

## МІЦНІСТЬ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ З ФІБРОЮ РІЗНОГО ТИПУ

### STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE WITH FIBER OF DIFFERENT TYPES

Сур'янінов М.Г., д.т.н., проф., Клименко О.В., аспірант, Єсванджия В.Ю., аспірант, Шимченко П.В., аспірант (Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Surianinov M.H., D.Sc. (Eng.), Prof., Klimenko O.M., postgraduate, Yesvandzhyia V.Yu., postgraduate, Shymchenko P.V., postgraduate (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture)

Дисперсне фіброве армування дозволяє у великому ступені компенсувати головні недоліки бетону — низьку міцність на розтягання й крихкість руйнування, а також знижує усадку й повзучість.

Сталефібробетон виготовляється з легкого або важкого бетону. Цей вид бетону виходить при армуванні бетонної основи сталевую фібрую, рівномірно розподіленої за обсягом бетону. Інтегральні властивості фібробетону, як будь-якого композита, обумовлюються властивостями його компонентів (фібри й бетону-матриці), а також наявністю й ступенем їх спільної роботи. У фібробетоні така спільна робота забезпечується за рахунок зчеплення й анкеровки фібри в бетоні.

Суттєвою характеристикою сталевіфібробетону є його пластичність, яка визначається типом фібри, її кількістю і механізмом зчеплення. Крім усього іншого, сталевіфібробетон відмінно забезпечує несучу здатність при центральному стиску, що в довгостроковій перспективі дозволить заощадити на трудовитратах і матеріалі при виготовленні конструкцій, що працюють на стиск.

Дослідженнями у сфері фібробетону займається багата кількість вчених. Результати робіт [1 – 5], що присвячені аналізу міцності та деформативності сталевіфібробетону, показують підвищення характеристик бетону при додаванні сталевіфібри, але рекомендації до її оптимальної форми недостатні або зовсім відсутні. Таким чином, дослідження механічних властивостей сталевіфібробетону з додаванням сталевіфібри різної форми продовжує залишатися актуальним.

Мета даної роботи полягала у дослідженні поліпшення несучої здатності на стиск бетону з додаванням сталевіфібри різної форми. Для виготовлення зразків під час замішування бетонної маси рівномірно додавалася фібра, загальний обсяг якої становив 1 % від самого виробу. Цей обсяг був визначений як найбільш оптимальний в ході попередніх досліджень. Випробування проводилися на призмах і кубах, розмірами 100x100x400 мм і 100x100x100 мм відповідно, витриманих 28 доби. Призми

і куби виготовлені згідно з нормативними документами. Виготовлене по 4 групи призм і кубиків. По одній — зі звичайного бетону (з розмірами великого заповнювача до 10 мм) класу С20/25, і ще по три — з різними типами фібри (анкерна, плющена і волнова), рис.1. Кожна група складалася із шести зразків. Фібра, використана для досліджень, була надана підприємством ПАТ ВО «Стальканат Сілур» і виконана відповідно до вимог Європейського стандарту.



Рис. 1. Види фібр: анкерна, плющена, волнова

Всі випробування проводилися на спеціально підготовленому для цих цілей пресі. Під час випробувань на стиск зразки кубів і призм встановлювалися обраною гранню на нижню опорну плиту преса центрально щодо його поздовжньої осі. Між плитами преса і його опорними поверхнями зразків допускається прокладання сталеві плитки. Після встановлення зразка на опорну плиту преса, зміщалася верхня плита преса з верхньої опорної гранню елемента таким чином, щоб їх площини повністю прилягали одна до одної. Після чого починалося завантаження.

На бічні поверхні призм кріпилися індикатори годинникового типу — по одному на кожну — для вимірювання поздовжніх деформацій під час завантаження. Для зручності кріплення індикаторів до зразків були виготовлені дві рамки по меншому перетину призма. Паралельно гранях призм розташовувалися стрижні, що впиралися в пристрої. Саме завдяки зміні у поведінці цих стрижнів ідентично паралельним їм гранях, можемо судити про відносні деформації, що утворювалися в призмах.

Для вимірювання повздовжніх деформацій використовувалися датчики годинникового типу із ціною розподілу 0,001 мм і базою 25 см. Лабораторні випробування призм проводилися за однаковою програмою, навантаження прикладалися однаковими ступенями з витримкою тривалістю 10 хвилин. Лабораторні випробування кубів проводилися аналогічно даними призмам, за винятком відстеження поздовжніх деформацій на кожному етапі завантаження і, як наслідок, фіксації лише максимального витриманого зразком навантаження, через неможливість стійкої фіксації датчика.

