

УДК 691.328.4

О.О.ДОВЖЕНКО, канд. техн. наук, І.А.ЮРКО, В.В.КРАВЧЕНКО
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ЗАСТОСУВАННЯ ФІБРОБЕТОНУ В УКРАЇНІ. ВЛАСТИВОСТІ ДИСПЕРСНО АРМОВАНИХ БЕТОНІВ

Наведено відомості щодо розвитку фібробетону за кордоном і в Україні, а також фізико-механічних властивостей дисперсно армованих бетонів.

Приведены сведения по развитию фибробетона за рубежом и в Украине, а также физико-механических свойств дисперсно армированных бетонов.

This article presents information about development fibroconcrete in Ukraine and abroad. It characterizes physical and mechanical properties of dispersion-reinforced concrete.

Ключові слова: дисперсно армований бетон, дрібнозернистий бетон, синтетичне волокно, тріщиностійкість, фібробетон.

Важливими в даний час є питання економії енергії, необхідної для виробництва будівельних матеріалів [9]. Відомо, що її кількість, потрібна для виготовлення бетонів виявляється мінімальною в порівнянні з виробництвом сталі, алюмінію, скла, цегли, пластмас. Армування бетонів призводить до відповідного підвищення енергоємності матеріалу. Оскільки застосування залізобетону здійснюється в широких масштабах, постає проблема максимального скорочення витрат металу та найраціональнішого його використання в конструкціях.

Одним із шляхів підвищення техніко-економічного рівня та індустріалізації будівництва є виробництво нових ефективних матеріалів. Досвід будівельних компаній Великобританії, Італії, Німеччини, США, Франції та Японії показує, що перспективним напрямком розвитку будівельної індустрії є застосування бетонів, армованих синтетичними волокнами (фібробетонів), для конструкцій різного призначення.

Перші роботи, що стосуються отримання дисперсно армованих бетонів із застосуванням сталевих волокон, пов'язують з ім'ям В.П.Некрасова, який ще в 1907 р. провів комплекс робіт і описав результати випробувань бетонних матеріалів регулярно й хаотично дисперсно армованих відрізками дроту малих діаметрів.

Зарубіжна практика армування бетону сталевією фіброю широко використовується з 70-80-х років ХХ ст. Сьогодні Євросоюз вводить єдину систему стандартів, яка розробляється спеціальним комітетом СЕН. Ці норми розповсюджуються також на фібробетони, а деякі країни вже мають стандарти на цей композит та його застосування. Із закордонного досвіду слід відмітити використання фібробетонів у дорозньому і тунельному будівництві, при зведенні морських платформ і

дамб, а також при влаштуванні підлог промислових будівель. Вважається доцільним застосування його і в конструкціях каркасних будівель, особливо при сейсмічних впливах.

У Росії діють будівельні норми [4], які передбачають і допускають застосування, проектування та методи виготовлення фібробетонних конструкцій на основі важкого, дрібнозернистого бетону і синтетичних волокон [пп. 1.14; 1.1.22; 1.2.13; 2.1.1; 2.2.1,4]. У цих нормах представлені архітектурно-конструктивні форми, типи конструктивних елементів та номенклатура фібробетонних конструкцій і виробів.

В Україні виконано ряд досліджень з питань впливу поліпропіленової фібри на властивості бетону [6], в результаті яких було встановлено, що введення до складу бетону поліпропіленового волокна збільшує його міцність на стиск до 20%, на згин – до 25%, початковий модуль пружності фібробетону при цьому на 15% нижчий, ніж у звичайного бетону.

Дані [5] свідчать про збільшення тріщиностійкості таких бетону, що дуже важливо для елементів дорожніх та аеродромних покриттів.

У 2006 р. [7] було встановлено позитивний вплив армуючого поліпропіленового волокна на міцність, жорсткість і тріщиностійкість дрібнозернистого бетону. Руйнівне навантаження та міцність при згині збільшилися на 6 і 14% відповідно. Використання фібри в бетоні за умови забезпечення якісного перемішування і, відповідно, рівномірного розподілення, дозволяє виключити процес армування основи для підлог (стяжки) металевою сіткою.

Мета даної статті – надати загальну характеристику розвитку досліджень фібробетону в Україні, описати головні фізико-механічні властивості та можливі галузі застосування дисперсно армованих бетонів, що може дати поштовх для подальших досліджень у даному напрямку.

Дисперсне армування здійснюється волокнами-фібрами, що рівномірно розподіляються в об'ємі бетонної матриці. Для цього використовуються різні види металевих і неметалевих волокон мінерального та органічного походження. Звідси випливає широко поширена в технічній літературі назва – фіброармований бетон або залежно від виду волокон, що використовуються – сталеві фібробетон, склофібробетон і т.д. [9].

