

ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКАТОРІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР В ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Завірюха Т.В., студентка гр. ПЦБ-327т. Науковий керівник-
Данелюк В.І., к.т.н., доц.

Виявлено основні недоліки в структурі фібробетонних сумішей і визначено напрямки подальшого розвитку та оптимізації. Розроблено склад та технологія виробництва високоміцної фібробетонної суміші і діапазон оптимальних концентрацій вуглецевих кластерів в ній

Постановка проблеми. Важливими в даний час є питання економії енергії, необхідної для виробництва різних будівельних матеріалів. Армування бетонів призводить до відповідного підвищення енергоємності матеріалу. Так як застосування армованих сталлю бетонів здійснюється в широких масштабах, стає істотною проблема максимального скорочення витрати металу і найбільш раціонального його використання в бетоні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У дослідженнях, що відносяться до дисперсного зміцнення бетонних матеріалів, можна виділити два напрямки. Одним з них для вирішення даного завдання пропонується застосування спеціальних присадок, інтенсифікують процеси твердіння бетону і поліпшують його фізико-механічні показники. У роботах професора В.В. Тімашева [1], в якості присадок використовувалися ниткоподібні кристали гідросилікатів кальцію, досить близькі за своїми фізичними та фізико-хімічними параметрами до новоутворень, що виникають при гідратації цементних в'язучих. Даний метод дозволяв забезпечити підвищення міцності бетону на вигин до 2-4 разів. Певну цікавість представляє спрямована кристалізація новоутворень в процесі твердіння бетону, тобто забезпечення дисперсного самоармування бетону за рахунок утворення в його об'ємі орієнтованих зростків новоутворень у вигляді кристалогідратів, що дозволяють істотно підвищити міцність зразків.

Говорячи про безумовну перспективність цього напрямку, слід, однак, відзначити, що в даному випадку навряд чи можуть бути повністю усунені відмінності між міцністю бетону на стиск і розтяг, оскільки модулі пружності новоутворень у вигляді дисперсної

кристалічної фази і матеріалу бетонної матриці в цілому незначно відрізняються один від одного.

Другий напрямок заснований на застосуванні для підвищення міцності бетонної матриці армуючих волокон, що відрізняються своїм складом від матеріалу матриці і здатних у процесі роботи композиції сприймати більш високі в порівнянні з матрицею напруження розтягу. Одержаний ефект зміцнення в значній мірі залежить від виду використовуваних волокон, характеру їх зчеплення та орієнтації в об'ємі бетону, хімічною стійкістю по відношенню до продуктів гідратації цементних в'язучих.

Дослідження показують, що дисперсне армування забезпечує підвищення міцності перерізів стиснутих, розтягнутих і згинаючих елементів конструкцій, збільшує їх тріщиностійкість, ударну в'язкість, термічний опір і інші фізико-механічні показники.

Дисперсне армування призводить в ряді випадків до зниження матеріаломісткості конструкцій, вартості та трудомісткості виготовлення в порівнянні з традиційними рішеннями. Це досягається значною мірою за рахунок часткової або повної відмови від необхідного застосування в конструкціях традиційних арматурних сіток і каркасів, а також в результаті переведення в багатьох випадках комплексу виробництва арматурних робіт в процесі виготовлення армованої бетонної суміші безпосередньо в бетонозмішувач.

Подальше впровадження дисперсно-армованих бетонів в практику будівництва має бути пов'язано в першу чергу з рішенням питань промислового виробництва волокнистої (фібрової) арматури необхідної якості і освоєнням технологічних процесів на діючих заводах будівельної індустрії.

Роботи зі створення дисперсно-армованих бетонів і конструкцій з їх застосуванням ґрунтуються значною мірою на фундаментальних дослідженнях, що відносяться до технології виготовлення, теорії розрахунку та проектування залізобетонних конструкцій, у розвиток яких великий внесок внесли радянські вчені А.А. Гвоздьов, Ю.М. Баженов, В.Н. Байков, О.Я. Берг, В.М. Бондаренко, А.Є. Шейкін та ін. Роботи, пов'язані з дослідженням склоармованих композицій на основі цементних в'язучих, отримали своє відображення у працях К.Л. Бирюковича, П.П. Буднікова, М.Т. Дуліби, А.А. Пашенко, В.П. Сербіна. Велика заслуга в дослідженнях сталевібробетонних конструкцій належить Г.І. Бердичівському.

Мета статті. Виявити основні недоліки в структурі фібробетонних сумішей і визначити напрямки подальшого розвитку та оптимізації. Розробити склад і технологію виробництва високоміцної

фібробетонної суміші, а також діапазон оптимальних концентрацій вуглецевих кластерів в ній.

