



Zbrojenie nadproży z betonu komórkowego siatkami kompozytowymi

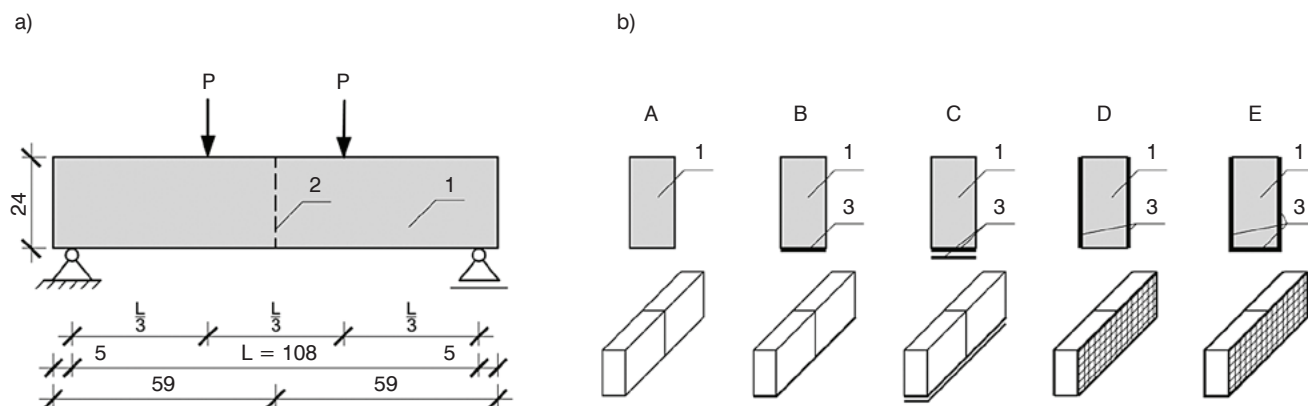
Prof. dr hab. inż. Romuald Orłowicz, mgr inż. Rafał Jaworski, dr inż. Rafał Nowak,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin
Dr hab. inż. Łukasz Drobiec, Politechnika Śląska, Gliwice

1. Wprowadzenie

W ścianach z bloczków z betonu komórkowego najbardziej wrażliwe na zarysowania i spękania są nadproża oraz mury zabudowane bezpośrednio pod nadprożami [1]. Coraz częściej przy wznoszeniu murów stosuje się systemowe rozwiązania nadproży. Nadproża takie wykonuje się jako prefabrykowane lub montuje się na budowie z drobnowymiarowych elementów. W nadprożach prefabrykowanych zbrojenie w postaci przestrzennych siatek z prętów stalowych zatapia się w betonie komórkowym, a w nadprożach montowanych na budowie wykorzystuje się kształtki typu „U” z betonu komórkowego, w których układa się zbrojenie i wypełnia zaprawą lub betonem [2, 3]. W ostatnim czasie do zbrojenia konstrukcji murowych zarówno podczas ich wykonawstwa, jak i napraw zaczęto powszechnie wykorzystywać siatki kompozytowe [4]. Próbę zastosowania siatek kompozytowych do zbrojenia nadproży podjęto m.in. w pracach 5, 6, 7. Badań nadproży zbrojonych siatkami kompozytowymi jest jednak wciąż bardzo mało. W artykule opisano wyniki badań własnych nadproży z betonu komórkowego zbrojonych siatkami kompozytowymi.

2. Rodzaje zbrojenia kompozytowego

Zbrojenie konstrukcji murowych materiałami kompozytowymi można realizować przez ich mocowanie na zewnętrzne powierzchnie lub układanie w spoinach wspornych muru. W wypadku zbrojenia powierzchniowego od kilku lat stosuje się taśmy i maty na matrycy polimerowej PMC (Polimer Matrix Composites) z włóknami szklanymi, węglowymi lub aramidowymi. Zaletą tych technologii jest mały ciężar, duża wytrzymałość i prosta aplikacja, natomiast wadą brak odporności na podwyższone temperatury i wysokie wymagania związane z przygotowaniem powierzchni, na których aplikowane ma być wzmocnienie. Ostatnio dużą popularność zdobyły materiały kompozytowe na matrycy cementowej FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) [4]. System ten jest szczególnie skuteczny przy wzmocnieniu budynków poddawanych działaniom obciążeń sejsmicznych lub parasejsmicznych (np. wpływów od podziemnej eksploatacji górniczej), wstrząsów od ruchu drogowego itp. Technologia wykonania wzmocnienia polega na nakładaniu warstwy nieorganicznej zaprawy na uprzednio przygotowane, zwilżone podłoże z jednoczesnym wtopieniem w tę warstwę siatki z włókien kompozytowych, a następnie nakładaniu zewnętrznej, wykończeniowej



Rys. 1. Schemat badań (a) i zbrojenia (b) próbek nadproży (wymiar w cm): 1 – bloczki z betonu komórkowego, 2 – spoina pionowa, 3 – siatka zbrojeniowa



