

## ЕФЕКТИВНІ ВИДИ ФІБРОБЕТОНІВ

<sup>1</sup>Мішутін А.В., *д.т.н., професор*, <sup>2</sup>Дворкін Л.Й., *д.т.н., професор*  
(<sup>1</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури,  
<sup>2</sup>Національний водний університет господарства та  
природокористування м. Рівне)

Наведені результати експериментальних досліджень, що стосуються впливу факторів, які визначають структуру фібробетонів вказаних видів, в т.ч. геометричних характеристик, вмісту і виду фібри, характеру експлуатаційних навантажень. Розглянуто комплекс властивостей фібробетонів, шляхи їх регулювання і покращення, запропонована методологія проектування складів фібробетонів із заданими властивостями. Особливо велика увага відводиться комплексу технологічних питань, що стосуються забезпечення довговічності фібробетонів при особливо жорстких умовах їх експлуатації. З підвищенням міцності бетону росте і його крихкість, знижуються пластично-деформаційні властивості при короткочасному й тривалому навантаженні, що приводить практично до миттєвого руйнування бетону при досягненні ним граничного стану. Варіантом вирішення цієї задачі можна вважати дисперсне армування бетону фіброю, що дозволяє істотно підвищити його питому міцність на розтяг і згин, тріщиностійкість, стійкість до ударних і вібраційних впливів, опір стиранню тощо. Забезпечення заданих показників якості фібробетонів можливе лише за умови забезпечення раціонального вибору типів волокон, визначення їх оптимального дозування і правильного приготування суміші. Область застосування волокон різних типів і їх ефективного використання для дисперсного армування визначається двома міжнародними стандартами – EN14489 і ASTM C 116-03.

Найбільш поширені фібробетони на портландцементі, армовані сталевим волокном – **сталеві фібробетони**. Сталеве волокно звичайно представлене відрізками дроту, у тому числі з відпрацьованих канатів. Фібри можуть мати різний поперечний переріз – круглий, овальний й ін. розмірами від 0,2 до 1,6 мм і довжину від 10 до 160 мм. Поверхня фібр може бути профільована, оброблена травленням і, як виключення, гладкою. Кількість фібр, що вводяться в бетон, у більшості випадків коливається від 0,5 до 2% по об'єму. Введення в бетон сталевих фібр у кількості 1...1,5% по об'єму збільшує його міцність на розтяг до 100%, міцність на вигин на 150...200%, міцність на стиск підвищується на 10...25%.

За рахунок більш високої тріщиностійкості сталевібробетон відрізняється підвищеною в 1,5...2 рази морозо-, жаро- і вогнестійкістю, водонепроникністю. Цінними якостями сталевібробетону є підвищена зносостійкість, ударна і динамічна стійкість. Так, зносостійкість сталевібробетону збільшується на 30...50%, а опір удару в 10...12 разів.

Широке поширення серед синтетичних волокон одержала **поліпропіленова фібра**. Поліпропіленове фіброволокно виготовляється безперервним методом з гранул чистого поліпропілену шляхом екструзії і витяжки при нагріванні. Відомо, що поліпропіленові волокна не піддаються корозії під впливом лужного середовища при гідратації портландцементу. Однак волокна даного тину мають низьку змочуваність, отже, і погану адгезію до цементного каменю. Забезпечення зчеплення фібри з бетоном досягається більшою мірою тільки за рахунок сил механічного заанкерування.

Використання базальтових волокон, для дисперсного армування фібробетонів є актуальним у зв'язку з високими фізико-механічними властивостями одиничних волокон і більш низькою густиною цих волокон в порівнянні зі сталевими. Проведений аналіз літературних джерел, присвячених питанням теоретичних основ дисперсного армування, корозійної стійкості базальтового волокна в лужних середовищах, дозволив встановити, що високі фізико-механічні характеристики матеріалу головним чином визначаються спільною роботою волокна із цементною матрицею, а також залежать від складу бетону, технології його виготовлення, виду і активності застосовуваного цементу, виду і вмісту фібри, способу її розподілення в бетонній суміші, виду і кількості пластифікуючих добавок. Властивості фібробетону визначаються видом і якістю застосованих волокон і бетону, їх кількісним співвідношенням і багато в чому залежать від стану контактів на межі поділу фаз. Істотне підвищення міцнісних характеристик композиту у порівнянні з вихідним бетоном (зі збереженням досягнутого рівня в часі) забезпечується використанням високотехнологічних волокон, хімічно стійких стосовно матриці й з більшим, ніж у неї, модулем пружності. Вид волокон, їх відносна довжина ( $l/d$ ) і процентний вміст у суміші повинні призначатися, виходячи з вимог до виробів і конструкціям з урахуванням прийнятої технології. Відхилення від оптимальних значень зазначених параметрів у більшу або меншу сторону знижує ефективність дисперсного армування. При оптимальних параметрах армування введення волокон сприяє поліпшенню структури й властивостей вихідного бетону, підвищенню його стійкості й

довговічності.

Дослідження акустичної емісії фібробетону також показали, що дисперсне армування забезпечує стійкість до мікротріщиноутворення. Матеріал має високий опір до деструкції, і руйнування, що відбувається при розриві волокон фібри у зоні максимального розтягнення (рис.3.13.а, лінія 4). При цьому розвиток мікротріщини зупиняється на  $\frac{1}{2}$  розриву зразка. При випробуванні армованих фіброю бетонів перші сигнали акустичної емісії з'являються перед руйнуванням зразка (рис.3.13.б, лінія 4), тому при навантаженні поздовжні зусилля компенсує фібра, підвищуючи стійкість бетонів до розтягнення. Таким чином, завдяки дисперсному армуванню істотно підвищується стійкість бетону до розвитку дефектів структури, а розкриття тріщин у фібробетоні має більш виражений згасаючий характер.

Залежно від умов, у яких здійснюється твердіння бетону, в ньому відбувається процес усадки внаслідок випаровування вологи або набухання. Обидва процеси характеризуються відповідними об'ємними деформаціями, які створюють у бетоні внутрішнє напруження. Усадку бетону викликано фізико-хімічними і капілярними явищами, які відбуваються у гелевій складовій цементного каменю і зумовлені зміною вологовмісту у бетоні. Величина і характер осідання або набухання модифікованих бетонів залежать від їх складу, а також від температури і вологості навколишнього середовища і тривалості експлуатації.

Таким чином, було розширено технологічні основи отримання модифікованих суднобудівних фібробетонів з високими експлуатаційними характеристиками і довговічністю за рахунок зниження капілярної пористості і створення системи замкнутих пор малого розміру при використанні комплексного модифікатора [суперпластифікатор + кольматуюча добавка + наповнювач] і об'ємного дисперсного армування. Показано можливість отримання бетонів для тонкостінних конструкцій плавучих споруд з високою технологічністю, водонепроникністю не менше W12, морозостійкістю не нижче F500, високою тріщиностійкістю та зносостійкістю.