

STRESZCZENIE

Nośność na ścinanie belek z fibrokompozytu na bazie piasków odpadowych

W celu zagospodarowania kruszywa drobnego stanowiącego odpad po procesie hydroklasyfikacji w lokalnych kopalniach, Katedra Konstrukcji Betonowych i Technologii Betonu Politechniki Koszalińskiej opracowała fibrokompozyt drobnokruszywowy z piasków odpadowych. Bardzo dobre właściwości wytrzymałościowe fibrokompozytu, takie jak wytrzymałość na ściskanie, czy wytrzymałości resztkowe świadczą o tym, że opracowany materiał może być stosowany do wytwarzania elementów konstrukcyjnych. Przeprowadzone studia literaturowe, wykazały jednak, że istniejące metody wymiarowania na ścinanie nie ujmują całości aspektu ścinania i są poprawne jedynie dla części badań eksperymentalnych.

Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej jest drobnokruszywowy fibrokompozyt na bazie kruszywa odpadowego z zawartością włókien 1,2% w stosunku do objętości ($94,5 \text{ kg/m}^3$) rozpatrywany, jako materiał konstrukcyjny. Celem jest doświadczalna ocena metod wymiarowania na ścinanie elementów fibrobetonowych wg prenormy Model Code 2010 oraz RILEM-TC-162-TDF pod kątem możliwości zastosowania tych metod do wymiarowania na ścinanie badanego fibrokompozytu.

Przeprowadzono badania eksperymentalne, które zostały podzielone na badania wiodące i uzupełniające. Badania wiodące obejmowały pomiar sił obciążających, ugięć, rejestrację odkształceń strzemion oraz odkształceń bocznych powierzchni belek w skali naturalnej, a także morfologię rys strefy przypodporowej. Badania uzupełniające obejmowały określenie wytrzymałości na ściskanie i wytrzymałości resztkowych fibrokompozytu, jak również określenie wytrzymałości na rozciąganie, granicy plastyczności oraz modułu sprężystości stali zbrojeniowej prętów głównych i strzemion.

Analiza badań wiodących obejmowała ocenę wpływu włókien na nośność strefy przypodporowej na działanie sił poprzecznych badanych belek. W zakresie stanu granicznego użyteczności, analizie poddano wpływ włókien na siłę rysująca, szerokość rozwarcia oraz ich rozstaw i ilość. Wyniki badań potwierdziły, że dodatek włókien zwiększa nośność belek na ścinanie i umożliwia redukcję zbrojenia konwencjonalnego na ścinanie oraz wpływa na zmniejszenie szerokości rys ukośnych. Tym samym udowodniono pierwszą tezę dysertacji. Kolejno dokonano obliczeń teoretycznych nośności na ścinanie wg metod Model Code 2010 oraz metody RILEM-TC-162-TDF i porównano z nośnościami eksperymentalnymi. W wyniku przeprowadzonej analizy wykazano, że wyżej wymienione metody w niewystarczający sposób definiują nośności na ścinanie.

Bazując na własnych spostrzeżeniach oraz wnioskach wynikających z badań innych autorów, stwierdzono, że powodem niezgodności nośności eksperymentalnych i teoretycznych jest przyjęta wytrzymałość resztkowa. Tym samym wprowadzono korektę wytrzymałości resztkowych, wówczas uzyskano dobrą zgodność między nośnościami eksperymentalnymi i obliczeniowymi. Wprowadzono ponadto poprawkę przedziału przyjmowanego kąta nachylenia krzyżulców ściskanych w tym nową zależność na jego wartość minimalną dla badanego drobnokruszywowego fibrokompozytu. Ponadto zaproponowano zmodyfikowaną metodę wyznaczania szerokości rozwarcia rys ukośnych w elementach z samymi włóknami oraz z włóknami i zbrojeniem konwencjonalnym na ścinanie. Tym samym uzyskano potwierdzenie drugiej tezy rozprawy doktorskiej, a mianowicie możliwości wykorzystania metody RILEM-TC-162-TDF oraz Model Code 2010 do wymiarowania na ścinanie belek wykonanych fibrokompozytu drobnokruszywowego na bazie piasków odpadowych z uwzględnieniem autorskich współczynników korekcyjnych.

Rozprawa doktorska liczy 246 stron, w tym załączniki stanowią 70 stron, zawiera 208 rysunków i 31 tablice, wykaz literatury obejmuje łącznie 233 pozycji.

SUMMARY

Shear capacity of Steel Fiber Reinforced Waste Sand Concrete Beams

In order to develop the fine aggregate constituting the waste after the hydroclassification process at local mines, the Department of Concrete Structures and Concrete Technology at Koszalin University of Technology has developed a fine particle fibrocomposite from waste sands (SFRWSC - Steel Fiber Reinforced Waste Sand Concrete). Very good strength properties of the fibrocomposite, such as compressive strength and residual strength, indicate that the developed material can be used for the production of structural elements. However, literature studies have shown that existing shear design methods do not cover the whole shear aspect and are only valid for some experimental studies.

The subject of this doctoral dissertation is SFRWSC with a fiber content of 1.2% in relation to the volume (94.5 kg / m³) considered as a construction material. The aim is to experimentally evaluate the methods of designing shear elements of fiber-reinforced concrete according to the Model Code 2010 and RILEM-TC-162-TDF for the possibility of applying these methods to shear designing of the tested SFRWSC.

Experimental studies were carried out, which were divided into main and supplementary investigations. Main investigation included measurement of loading forces, deflections, stirrup deformations, and lateral deformation of beams on a natural scale. Supplementary investigation included determination of compressive strength and strength of residual fibrocomposite, as well as determination of tensile strength, yield strength and modulus of elasticity of reinforcing steel of main bars and stirrups.

The analysis of the main investigation included the assessment of the impact of fibers on the load-bearing capacity of the support area on the transverse forces of the tested beams. In terms of serviceability limit state, the influence of fibers on cracking force, opening width and their spacing and quantity were analyzed. The test results confirmed that the addition of fibers has a positive effect on the load-bearing capacity of the beam elements, which affects the reduction of conventional shear reinforcement and diagonal cracking of the tested beams, thus the first thesis has been proven. Next, theoretical calculations of the shear capacity were made according to the Model Code 2010 methods and the RILEM-TC-162-TDF method and compared with the experimental load capacities. Therefore, it has been shown that the above-mentioned methods insufficiently define the shear capacities.

Based on their own observations and the conclusions of other researchers, it was found that the reason for the inconsistency of experimental and theoretical capacity is the residual strength assumed. Thus, a correction was made to these strengths, after which the theoretical values matched the experimental values much better. Next, the correction of the angle of inclination of the compressed diagonals was introduced, including the new formula for its minimum value for the tested SFRWSC. In addition, a modified method for determining the crack width of the diagonal cracks in elements with only fibers and with fibers and classical shear reinforcement is proposed. Thus, confirmation of the second thesis of the doctoral dissertation on the possibility of using the RILEM-TC-162-TDF method and Model Code 2010 for designing of beams made of SFRWSC with corrective coefficients was obtained.

The doctoral dissertation is 246 pages long and it contains 208 figures and 31 tables. The list of literature includes 233 items and the attachments count 70 pages.