

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

**про дисертаційну роботу Марківа Тараса Євгеновича
«Наукові засади отримання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю
за рахунок керування структуроутворенням на різних рівнях»,**

**представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби**

Актуальність теми дисертації

При обґрунтуванні вибору теми досліджень автор виходив з актуальності вирішення проблеми, яка полягає у необхідності підвищення тріщиностійкості бетонів класів за міцністю С25/30 і вище, які мають більш крихкий характер руйнування. Одним із основних факторів, який забезпечує проєктні показники механічних і деформативних властивостей бетонів та їх збереження при дії зовнішніх впливів, є їх структура. Автором пропонується концепція регулювання тріщиностійкості, що ґрунтується на використанні прийомів направленої формування мікро-, мезо- та макроструктури бетону за рахунок раціонального підбору пуцоланових матеріалів, які забезпечать самоармування бетону на рівні мікроструктури, застосування повітровтягувальних добавок, які покращать властивості на мезоструктурному рівні, та полідисперсного армування фіброю різних видів на макрорівні, що в комплексі дозволить регулювати показники тріщиностійкості бетонів з підвищеною міцністю.

Виходячи із цього, тема дисертації, що присвячена розробленню наукових засад одержання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю з необхідними показниками якості, що в результаті призводить до економії сировинних та енергетичних ресурсів, підвищення надійності будівельних конструкцій в різних умовах експлуатації, є, безумовно, актуальною.

Актуальність теми підтверджується її зв'язком з планами науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка». Зокрема, дисертаційна робота виконувалася за участю автора дисертації у межах двох науково-дослідних кафедральних тематик, що мають державну реєстрацію, міжнародного гранту та міжнародного проєкту.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Представлені наукові положення та результати дисертаційної роботи є обґрунтованими. При її виконанні автор ґрунтувався на критичному аналізі існуючих даних теоретичних та експериментальних досліджень особливостей розроблення бетонів з підвищеною міцністю та тріщиностійкістю, які одержані за рахунок керування структуроутворенням на різних рівнях.

Дані досліджень автора в галузі структуроутворення та формування експлуатаційних властивостей бетонів з підвищеною міцністю, представлені висновки і рекомендації не тільки узгоджуються з існуючими уявленнями, а ї суттєво розвивають їх і підтверджені експериментально.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність наукових результатів здобувача забезпечена використанням при експериментальних дослідженнях одночасно декількох незалежних взаємодоповнюючих сучасних фізико-механічних й фізико-хімічних методів дослідження із застосуванням сучасного обладнання, а також використанням експериментально-статистичних методів планування експерименту.

Достовірність підтверджується також достатньо близьким збігом результатів теоретичних і експериментальних досліджень та впровадження.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій

Серед отриманих автором під час досліджень наукових результатів слід виділити наступні:

– розроблено наукові основи композиційної побудови бетонів з підвищеною тріщиностійкістю, які базуються на комплексному врахуванні процесів структуроутворення на мікро-, мезо- та макрорівнях при цілеспрямованому модифікуванні пуцолановими матеріалами на основі цеолітів, пластифікуючими і повітровтягувальними добавками, а також дисперсному армуванні різними видами фібри;

– розроблено алгоритм багатопараметричного проектування бетонів з підвищеними міцністю і тріщиностійкістю. При використанні в бетоні пуцоланових матеріалів на основі природних і штучних цеолітів, пластифікуюче-повітровтягувальних добавок і фібри різних типів спостерігається синергічне підсилення їх сумісної дії, що дає змогу істотно покращити як силові, так і енергетичні характеристики бетону, а також його довговічність;

– вперше запропоновано як один з критеріїв оцінки тріщиностійкості бетонів підвищеної міцності параметр питомих енерговитрат на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини (G_l , Дж/м²), який разом із стандартизованим показником питомих енерговитрат на статичне деформування до моменту початку руху магістральної тріщини (G_i , Дж/м²) більш точно і в повній мірі характеризує поведінку бетону під навантаженням в докритичній і закритичній областях деформування;

– подальший розвиток отримали науково-концептуальні засади керування процесами структуроутворення на мікро- та мезорівнях шляхом раціонального підбору пуцоланових матеріалів, а на макрорівні – введенням пластифікуючих і повітровтягувальних добавок та дисперсних волокон;

– поглиблено наукові уявлення про використання цеолітових туфів як для запобігання самообезводненню бетонів з низькими значеннями водоцементного відношення, так і як кристалоутворюючої добавки;

– уточнено механізм дисперсного армування бетонів на різних структурних рівнях як за рахунок саморегулювання фазового складу цементного каменю внаслідок формування волокнистих гідратних новоутворень, так і в результаті введення у склад бетону дисперсної фібри різних типів, що дає можливість отримати неперервність армування, створити «Bridge» ефект та підвищити його міцність і покращити параметри тріщиностійкості.