Результати досліджень. Практично всі види синтетичних волокон (нейлону, капронові, поліпропіленові, вуглецевих тощо) є, як уже відзначалося, хімічно стійкими до впливів лужного середовища гідратуючих портландцементів. В [2] описані результати досліджень з вивчення властивостей бетонів, які мають в своєму складі дисперсну арматуру і волокна органічного походження, включаючи синтетичні волокна.

Розгляд експериментальних даних показує, що введення синтетичних волокон в бетон не призводить зазвичай до помітного підвищення міцності матеріалу на розтяг, стиск і вигин при дії статичних навантажень, так як бетон не в змозі передати статичні зусилля на волокна, які володіють більш низькими порівняно з бетоном значеннями модуля пружності.

Синтетичні волокна істотно підвищують опір бетону ударним навантаженням. При швидкому прикладанні навантаження енергія, необхідна для руйнування армованого бетону після утворення в ньому тріщин, повинна витратитися на висмикування волокон з бетонної матриці. Коли час дії навантаження надзвичайно малий, необхідно за короткий проміжок призвести велику роботу, щоб забезпечити висмикування великої маси вельми тонких і пластичних волокон з об'єму бетону. Тому опір бетону, армованого синтетичними волокнами, дії ударних навантажень виявляється досить високим.

Синтетичні волокна мають погану змочуваність і відповідно погану адгезію до цементного каменю. Забезпечення спільної роботи волокон з бетоном може бути досягнуто тільки за рахунок їх механічного заанкерування (зачеплення). З цієї точки зору, найбільшу цікавість представляють волокна, що мають конструкцію у вигляді спіралі або сплетіння форми джгут. Ефективність волокон тим вище, чим більше їх відносна довжина. Найкращі результати досягнуті на бетонах з вмістом синтетичних волокон 0,15-0,25 % по масі (0,4-0,65 % за об'ємом) при довжині 10-100 мм.

Застосування синтетичних волокон в якості армуючого матеріалу зазвичай призводить до зменшення усадочних деформацій в бетоні, підвищує морозостійкість, опір втоми, стирання, впливу атмосферних впливів.

В останні роки у світі сформувалося новий науково-технологічний напрямок, пов'язаний з отриманням і застосуванням вуглецевих наноструктур, що володіють аномально високою поверхневою енергією і потужною дисперсійною взаємодією [3]. Це відкриває нові

можливості для створення широкого спектра наноструктурованих будівельних композитів, в тому числі бетонів, з поліпшеними функціональними характеристиками.

Найбільш універсальним і ефективним способом регулювання властивостей бетону є введення в цементно-піщану суміш додаткових компонентів – добавок (кластери вуглецю у вигляді нанотрубок або фулеренів).

Вуглецеві нанотрубки (УНТ), що володіють високими механічними характеристиками, розглядаються як ефективний засіб підвищення фізико-механічних властивостей композитних матеріалів. Вони мають вільні хімічні зв'язки, тому - можуть забезпечувати краще зчеплення бетонної суміші і заповнювача, як наслідок, підвищувати міцність матеріалу. Так само нановолокна і нанотрубки можуть відігравати роль армуючого матеріалу через їх високу міцність і великий модуль пружності, а так само бути центрами спрямованої кристалізації [4].

Відомий склад фібробетонної суміші [5], який містить воду, наповнювач, в якості сполучного матеріалу - цемент, в якості армуючого матеріалу - скловолокно. Недоліками такого матеріалу є низькі міцність на вигин, міцність при стисненні та показники опору удару.

Найбільш близьким технічним рішенням, того ж призначення із запропонованим складом, є фібробетонна суміш (прототип), що включає до свого складу, мас. %: цемент М400 – 25-30; скловолокно – 2-4; пісок – 42-54; простий суперфосфат – 4-6; вода – решта.

Зазначений склад має високі експлуатаційні та технологічні показники, що дозволяють використовувати його в конструкціях, що піддаються значним експлуатаційним впливам і температурним коливанням [6].

Основними недоліками даної фібробетонної суміші є використання дорогого лугостійкого скловолокна і низька технологічність (велика жорсткість суміші), невисока міцність на вигин і розтягування в ранні терміни твердіння, що істотно обмежує область застосування даної фібробетонної суміші, при незначних показниках водонепроникності та морозостійкості.

Задачею є підвищення ступеню опору до утворення тріщин у фібробетонній суміші, збільшенню її міцності при стисканні, розтягненні і вигині, підвищенню водонепроникності, морозостійкості та стійкості до проникнення води і хімічних речовин.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що фібробетонна суміш, що включає цемент М 400, мінеральне волокно, пісок і воду, містить в якості армуючого матеріалу високоміцні нанотрубки.

