

УДК 624.046:620.176.24

*Кузнєцова Ірина, аспірант,  
ORCID: 0000-0002-5859-4636, e-mail: oldfieldeik@gmail.com  
Довженко Оксана, к.т.н., професор,  
ORCID: 0000-0002-2266-2588, e-mail: o.o.dovzhenko@gmail.com  
Погрібний Володимир, к.т.н., с.н.с.,  
ORCID: 0000-0001-7531-2912, e-mail: v.v.pogrebnoy1960@gmail.com  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **АНАЛІЗ ХАРАКТЕРУ РУЙНУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ МІСЦЕВОМУ СТИСНЕННІ**

*Анотація.* Викладені результати аналізу досліджень впливу фібри на міцність фібробетонних елементів при місцевому стисненні. Описаний характер руйнування дослідних зразків.

*Ключові слова:* місцеве стиснення; фібробетон; характер руйнування.

*Kuznietsova Iryna, post-graduate student,  
ORCID: 0000-0002-5859-4636, e-mail: oldfieldeik@gmail.com  
Dovzhenko Oksana, Phd, Professor,  
ORCID: 0000-0002-2266-2588, e-mail: o.o.dovzhenko@gmail.com  
Pohribnyi Volodymyr, Phd, Senior Researcher,  
ORCID: 0000-0001-7531-2912, e-mail: v.v.pogrebnoy1960@gmail.com  
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## **ANALYSIS OF THE NATURE OF DESTRUCTION OF FIBER CONCRETE ELEMENTS UNDER LOCAL COMPRESSION**

*Abstract.* The results of the analysis of researches of influence of fiber on strength of fibroconcrete elements at local compression are stated. The nature of the destruction of experimental samples is described.

*Key words:* local compression; fiber concrete; the nature of the destruction.

Експериментальних досліджень фібробетону в умовах місцевого стиснення небагато [1, 2].

Дослідження, виконане в Технічному університеті Каунаса [1], мало за мету оцінити вплив сталеві фібри на міцність елементів при місцевому стисненні. Випробувано 36 кубів розмірами 150×150×150 мм із фібробетону із різним вмістом волокон. Довжина сталеві фібри із загнутими кінцями становила 50 мм, діаметр – 1 мм, межа міцності при розтязі – 1150 МПа. Було виготовлено 4 серії дослідних зразків (кожна із яких включала 9 кубів): у першу серію додавали 0,32 % , у другу – 0,38 % , у третю – 0,44 % та у четверту – 0,50 % фібри.

Навантаження передавалося в центрі зразка через сталеві пластини двох розмірів 53×53×23 і 30×30×20 мм. Випробування проводили на гідравлічному пресі із регулюванням швидкості прикладання зусилля.

Використання фібри обумовлює збільшення міцності бетону при місцевому стисненні, оскільки вона знижує імовірність крихкого руйнування та спричиняє досить велику залишкову деформацію через пластичність сталі та наявність мікротріщини у бетоні.

Волокна ефективно протидіють утворенню та сприяють обмеженню розвитку як нормальних так і похилих тріщин.

Незалежно від розмірів площадки завантаження і вмісту волокон у межах експерименту, картина руйнування зразків була подібна до руйнування бетонних елементів в умовах місцевого стиснення. Початкові мікротріщини з'являлися поблизу кутів сталевих штампів, котрий вдавлювався в бетон. Надалі утворювалися тріщини розколювання, паралельні сторонам або діагоналям куба (рис. 1). Наявність волокон змінювала характер руйнування на пластичний порівняно із крихким для неармованих бетонів, процес руйнування в цьому випадку був більш тривалим у часі.