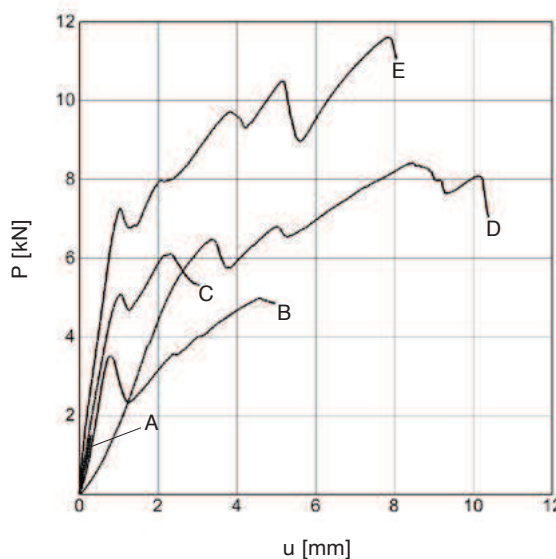
warstwy zaprawy. W porównaniu do zbrojonej matrycy polimerowej kompozyty FRCM są mniej wrażliwe na temperaturę oraz mniej wymagające, jeśli chodzi o przygotowanie podłoża.

3. Przeprowadzone badania

Przeprowadzono badania doświadczalne skuteczności zbrojenia siatkami kompozytowymi belek nadprózowych wykonanych z betonu komórkowego. Próbkę do badań wykonano z bloczków z betonu komórkowego firmy Solbet o wymiarach 12x24x59 cm, o masie objętościowej równej 600 kg/m³. Każda próbka została wykonana z 2 bloczków połączonych między sobą spoiną czołową wykonaną z zaprawy firmy Solbet. Próbkę badano na zginanie, obciążając je dwiema siłami przyłożonymi w 1/3 długości (rys. 1a). Łącznie przebadano 15 modeli, dzieląc je na 5 serii (oznaczonych symbolami A–E), obejmujących po trzy modele badawcze. Badano próbki niezbrojone (seria A) oraz zbrojone siatkami kompozytowymi (serie B, C, D i E) wg schematu rys. 1b. Do zbrojenia zastosowano siatki Mapegrid G 220 z włókien szklanych firmy Mapei o wytrzymałości na rozciąganie 45 kN/m i wydłużeniu przy zerwaniu ok. 3%. Zamocowania siatek do powierzchni bocznej próbek wykonano na zaprawie cementowo-polimerowej Planitop HDM firmy Mapei. W serii B do dolnej rozciąganej powierzchni próbek zamocowano pojedynczą siatkę, a w serii C dwie siatki. W serii D siatki mocowano do obu bocznych powierzchni próbek, natomiast w serii E – do bocznych i dolnej powierzchni. Warto nadmienić, że wykonanie tego typu nadproży jest możliwe zarówno na placu budowy, jak i w zakładzie prefabrykacji.

4. Przebieg i wyniki badań

Próbki obciążano dwoma siłami skupionymi usytuowanymi w 1/3 ich rozpiętości aż do zniszczenia, mierząc równocześnie za pomocą czujników indukcyjnych ich ugięcie „u” w środku rozpiętości. Wybrane wyniki badań próbek podano na rysunku 2 w postaci zależności obciążenie – ugięcie. Sposób niszczenia próbek niezbrojonych był kruchy bez ostrzeżenia, natomiast próbki zbrojone charakteryzowały się pewną lepkością niszczenia. Zarysowanie w próbkach niezbrojonych przebiegało w materiale, pod strefą przyłożenia obciążenia skupionego. W stanie granicznym modeli zbrojonych występowało zarysowanie bloczków w strefie rozciąganej i rozerwanie siatek zbrojeniowych. Jako nośność badanych elementów przyjęto granicę sprężystej pracy dla próbek każdej serii. Wpływ zbrojenia badanych próbek siatkami kompozytowymi ilustruje tabela 1, w której podano średnie wartości nośności przy zginaniu $M_R = P_{cr} / 3l$, gdzie P_{cr} jest siłą rysującą modele. Wartość średnia nośności przy zginaniu M_{R_A} próbek niezbrojonych wynosiła 0,62 kNm.



Rys. 2. Zależności między ugięciem „u” a obciążeniem „P” wybranych próbek nadproży serii A, B, C, D i E

Tabela 1. Wyniki badań

Seria próbek	A	B	C	D	E
Nośność przy zginaniu M_R [kNm]	0,62	1,26	1,86	2,27	2,54
Wzrost nośności M_{R_A} / M_R	1,00	2,03	3,00	3,66	4,10

Badania wykazały, że zbrojenie nadproży jest najbardziej skuteczne, gdy siatki zbrojeniowe są zamocowane do ich powierzchni dolnej i bocznych (schemat E na rysunku 1b). Wzrost nośności w tym przypadku wynosi ponad 4 razy. Dzieje się tak, ponieważ zbrojenie bocznych powierzchni zwiększa nośność nadproży na siły poprzeczne. W pozostałych modelach zbrojonych również uzyskiwano istotne wzrosty nośności. Najmniejszy, ponad 100% wzrost odnotowano w modelach serii B, zbrojonych pojedynczą siatką w strefie rozciąganej. W modelach serii C i D nośność wzrosła ponad 3-krotnie.