Як і в традиційно армованих структурах, зміцнення волокнами ґрунтується на припущенні, що матеріал бетонної матриці передає волокнам прикладене навантаження за допомогою дотичних сил, які діють на поверхні розділу, і якщо деформативність волокна менше деформативності матриці, то основну частку прикладеного напруження

сприймають волокна, а загальна міцність композиції пропорційна їх об'ємному вмісту [3]. Фіброве армування не має суттєвого впливу на міцність бетону на стиск, однак значно підвищує міцність на розтяг та згин. Підвищення міцності цементного каменю на розтяг в бетонах з довільною орієнтацією волокон пояснюється тим, що волокна з достатньою рівномірністю в матеріалі можуть сприймати зусилля практично будь-якого напрямку і тим самим перешкоджати виникненню та розвитку тріщин у цементному камені. У структурному відношенні цементний камінь є неоднорідним і має орієнтовані в різних напрямках початкові мікрodefекти, які при силовій дії на них можуть переміщуватися, об'єднуватися і в подальшому призводити до появи та розвитку тріщин. Волокна як би уповільнюють рух цих мікрodefектів. Якщо ж тріщина все таки виникає, то волокно блокує її практично з усіх сторін, перешкоджає її подальшому розвитку та росту, що більш ефективно порівняно зі звичайною арматурою. Це триває доки ще не подолано опір волокнистої арматури на розрив або не порушено її зчеплення з цементною матрицею [1].

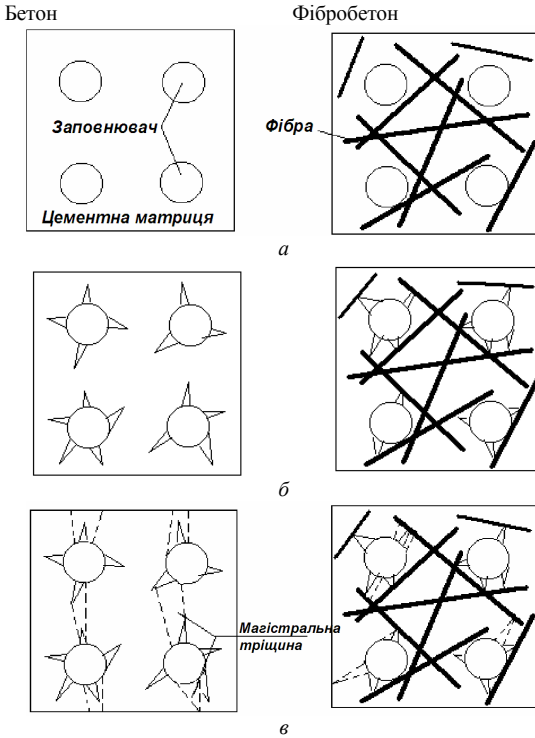
Ефективність дисперсного армування цементного каменя та бетону при навантаженні залежить від [8]:

- 1) початкового стану композиційної структури бетону (рисунок, *а*);
- 2) розвитку напружень і defектів на межі розподілу цементний камінь – заповнювач (рисунок, *б*);
- 3) реакції структури бетону на прикладання статичного (динамічного) навантаження (рисунок, *в*).

При використанні сучасних матеріалів, зокрема фібробетонів, можливо підвищити тріщиностійкість, не використовуючи додатково попередньо напружену арматуру, за рахунок розподілення волокон по всій матриці бетону забезпечується тривимірне зміцнення бетону в порівнянні з традиційною сталевую арматурою, котра забезпечує лише двомірне зміцнення.

Армування волокнами дозволяє використовувати нові принципи проектування та виготовлення виробів, основані на тому, що матеріал і виріб створюються одночасно в рамках одного і того ж технологічного процесу. У результаті суміщення армуючих елементів і матриці утворюється комплекс властивостей композиту, які не тільки включають початкові характеристики його компонентів, але й мають якості, якими окремі компоненти не наділені. Зокрема, поява ряду нових властивостей у композитах пов'язана з гетерогенною структурою, що обумовлює наявність великої поверхні розділу між волокнами та матрицею. Так, наявність межі розділу між армуючими елементами та матрицею істо-

тно підвищує тріщиностійкість матеріалу. За даними [2], тріщиностійкість бетону при введенні 1-3% сталевих волокон підвищилась в 2-3 рази, в'язкість – більше ніж у 30 разів.



Схеми, що ілюструють вплив фібри на зміцнення бетону при статичному (динамічному) навантаженні

Синтетичне волокно характеризується підвищеною деформативністю. Модуль пружності таких волокон не перевищує 1/4 модуля пружності звичайних бетонів. Тому синтетичні волокна не можуть виконувати роль несучої арматури для бетону. Однак їх використання вирішує ряд інших питань, пов'язаних з додатковим армуванням: підвищення тріщиностійкості, часткове підвищення ударної міцності, запобігання сколювання та пошкоджень при транспортуванні і монтажу виробів.

Низькомодульні волокна характеризуються здатністю локалізації процесу виникнення та розповсюдження мікротріщин у матеріалі, тим самим надаючи бетону еластичності, що сприяє підвищенню опору на-

пруженням, які в ньому виникають.

