісності. Крім того розглянуто впровадження результатів дослідження автора у будівельне виробництво.

Основні висновки по роботі включають результати теоретичних та експериментальних досліджень, які за думкою автора дисертації, є головними.

Список використаних джерел включає 218 позицій, в тому числі 26 закордонних джерел та 47 джерел, опублікованих за останні 10 років.

В **додатках** автор надає: діаграми залежності деформацій та вгинів дослідних зразків від навантаження, які отримано за результатами фізичних експериментів; поля розподілу компонентів напруженої стану бетонного осердя та сталевої оболонки за результатами чисельних експериментів; співставлення експериментальних результатів з даними, отриманими за розрахунковими методиками; алгоритм розрахунку сталебетонних елементів на міцність при осьовому стиску; акти про впровадження результатів дослідження та патенти; список публікацій здобувача за темою дисертації.

Викладення тексту дисертації достатньо ясне, чітке. Оформлення дисертації відповідає вимогам.

Деякі синтаксичні та граматичні помилки в дисертації в цілому не впливають на позитивну оцінку стилю викладання матеріалу дисертації.

Текст дисертаційної роботи викладено державовою мовою.

5. Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах, оцінка апробації результатів досліджень, відповідності автореферату змісту дисертації

Публікації. Основний зміст дисертації та основні наукові і практичні результати досліджень опубліковано автором у 18 роботах, 4 з яких – у наукових фахових виданнях України. Три наукові праці опубліковано автором одноосібно, 5 статей у закордонних виданнях. Чотири статті опубліковано у виданнях, які

включено до міжнародних наукометричних баз. Автором із співавторами отримано три патенти України на корисні моделі.

Автореферат дисертації достатньо повно розкриває мету, задачі та результати роботи, викладений достатньо якісною технічною мовою, досить адекватно відображає основний зміст та результати роботи, свідчить про глибоку професійну підготовку здобувача.

Автореферат **оформлений** відповідно до вимог, що пред'являються Міністерством освіти та науки України.

Назва дисертаційної роботи відповідає поставленій меті та основним результатам досліджень, а також рекомендаціям до формулювання назви дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи достатньо апробовані автором при участі в 8 всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях на протязі 2012-2017 років.

6. Рекомендації щодо використання результатів досліджень автора

Отримані автором теоретичні та практичні результати можуть бути використані проектними організаціями шляхом підвищення технічного рівня розрахунку, проектування та реконструкції комплексних конструкцій, що працюють на стиск, а також виробничими організаціями шляхом забезпечення проектної міцності та підвищення надійності будівельних конструкцій у разі застосування моніторингу з використанням глибинних датчиків.

Положення та результати досліджень можуть бути включені до основних та спеціальних навчальних курсів при підготовці фахівців будівельного напрямку за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія» у вищих навчальних закладах.

7. Зауваження по дисертації

За змістом та основними результатами дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. При формулюванні об'єкта дослідження автором застосовано надмірну деталізацію, що значною частиною дублюється предметом.

2. У тексті першого розділу дисертаційної роботи автором перелічено велику кількість науковців, що в різних аспектах вивчали роботу сталебетону. Але при цитуванні робіт цих авторів майже відсутні посилання на конкретні роботи. Це знижує розуміння та розмежування внеску кожного з дослідників. Крім того, не звичим було б на при кінці першого розділу навести структурно-логічну схему дисертаційного дослідження.

3. У п. 2.2 описано теоретичну методику оцінки напружено-деформованого стану сталебетонних стиснутих елементів. Формули (2.1) та (2.2), що встановлюють функціональну залежність модуля деформацій та коефіцієнта поперечної деформації ідеального пружно-пластичного тіла, включають в якості аргументів величини «Січного модуля відносних об'ємних деформацій» та

«Січного модуля зсуву». Але з тексту даного розділу залишилось не зрозумілим, як автор пропонує визначати ці ключові величини роботи матеріалів в умовах сталебетону із замкненою оболонкою.

4. У формулах (2.9) варто було б третій та четвертий доданки об'єднати в один. Це є логічним, тому що сталь має одинаковий характер деформування, як при стисненні, так і при розтягу.

5. При проведенні регресивного аналізу автором враховано ряд важливих факторів (габаритні, міцнісні, технологічні), зокрема, товщина оболонки. Але замість «товщини» (абсолютний показник) варто було б застосувати ключовий відносний показник – коефіцієнт армування поперечного перерізу.

6. У першому розділі роботи підмічено факт не однозначності поняття «границне зусилля» для роботи трубобетонних елементів. Тому при проведенні регресивного аналізу необхідно описати, яке із зафікованих у експериментальних дослідженнях границне зусилля прийнято в якості несучої здатності.

7. Із тексту другого розділу не зрозумілим залишилось походження коефіцієнтів ефективності роботи сталебетонних елементів (2.55), (2.56), (2.57). Чи є ці коефіцієнти запропонованими автором, чи вони запозичені?

8. Застосування kleю БФ-2 у технології «тензометрії» потребує теплової обробки шару kleю з метою його полімеризації. З тексту роботи не зрозуміло, чи мала місце теплова обробка, чи – ні?

9. При обчисленні геометричних характеристик дослідних зразків розрахунковою довжиною є віддаль між вершинами ножових шарнірів, а не номінальна довжина труб-оболонок.

10. У відповідні пункти висновків до розділів, де містяться власні наробки потрібно було включити відповідні кількісні характеристики результатів досліджень. Зокрема, відсутні значення величин, що характеризують якість отриманих регресивних моделей, статистичні величини результатів порівняння експериментальних та теоретичних досліджень тощо.

11. В заключному розділі дисертації слід було б навести схематичні технічні креслення конструкцій, які рекомендувалися до впровадження.

8. Висновки про відповідність роботи встановленим вимогам Міністерства освіти та науки України

Дисертаційна робота Петренка Дмитра Григоровича «Напруженодеформований стан гнучких сталебетонних колон» є завершеною науковою працею, виконаною на актуальну тему, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, що в сукупності вирішують наукову задачу розробку теоретичної оцінки напруженодеформованого стану гнучких сталебетонних колон різного поперечного перерізу на дію стискаючого навантаження на підставі експериментальних досліджень.

За змістом і оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою

Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, а також вимогам Паспорту наукової спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Результати дисертації містять наукову новизну та практичну цінність, що підтверджується даними про їх впровадження.

Зауваження за змістом дисертації не впливають на загальну високу позитивну оцінку дисертаційної роботи в цілому та на особисті здобутки автора.

Враховуючи актуальність, наукову новизну та практичне значення результатів, отриманих в дисертаційній роботі, яка відповідає всім вимогам, що пред'являються Міністерством освіти і науки України до кандидатських дисертацій, вважаю, що Петренко Дмитро Григорович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри автомобільних доріг,
геодезії, землеустрою
та сільських будівель
Полтавського національного
технічного університету
імені Юрія Кондратюка

Д.А. Єрмоленко

27.10.2018

Підпись Єрмоленка Д.А. засвідчує:
проректор з науково-педагогічної роботи,
доктор технічних наук, доцент

Б.О. Коробко