Należy tu podkreślić, że charakter pracy belek z betonu komórkowego, zbrojonych siatkami kompozytowymi, zasadniczo różnił się od pracy zginanych konstrukcji żelbetowych, które wykazują poza zakresem sprężystym nie liniowy, lecz plastyczny charakter odkształceń. W przeprowadzonych badaniach (rys. 2) po przekroczeniu granicy sprężystości i powstaniu pierwszych zarysowań w betonie komórkowym, nośność próbek nadal rosła do momentu rozerwania siatek. W ostatniej fazie ugięcia próbek przekraczały ugięcia zarejestrowane przy osiągnięciu granicy sprężystości o 7–10 razy. Istotne jest to, że na tym odcinku zależności „obciążenie-ugięcie” miały nieliniowy, skokowy charakter. Jest to związane z powstawaniem pionowych zarysowań



betonu komórkowego oraz z utratą przyczepności siatek do betonu komórkowego. Stwierdzono, że utrata przyczepności występowała w postaci poślizgu siatek w warstwie klejowej, a ich niszczenie występowało poprzez stopniowe rozerwanie poszczególnych włókien siatek. Przeprowadzone badania potwierdziły wyniki wykonanych wcześniej badań przyczepności kompozytów do bloczków z betonu komórkowego, opublikowanych w pracy [8].

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że kompozytowe zbrojenie belek z betonu komórkowego może być alternatywą dla rozwiązań typowych. Ponad 3- i 4-krotne wzrosty nośności w porównaniu do belek niezbrojonych zapewniają odpowiednią nośność nadproży o małej rozpiętości.

Autorzy wyrażają podziękowanie firmom Solbet i Mapei za pomoc w realizacji badań doświadczalnych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Drobiec Ł., Przeciwdziałanie zarysowaniu ściskanych murów zbrojeniem spoin wspornych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2013
- [2] Zapotoczna-Sytek G., Balkovic, S.: Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia, właściwości, zastosowanie. Wydawnictwo Naukowe PWN i Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa, 2013
- [3] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. T. 2. PWN, Warszawa 2014
- [4] Ruredil X Mesh C10/M25. System wzmacniania konstrukcji murywanej przy pomocy siatek z włókna węglowego osadzonej w zaprawie cementowej, VIS BUD Wrocław 2005
- [5] Nowak R., Praca doktorska „Analiza nośności i mechanizmów uszkodzeń odcinkowych ceglanych nadproży łukowych”. Szczecin 2014
- [6] Seim W., Pfeiffer U., Vog T., Nachträgliche Verstärkung gemauerter Tragwerke mit Faserverbundwerkstoffen. Bautechnik 87 (2010), Heft 2
- [7] Mousa M.A., Uddin N., Experimental and analytical study of carbon fiber-reinforced polymer (FRP)/autoclaved aerated concrete (AAC) sandwich panels. Engineering Structures, vol. 31, 2009, s. 2337-2344
- [8] Orłowicz R., Jaworski R., Nowak R., Drobiec Ł., Przyczepność zbrojenia z siatek kompozytowych w murach z betonu komórkowego. Materiały Budowlane, nr 4/2015, s. 14-16

ZAMÓWIENIE PRENUMERATY Przeglądu Budowlanego na rok 2016

Wybieram: (proszę zakreślić)	ZWYKŁA	ULGOWA lub STUDENCKA (dla indywidualnych członków PZITB i PIIB)
ROCZNA	<input type="checkbox"/> 252,00 zł*	<input type="checkbox"/> 126,00 zł*
ELEKTRONICZNA	<input type="checkbox"/> 75,00 zł*	

Zamówienia można składać **osobiście** lub **pocztą** – ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa, **telefonicznie** 22 826-67-00 lub **e-mailem** reklama@przegladbudowlany.pl * Ceny brutto (zawierają 5% VAT)

1. Imię i nazwisko/nazwa firmy

Prenumeratory otrzymają zamówione egzemplarze po dokonaniu wpłaty na konto:

2. Nr telefonu kontaktowego

3. NIP (firmy)

**PZITB ZARZĄD GŁÓWNY WYDAWNICTWO
„PRZEGLĄD BUDOWLANY”
ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa
Bank Millennium SA
90 1160 2202 0000 0000 5515 6488**

4. Adres wysyłkowy

Upoważniamy Państwa do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

5. Okres prenumeraty

Podpis

6. Opłata w kwocie (zł)

została przekazana w dniu

Członkowie PZITB i PIIB prenumeratę na rok 2016 mogą zamówić także przez Okręgowe Izby Inżynierów Budownictwa.