Таким чином, було випробувано на стиск до руйнування 24 призма, по шість у кожній серії, самих серій 4, вони відрізнялись наповнюванням та

виготовлялися з однієї матриці. Як відомо з літературних джерел, результати, отримані різними авторами при схожих випробуваннях, найчастіше суттєво відрізняються друг від друга. Тому всі зразки були випробувані протягом однієї доби, що, при наймі, забезпечило однаковий температурно-вологісний режим експериментів.

В межах серії розкид показників виявився дуже малим, тому немає сенсу збільшувати кількість зразків у серії. Автори отримали збільшення несучої здатності на стиск призм зі вмістом сталеві фібри 11 %, що виходить за рамки похибки, бо середнє руйнівне навантаження для призм з бетону — 221 кН, а зі сталеві фібробетону — 245 кН. При однаковому відсотку армування несуча здатність сталеві фібробетону, як виявилось, майже не залежить від форми фібрового волокна, але наявність фібри у складі бетону змінює характер руйнування зразка. Замість миттєвого крихкого руйнування маємо уповільнений процес, та призма не розпадається на окремі частини, а залишається єдиним масивом з наскрізними тріщинами. Від остаточного руйнування її утримують волокна фібри.

Поведінку кожного з видів призм під час проведення випробувань можна відстежити за графіком залежностей на рис. 2. Очевидно, що до появи мікротріщин всі графіки зливаються, різниця між ними майже не помітна, немає сенсу приводити їх окремо, чи по серіях, тому на рис. 3 показані середні значення. Коли несуча здатність бетонної матриці вичерпана, графік для серії з бетону обривається, бо зразки розколюються, чого не відбувається зі сталеві фібробетонними призмами, у них тріщини розкриваються повільно, що дає їм можливість витримати ще один ступінь навантаження, при цьому кут нахилу графіків збільшується.

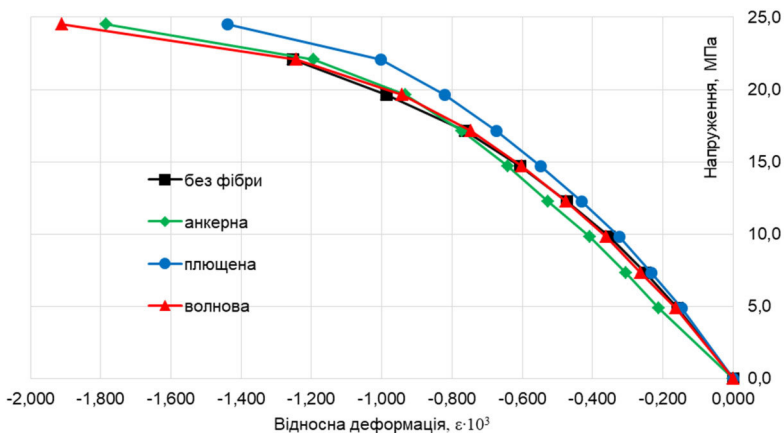


Рис. 2. Залежність деформації від напруження при стиску призм бетонних та сталеві фібробетонних зі вмістом різних фібр

Таким чином, встановлено, що несуча здатність сталевібробетону при стиску практично не залежить від виду фібри, але її наявність у складі бетону міняє характер руйнування зразка. Замість миттєвого крихкого руйнування спостерігається повільно поточний процес, і призма не розпадається на окремі частини, а залишається єдиним масивом з наскрізними тріщинами; від остаточного руйнування її втримують волокна фібри. Призми зі сталевіброю витримували навантаження на 11% більше, ніж зразки з бетону. Застосування сталевібри поліпшує не тільки несучу здатність, а й деформативність. Відносна поздовжня деформація сталевібробетону в середньому виявилася на 36% вище, чим у бетону, внаслідок наявності у вібробетону псевдопластичної фази деформування.

### Список використаних джерел

1. Seong-Cheol Lee, Joung-Hwan Oh, Jae-Yeol Cho. Compressive Behavior of Fiber-Reinforced Concrete with End-Hooked Steel Fibers. *Materials* (Basel), 2015.
2. A Study On The Compressive & Flexural Strength Behavior Of Steel Fiber Reinforced Concrete Beam / Nafissa Tabassum and others. *International Journal of Advanced Research*, 2018.
3. Comparison of material properties of steel fiber reinforced concrete with two types of steel fiber / Z. Marcalíková and others. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 549, 2019.
4. Reza Babaie, Milad Abolfazli, Ahmad Fahimifar, Mechanical properties of steel and polymer fiber reinforced concrete. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, vol. 28, issue 1, 2019.
5. Гафарова Н.Е. Фибробетон для монолитного строительства. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 3-1. С. 11.