волокна 3D плетіння, і додатково олеїнову кислоту та гіпс будівельний, а також вуглецеві кластери у вигляді нанотрубок або фулеренів, мас. %: цемент М 400 - 25; пісок морський - 47; гіпс будівельний 4; високомодульне вуглецеве волокно 3D плетіння - 3; олеїнову кислоту - 0,25; вуглецеві кластери у вигляді нанотрубок або фулеренів - 0,002; вода - решта.

Новизна обумовлена тим, що такий спосіб виконання фібробетонної суміші володіє значними перевагами в порівнянні із прототипом. Велика ступінь опору до утворення тріщин фібробетону сприяє збільшенню його міцності при стисканні, розтягненні і вигині, забезпечує водонепроникність, високу морозостійкість та стійкість до проникнення води і хімічних речовин.

Для приготування композиції фібробетонної суміші використовували: цемент М 400 (ДСТУ БВ.2.7-46-96), пісок морський Мкр 2,56, гіпс будівельний марки Г-10 (ДСТУ Б В.2.7-82-99), армуючого матеріалу у вигляді високомодульного вуглецевого волокна, що має об'ємне 3D плетіння, наприклад вуглецева тканина Урал марки ТМ-4, яка має 4 об'ємно сплечених шари (ТУ 6-12-0204056-51-91), площа подрібнених часточок тканини не повинна перевищувати 30 мм², гідрофобну присадку у вигляді олеїнової кислоти, а також вуглецеві кластери у вигляді нанотрубок або фулеренів.

Аналіз властивостей сукупностей існуючих ознак заявленої суміші і властивостей сукупностей ознак визначеного аналогу і прототипу показав, що сукупність ознак заявленої суміші проявляє нову властивість, яка не властива прототипу, - велика ступінь опору до утворення тріщин фібробетону сприяє збільшенню його міцності при стисканні, розтягненні і вигині, забезпечує водонепроникність, високу морозостійкість та стійкість до проникнення води і хімічних речовин.

Фібробетонна суміш готувалась в наступній послідовності: цемент перемішувався з гідрофобною присадкою у вигляді олеїнової кислоти на протязі 3 хв. В результаті отриману суміш цементу разом із будівельним гіпсом, морським піском перемішували разом в лопатовому бетонозмішувачі при поступовому додаванні води і поступовому введенні в склад суміші подрібнених часточок вуглецевої високомодульної тканини об'ємного 3D плетіння. Потім поступово розпиляли у змішувачі «пил» вуглецевих кластерів у вигляді нанотрубок або фулеренів і суміш ретельно перемішували. Ущільнення суміші проводили на вібростолі на протязі 5 хв.

Фібробетонна суміш повинна бути використана до початку схоплювання, тобто протягом 15...20 хв. Затвердіння фібробетону

проходило при нормальній вологості і температурі навколишнього повітря +15 °С.

Наявність даних структур дає можливість знизити процес утворення тріщин. При затвердінні на повітрі портландцемент дає усадку. Якщо ця усадка буде більше, ніж властива бетону деформативність, утворюється тріщина. Застосування вуглецевих нанотрубок дозволяє підтримувати баланс між цими силами, перешкоджаючи утворенню тріщин в бетоні.

Висновок. Таким чином, в результаті досліджень встановлено, що зразки наномодифікованого бетону швидше набирають міцність, в середньому 30-40 % і в проектному віці мають міцність на 20-25 % більше, ніж зразки без добавок. Добавка наномодифікатор в кількості 0,002 % мас. забезпечує стабільне зростання характеристик міцності на 20 - 25 %.

Література

1. Тимашев В.В., Сычев Л.И., Никонова Н.С. К вопросу о самоармировании цементного камня // Труды МХТИ им. Д.И. Менделеева. – М., 1976. – Вып. 92.
2. Рабинович Ф.Н. Бетоны, дисперсно-армированные волокнами: Обзор ВНИИЭСМ. М., 1976. – 73 с.
3. Родионов Р.Б. Инновационный потенциал нанотехнологий в производстве строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2006, № 8, с. 72-75. Режим доступа: <http://www.moluch.ru/archive/40/4777/>
4. Сеницын Н., Дубровская Л. Прекрасный век для нано-тэк. / «Вестник строительного комплекса», № 8, 2007, с. 50-51.
5. Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны. - М.: Стройиздат, 1989, ст. 130-131.
6. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет – журнал. Режим доступа: www.nanobuild.ru