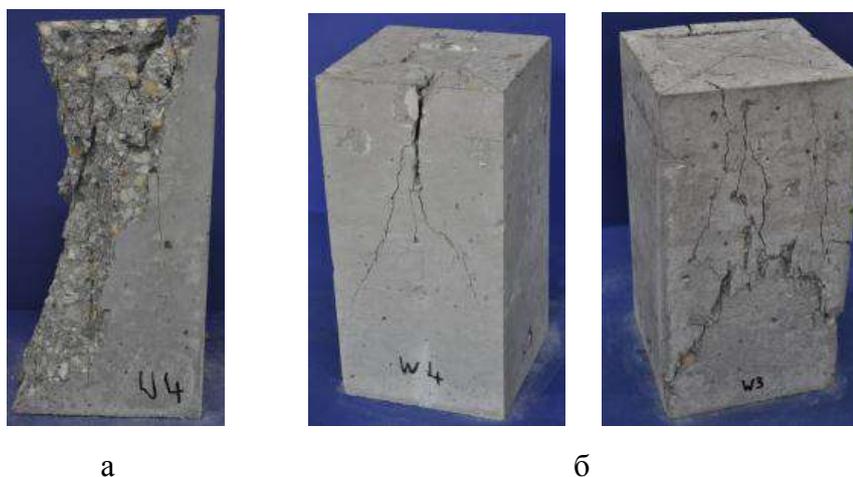
**Рис. 1 – Характер руйнування зразка із площею навантаження 30×30 мм (а) та 53×53 мм (б)**

З'ясовано, що зміна вмісту волокон суттєво не впливає на міцність зразків, навантажених штампом 30×30 мм, але для зразків із штампом 53×53 мм такий вплив є значним і ефективним до величини вмісту фібри 0,44 %, після чого він починає зменшуватися. Опір місцевим напруженням максимально збільшується до 15% у порівнянні зі звичайним бетоном.

Відомі також дослідження несучої здатності сталевібробетону для збірних сегментів тунельного оброблення при зосереджених навантаженнях [2].

Тут для випробувань використовувалися 60 призм розмірами 150×150×300 мм, завантажених центрально через сталеві пластини двох розмірів 50×50 мм і 100×100 мм.

Характер руйнування дослідних зразків відображено на рис. 2. Спочатку утворювалися піраміди під площадкою навантаження, вдавлювання яких в подальшому спричиняло розколювання зразка.



**Рис. 2 – Характер руйнування призм із бетону (а) та сталевібробетону (б) при центральному місцевому завантаженні**

Згідно отриманим результатам опір при місцевому стисненні збільшується за рахунок додавання сталеві фібри, при цьому змінюється характер руйнування з крихкого на пластичний. Зафіксовано зростання опору зі збільшенням відношення площі завантаження до площі поперечного перерізу елемента. На опір можна позитивно вплинути також збільшивши розмір волокна, його міцність на розтяг і вміст. Напрямок бетонування значно впливає на характеристики несучої здатності та тріщиностійкість, і також може вважатися визначальним фактором.

Результати виконаних авторами експериментальних досліджень бетонних та фібробетонних на базальтових волокнах кубів при місцевому центральному стисненні підтверджують відомості про характер руйнування та вплив фібри на несучу здатність, отримані в [1, 2].

Характер руйнування зразків, виготовлених із важкого бетону без та із додаванням фібри при розмірах площадки навантаження  $50 \times 50$  мм представлено на рис. 3. На верхній грані бетонного зразка (рис. 3, а) спостерігаємо тріщину, котра окреслює площадку навантаження за контуром і тріщини, котрі проходять паралельно одній із сторін зразка (або обом граням) та продовжуються на його двох бічних гранях.

При випробуванні фібробетонних елементів реалізувався випадок нерівномірного місцевого стиснення, котрий відображено на рис. 3, б: піраміда ущільнення має трикутну основу, котра дорівнює половині площадки навантаження, тріщина розколювання в цьому випадку на верхній грані проходить під кутом до граней куба.



**Рис. 3 – Характер руйнування бетонного (а) та фібробетонного (б) куба із площею навантаження  $50 \times 50$  мм**

В Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» розроблено варіаційний метод у теорії пластичності для розрахунку міцності бетонних елементів, котрий з нашої точки зору, являється перспективним для створення достатньо загальної методики розрахунку міцності фібробетонних елементів на базальтовій фібрі при місцевому стисненні.

Отримані в експериментальних дослідженнях дані про характер руйнування, слугують базою для створення кінематично можливих схем руйнування варіаційного методу в теорії пластичності.

#### **Література**

1. Keras V. *Research of Local Compression Concrete Reinforced by Steel Fibres* / V. Keras [et al.] // *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. – 2015. – Vol. 2, No. 11. – P. 72–78.
2. Breitenbücher R. *Experimental and numerical study on the load-bearing behavior of steel fiber reinforced concrete for precast tunnel lining segments under concentrated loads* / R. Breitenbücher [et al.] // *Proceedings of Joint ACI-fib International Workshop : Fibre Reinforced Concrete : from Design to Structural Applications (FRC 2014)*. – P. 431–443.