Значимість роботи для науки і практики

Отримані автором результати являють собою теоретичні положення, сукупність яких можна кваліфікувати як значне досягнення в розвитку експериментально-теоретичних основ направленої структуризації бетонів для підвищення їх міцності, тріщиностійкості та довговічності.

Розроблені наукові основи дозволили розробити і запропонувати алгоритм багатопараметричного проектування складів бетону та оптимізацію технологічних факторів на різних структурних рівнях для одержання бетонних сумішей та бетонів з підвищеною міцністю, тріщиностійкістю, покращеними експлуатаційними властивостями, які мають високу практичну значимість.

Результати досліджень здобувача знайшли використання в практиці будівництва, зокрема при зведенні конструкцій мостових переходів, та впроваджені в навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» на кафедрі будівельного виробництва.

Шляхи використання результатів досліджень

Результати досліджень здобувача слід рекомендувати для використання як під час зведення нових будівель і споруд, так і тих, що експлуатуються при їх поточному чи капітальному ремонті або при реконструкції, з метою подовження термінів служби та забезпечення їх надійної експлуатації.

Оцінка змісту та оформлення дисертації, її завершеність

Дисертація складається зі вступу, 6 розділів основної частини із висновками по розділах та загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 381 найменування, містить 57 таблиць, 141 рисунок, 9 додатків і викладена на 269 сторінках основного тексту. Повний обсяг дисертації становить 360 сторінок.

Дисертаційна робота викладена послідовно, з обґрунтуванням актуальності досліджень, формулюванням наукової гіпотези, мети і завдань досліджень, оглядом існуючих теоретичних уявлень і їхньої практичної реалізації, вибором методів досліджень і матеріалів і самими теоретичними й експериментальними дослідженнями.

Текст дисертації викладений логічно, грамотно з коректним застосуванням наукової термінології.

У вступі наведені відомості щодо актуальності теми, наукової новизни та практичного значення роботи, особистого внеску здобувача при виконанні досліджень, апробації результатів дисертації та публікацій.

Перший розділ автором присвячено критичному аналізу існуючих даних щодо проблеми розроблення бетонів з підвищеною міцністю та тріщиностійкістю, які одержані за рахунок керування структуризацією на різних рівнях, а також визначено теоретичні передумови досліджень. Виконаний аналіз склав основу запропонованої наукової гіпотези, згідно якої доцільність розроблення бетонів з підвищеною тріщиностійкістю можлива за рахунок керування структуризацією на різних рівнях, що включає модифікування та направлене формування фазового складу цементної матриці

пуцолановими матеріалами на основі цеолітів та реалізацію функції поглибленої гідrataції, використанням добавок пластифікуюче-повітровтягувальної дії з метою забезпечення впорядкованої структури на мікро- та мезорівнях, що разом із застосуванням комплексного дисперсного армування фіброю на макрорівні забезпечує досягнення нормативних характеристик міцності, експлуатаційних властивостей та довговічності. Запропонована робоча гіпотеза дозволила автору визначити мету роботи та визначити завдання для її досягнення.

Другий розділ включає вибір напрямів досліджень, детальний опис методів досліджень, використаного обладнання та матеріалів. Представлено блок-схему досліджень та алгоритм багатопараметричного проектування бетонів з підвищеною тріщиностійкістю, що передбачає використання ефективного підходу до раціонального підбору пуцоланових матеріалів, модифікування структури бетону добавками пластифікуюче-повітровтягувальної дії, а також дисперсне армування бетону волокнами різних типів. Наведено результати попередніх досліджень вихідних матеріалів, які дозволили автору визначити подальший напрям досліджень, вибір та оптимізацію технологічних факторів для одержання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю.

У третьому розділі наведено результати досліджень впливу пуцоланових матеріалів різного походження та пластифікуючих органо-мінеральних добавок на властивості в'язучих систем та бетонів, а також процесів структуроутворення їх цементної матриці на мікрорівні.

