

PLYTY NA GRUNCIE Z BETONU ZBROJONEGO WŁÓKNAMI SYNTETYCZNYMI PODDANE CENTRALNEMU OBCIĄŻANIU SIŁĄ SKUPIONĄ

Streszczenie

Fibrobeton (FRC) coraz częściej znajduje zastosowanie w konstrukcjach przemysłowych płyt posadzkowych, dzięki swojej zwiększonej zdolności kontrolowania zarysowań, przenoszenia obciążeń po zarysowaniu oraz wyższej trwałości. Mimo rosnącego zainteresowania włóknami syntetycznymi (SyFs), ich praktyczne wykorzystanie jest jednak wciąż dość ograniczone ze względu na niewystarczające regulacje normowe. Obecne wytyczne, oparte na nielicznych badaniach, często przyjmują bardzo konserwatywne założenia dla betonu z włóknami syntetycznymi (SyFRC), co skutkuje zaniżaniem jego rzeczywistej nośności. Ponadto istnieje wyraźna luka badawcza dotycząca wpływu dodatku, rodzaju oraz ilości SyFs na nośność na ścinanie przez przebiecie w płytach podpartych na gruncie. Celem niniejszej pracy było uzupełnienie stanu wiedzy poprzez przeprowadzenie obszernego programu badawczego i rozbudowanych analiz analitycznych SyFRC płyt na gruncie, obciążonych centralną siłą skupioną, koncentrując się na ich zachowaniu przy przebieciu.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie poddano badaniom małe próbki, aby ocenić wpływ dodatku, rodzaju oraz ilości makrowłókien SyFs na kluczowe właściwości mechaniczne betonu, takie jak moduł sprężystości, wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie przy zginaniu i rozłupywaniu oraz energię pęknięcia. Przebadano pięć wariantów SyFRC, różniących się typem dodanych włókien (PM, PF, FF) oraz ich dawką (2 i 3 kg/m³), porównując je z betonem referencyjnym bez włókien (PC). Wyniki jednoznacznie wskazały, że dodatek SyFs znacząco poprawia zachowanie betonu po zarysowaniu, zwiększając jego plastyczność, energię pęknięcia oraz resztkową wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu. Drugi etap programu badawczego obejmował testy elementów płytowych podpartych na gruncie o wymiarach 200 x 1200 x 1200 mm, których celem była analiza zależności między obciążeniem skupionym a ugięciem płyty, morfologii zarysowań, ugięć, mechanizmów zniszczenia oraz geometrii stożka przebiecia. Do badań wykorzystano specjalnie zaprojektowane stanowisko badawcze imitujące podparcie gruntowe warstwą 43 cm zagęszczonego kruszywa oraz nacisk podstawy nogi regału, zadany poprzez statyczne obciążenie środka płyty siłą skupioną o powierzchni 100 x 100 mm. Uzyskane wyniki potwierdziły, że SyFRC płyty na gruncie charakteryzują się wyższą nośnością zarówno na

zarysowanie przy zginaniu, jak i na ścinanie przez przebicie, a także bardziej plastycznym sposobem zniszczenia i lepszą redystrybucją obciążeń w porównaniu do płyt PC. Zwiększenie ilości włókien spowodowało wydłużenie krytycznego obwodu kontrolnego oraz zmniejszenie kąta nachylenia stożka przebicia. Co więcej, dodatek SyFs zmienił geometrię stożka ze zbliżonej do prostopadłościanu w przypadku płyt PC na nieregularny, ścięty ostrosłup w płytach SyFRC, podkreślając wpływ włókien na rozkład naprężeń i sposób propagacji zarysowań. Zaobserwowano również, iż obecność podparcia gruntowego znacząco wpłynęła na zachowanie płyty, zwiększając jej nośność oraz powodując powstawanie dodatkowych rys związanych z przebicciem, co doprowadziło do zmiany modelu zniszczenia z uwagi na zginanie na zniszczenie przez przebicie, w porównaniu do płyt niepodpartych. Wynik ten podkreśla konieczność odrębnej analizy płyt niepodpartych i podpartych gruntem. W pracy dokonano również przeglądu i porównania wybranych modeli teoretycznych m.in. Westergaarda, Falknera i in., Shentu i in. oraz procedur projektowych Raportu Technicznego 34 (TR34), bazującego na teorii Meyerhof'a-Losberg'a i wytycznych Eurokodu 2, w kontekście ich zastosowania do obliczeń SyFRC płyt na gruncie. Wykazano występowanie zazwyczaj istotnych rozbieżności między wynikami obliczeń a wynikami badań, szczególnie w zakresie obliczonych nośności, co wskazuje na konieczność walidacji modeli analitycznych. Różnice te wynikały najprawdopodobniej z braku uwzględniania lub niedoszacowania korzystnego wpływu resztkowej wytrzymałości SyFRC oraz udziału SyFs w przenoszeniu obciążeń podczas projektowania zgodnie z tymi modelami. Ponadto schemat statyczny badanych płyt jedynie w przybliżeniu odpowiadał założeniom wybranych modeli, co mogło dodatkowo przyczynić się do różnic pomiędzy wynikami eksperymentalnymi i analitycznymi. Niemniej jednak, spośród dostępnych norm za najbardziej adekwatny przewodnik projektowy dla SyFRC płyt podpartych na gruncie uznano TR34, który uwzględnia zarówno korzystny wpływ włókien, jak i warunków podparcia gruntowego podczas określania nośności płyty. Obliczenia według TR34 pozwoliły na stosunkowo dokładne określenie nośności na przebicie oraz modelu zniszczenia, zwłaszcza przy uwzględnieniu rzeczywistego położenia krytycznego przekroju kontrolnego, zwiększonego udziału podłoża oraz SyFs w przenoszeniu obciążeń. Na koniec, w ramach rozprawy doktorskiej, sformułowano zalecenia dotyczące obliczania nośności z uwagi na przebicie, ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji krytycznego przekroju kontrolnego oraz określenia udziału SyFs w przenoszeniu obciążeń.

Mimo iż przeprowadzone badania dostarczyły wiele cennych wniosków, wskazano również na ograniczenia pracy doktorskiej. Testy obejmowały bowiem wąską liczbę

typów i dozowań SyFs, płyty o określonej geometrii oraz pojedynczy rodzaj obciążenia. W przyszłych badaniach należałoby rozszerzyć zakres analiz o inne rodzaje włókien i schematy obciążeń, a także modelowanie numeryczne, uzupełniające badania eksperymentalne. Niemniej jednak, praca ta znacząco pogłębia wiedzę w temacie wpływu SyFs na pracę płyt na gruncie oraz może stanowić podstawę do przyszłych modyfikacji obowiązujących norm oraz rozwoju praktycznych wytycznych dla projektantów.

Julia Blazy
28.08.2025 r.