Дія синтетичних волокон і поява формостійкості виробів є наслідком зниження напруження біля вершини тріщин за рахунок наявності в системі еластичного елементу структури, котрий частково здатний поглинати енергію, що вимагає більш високих напружень у матеріалі. Зміцнююча дія волокон обумовлена тим, що більш міцні та жорсткі по відношенню до матриці волокна, несуть у композиційному матеріалі основну частину навантаження, якщо їхня частка в матриці перевищує деяку критичну величину, що визначається експериментально-розрахунковим методом з урахуванням характеристик вихідних матеріалів.

Як показали дослідження [2], критичні напруження тріщиноутворення знаходяться залежно від об'ємного вмісту волокон і відстані між ними. Дослідники вважають, що введення будь-яких видів волокон у в'язуче підвищує напруження тріщиноутворення.

При вивченні поведінки бетону, армованого низькомодульними волокнами, необхідно розрізнити стан матеріалу: до виникнення першої структурної тріщини та після її появи, і до повного його руйнування. Так, згідно з [2], до першої тріщини композиція може бути визначена пружною, а вже після її появи волокна з ростом навантаження починають витягуватись, і матеріал набуває властивості псевдопластичного матеріалу.

Таким чином, фібробетон рекомендується застосовувати у конструкціях, де найбільш ефективно можна використовувати такі їх технічні показники:

- підвищену тріщиностійкість, ударну міцність, в'язкість, зносо-, атмосферо- та морозостійкість;
- можливість використання більш ефективних конструктивних рішень, у порівнянні зі звичайним армуванням, наприклад, тонкостінних конструкцій з різними типами армування;
- зниження трудовитрат на арматурні роботи, підвищення ступеня механізації та автоматизації виробництва конструкції, наприклад, у збірних і монолітних тонкостінних оболонках, у ребристих плитах покриття і перекриття, багат шарових стінових панелях, збірних колонах, балках, палях, незнімній опалубці, дорожніх та аеродромних покриттях, монолітних і збірних підлогах, елементах обробки фасадів та ін.

Дисперсне армування набуває важливе значення і в антисейсмічному будівництві за рахунок здатності, армованих синтетичним волокном, конструкцій сприймати великі згинальні моменти, набуваючи таких властивостей, як вища деформативність бетонної конструкції,

висока тріщиностійкість.

Армування фіброволокном доповнює комплекс спеціальних конструктивних заходів, направлених на підвищення міцності та монолітності несучих конструкцій. В'язкість мікроармованого бетону змінює стадію руйнування, яка не відбувається раптово, як у звичайному бетоні. Руйнування відбувається поступово, з розкриттям тріщин у зоні чистого згину. Дисперсне армування синтетичним волокном дозволяє значно підвищити всю сукупність фізико-механічних показників бетонів.

1.Аболиныш Д.С., Кравинкас В.К., Лагутина Г.Е. Мелкозернистый бетон, армированный обрезками проволоки // Бетон и железобетон. – 1973. – №5. – С.27.

2.Ахмеднабиев Р.М. Влияние полимерных волокон на свойства чечаночных цементных композиций: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – М., 1983. – 200 с.

3.Васильев В.В. Композиционные материалы. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с.

4.ВСН 56-97. «Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций» // ДСНТУ НИЦ "СТРОИТЕЛЬСТВО". – М., 1997. – 172 с.

5.Експертний висновок про можливість використання поліпропіленової фібри виробництва ТОВ «СПЕЦНАБ» у дорожньому будівництві. – К.: ДерждорНДІ, 2007.

6.Заключение о результатах сравнительных испытаний образцов тяжелого бетона и фибробетона, где в качестве фибры использованы волокна армирующие полипропиленовые производства ООО "ДиИФ". – Донецк: Донецкий ПромстройНИИпроект, 2004.

7.Отчет о научно-исследовательской работе «Проведение сравнительных испытаний по определению влияния волокна армирующего полипропиленового – ВАП (фибры), ТУ У 32781078.002-2004, на свойства основания для полов из мелкозернистого бетона (стяжки)». – Днепропетровск: ОАО "ДНИИСП", 2006.

8.Парфенов А.В. Ударная выносливость бетонов на основе стальной и синтетической фибры: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2004. – 20 с.

9.Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов // Вопросы теории и проектирования, технологий, конструкций. – М.: АСВ, 2004. – 560 с.

Отримано 12.11.2009

УДК 72.025.5

Р.Б.НЕХОРОШКОВ

Харьковский городской совет

В.М.ПРАСОЛ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЯТИЭТАЖНЫХ ПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ

Рассматривается возможность реконструкции и модернизации инженерного оснащения, применения систем регулирования и учета тепло-, водо- и газопотребления. Рассмотрена возможность возведения мансардных этажей зданий массовой застройки (пятиэтажных панельных домов).

Розглядається можливість реконструкції та модернізації інженерного оснащення,