У четвертому розділі представлені результати дослідження впливу комплексних пластифікуюче-повітровтягувальних органо-мінеральних добавок на властивості бетонів з цеолітовим туфом на рівні мезоструктури. Зокрема визначено роль полідисперсного цеолітового туфу та вплив повітровтягувальних добавок на властивості бетонів з підвищеною тріщиностійкістю на мезоструктурному рівні. Вперше запропоновано до використання параметр питомих енерговитрат на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини G_1 , Дж/м², який разом із стандартизованим показником питомих енерговитрат на статичне деформування до моменту початку руху магістральної тріщини (G_i) більш точно і в повній мірі характеризує поведінку бетону під навантаженням в докритичній і закритичній областях деформування і визначає ефективність армування.

П'ятий розділ присвячено оптимізації вмісту дисперсних волокон для забезпечення армування бетонів з підвищеною міцністю і тріщиностійкістю на мезо- та макроструктурному рівні. Наведено результати дослідження впливу дисперсного армування базальтовою фіброю на силові та енергетичні характеристики тріщиностійкості бетону; вплив поліпропіленових волокон з деформованою поверхнею, прямих поліпропіленових волокон та полідисперсного армування на властивості бетонів з підвищеною тріщиностійкістю.

У шостому розділі представлено результати дослідження комплексу технологічних чинників для керування структуроутворенням та регулювання

міцнісних та енергетичних характеристик тріщиностійкості бетонів. Наведено інформацію щодо промислово-дослідного впровадження та апробацію результатів досліджень, техніко-економічних показників і перспектив використання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю.

Отримані наукові результати, викладені в науковій новизні, висновках по розділах і в загальних висновках свідчать про те, що всі дев'ять поставлених завдань виконані, мета роботи досягнута і дисертаційна робота є завершеною науковою працею.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи повною мірою відображені у 39 наукових публікаціях, з них 14 статей у наукових фахових виданнях України, 12 – у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, зокрема 9 у Scopus, та у періодичних виданнях інших держав. 1 патент на корисну модель, 1 навчальний посібник, 11 публікацій апробаційного характеру.

Відсутність (наявність) академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Дисертаційна робота не містить ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Всі використані ідеї, наукові результати, цитати супроводжуються належними посиланнями на їх авторів та джерела опублікування.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації

Зміст автореферату відповідає змісту, основним ідеям і висновкам дисертації.

Зауваження до змісту дисертації

1. Пункт наукової новизни – «Поглиблено наукові уявлення про використання цеолітових туфів як для запобігання самообезводненню бетонів з низькими значеннями водоцементного відношення, так і як кристалоутворюючої добавки» носить декларативний характер та потребує уточнення.

2. У розділі 2.3. «Обґрунтування вибору методології та процедура проведення досліджень» відсутня інформація щодо методики проведення та застосованого обладнання для дослідження корозійної стійкості арматурних стрижнів у розроблених бетонах. Відповідно потребує обґрунтування вибір режиму за вихідним сигналом потенціостату понад 0,3 В до 1,0 В.

3. Автором експериментально підтверджено підвищення корозійної стійкості розроблених бетонів з 10 мас.% полідисперсного цеолітового туфу в умовах агресивних середовищ, що викликають сульфатну та магнезіальну корозію. Але, на думку офіційного опонента, доцільно було б провести також дослідження на вилуговування, з огляду на те, що автор рекомендує використання бетонів зокрема і для зведення гідротехнічних об'єктів.

Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України

Наведені зауваження не є визначальними і не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи, яка є, на думку офіційного опонента, завершеною науковою працею, в якій отримані нові теоретично обґрунтовані та практично цінні результати, що вирішують важливі науково-прикладні задачі отримання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю за рахунок керування структуроутворенням на різних рівнях.

За своєю актуальністю, достовірністю, новизною наукових положень, висновків і рекомендацій, їх значущості для науки і практики, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови КМ України № 1197 від 17.11.2021 (в редакції від 08.05.2024 р) Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів, що висуваються до докторських дисертацій, а її автор Марків Тарас Євгенович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробу.

Офіційний опонент

завідувач кафедри будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд
Українського державного університету
залізничного транспорту
доктор технічних наук, професор

Дмитро ПЛУГІН



Дмитро Плуґін
Ольхівське