

Streszczenie

ANALIZA WPLYWU ZBROJENIA GŁÓWNEGO NA NOŚNOŚĆ ŚCINANIA BETONOWYCH BELEK BEZ ZBROJENIA POPRZECZNEGO

Rozprawa doktorska poświęcona jest tematyce ścinania smukłych belek betonowych bez zbrojenia poprzecznego z podłużnym zbrojeniem na zginanie wykonanym z dwóch typów prętów: stalowych i kompozytowych z włókien szklanych (glass fiber reinforced polymer – GFRP). Motywacją do podjęcia badań w tym zakresie była chęć określenia wpływu niskiego modułu sprężystości podłużnej prętów GFRP oraz anizotropowej budowy tych prętów na mechanizm zniszczenia i nośność ścinania. Głównym celem pracy była analiza mechanizmu niszczenia belek z podłużnym zbrojeniem wykonanym z włókien szklanych lub zbrojeniem stalowym bez zbrojenia poprzecznego oraz analiza nośności na ścinanie i odkształcalności takich elementów. Pozostałe cele obejmowały analizę wpływu następujących parametrów zmiennych na nośność belek i sposób zniszczenia: stopnia zbrojenia podłużnego (1,0%, 1,4%, 1,8%), liczby poziomów prętów (jeden, dwa), liczby i średnicy prętów odpowiadających stopniom zbrojenia oraz grubości betonowej otuliny (15 mm, 35 mm).

Do analizy rozwoju zarysowania elementów badawczych użyto systemu cyfrowej korelacji obrazu ARAMIS, który pozwolił na szczegółową rejestrację mechanizmu niszczenia od chwili zarysowania, przez jego rozwój, do momentu zniszczenia. Korzystając z kinetycznego modelu ścinania opisano proces niszczenia belek, ze wskazaniem różnic dotyczących położenia i nachylenia ukośnych rys niszczących dla poszczególnych belek.

Program badawczy obejmował trzydzieści trzy jednoprzęsłowe, swobodnie podparte belki o przekroju teowym ($b_{eff} = 400$ mm, $b_w = 150$ mm, $h_f = 60$ mm, $h_{tot} = 400$ mm) i rozpiętości w osiach podpór (1800 mm) bez zbrojenia poprzecznego. Belki obciążano jedną siłą skupioną położoną w odległości 1100 mm od osi podpory, co odpowiadało smukłości ścinania a/d w granicach 2,9-3,0 i spełniało warunek belek smukłych.

Badania ujawniły dwa sposoby zniszczenia. Pierwszy, ścinająco – rozciągający, wystąpił w większości elementów (wszystkich elementach żelbetowych i części elementów zbrojonych prętami GFRP) oraz drugi związany z utratą przyczepności zbrojenia, który wystąpił w trzech elementach II serii, zbrojonych prętami GFRP. Badania potwierdziły wyraźny wpływ rodzaju zbrojenia podłużnego na zachowanie się belek bez zbrojenia poprzecznego. Czterokrotnie niższy moduł sprężystości zbrojenia szklanego ujawnił łagodnie postępujące zniszczenie ścinająco – rozciągające w porównaniu do gwałtownego zniszczenia belek żelbetowych. Różnica modułów sprężystości obu typów zbrojenia skutkowała od 30% do 66% wyższą nośnością na ścinanie belek żelbetowych niż zbrojonych prętami GFRP o tym samym stopniu zbrojenia. Wraz ze wzrostem stopnia zbrojenia podłużnego zarysowanie belek było mniej intensywne, podobnie jak malała szerokość rozwarcia rys, rosła sztywność elementów po zarysowaniu, malały ugięcia belek oraz rosła nośność na ścinanie.

Dwuwarstwowy układ zbrojenia był szczególnie korzystny w elementach zbrojonych prętami GFRP, gdyż znacząco ograniczył szerokość rozwarcia rys, podczas, gdy w znacznie sztywniejszych belkach stalowych ten efekt nie był tak wyraźny. Wpływ zmiany średnicy zastosowanych prętów głównych był szczególnie widoczny w elementach o niskim stopniu zbrojenia (ok. 1%). Wpływ grubości betonowej otuliny był dość mały, co potwierdza opinię o braku efektu siły klockującej w elementach bez zbrojenia poprzecznego.

W pracy przedstawiono obszerną analizę wyników badań własnych i obcych w odniesieniu do obliczeniowej nośności na ścinanie według procedur normowych oraz wybranych modeli obliczeniowych. W uogólnionej ocenie modeli obliczeniowych najbliższe doświadczalnym wyniki teoretycznej nośności prezentują jedynie dwa modele Mariego oraz Muttoniego. Wytyczne projektowe fib Bulletin (FIB Task Group 9.3, 2007) oraz w norma włoska (CNR-DT-203/2006, 2006) najlepiej przewidują nośność belek ze zbrojeniem kompozytowym w porównaniu z wynikami własnych badań doświadczalnych, zaś dla elementów z badań obcych najlepszą zgodność uzyskano dla projektu normy Eurokod 2 (CEN, 2014).