

BUILDER  
FOR THE  
FUTURE

BUILDER  
FOR THE  
YOUNG  
ENGINEERS

W ramach realizowanego przez miesięcznik „Builder” programu „Wspieramy młodych inżynierów budownictwa” dajemy możliwość pierwszych publikacji naukowych młodym doktorantom.

**inż. Filip Grzym ski**  
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego,  
Politechnika Wroclawska

**OPIEKUN NAUKOWY**  
**dr inż. Michał Musiał**  
Zakład Konstrukcji Betonowych,  
Politechnika Wroclawska

Beton zwykły jest popularnym kompozytowym materiałem konstrukcyjnym, który charakteryzuje się wysoką wytrzymałością na ściskanie oraz niedużą, około dziesięciokrotnie mniejszą, wytrzymałością na rozciąganie. Kruchość betonu jest przyczyną powstawania i propagacji rys w konstrukcjach oraz powoduje, że jego stosowanie jako materiału samodzielnie przenoszącego naprężenia rozciągające jest ograniczone. W celu eliminacji tych niepożądanych efektów stosuje się zbrojenie betonu, które najczęściej występuje w formie prętów stalowych umieszczanych w strefach rozciąganych, jednak nie we wszystkich przypadkach jest to rozwiązanie optymalne.

### Alternatywna koncepcja zbrojenia betonu

W ramach poszukiwań sposobów rozwiązania ww. problemów przedstawiona została koncepcja zbrojenia betonu włóknami stalowymi równomiernie rozproszonymi w jego masie. Dzięki intensywnym badaniom i rozwojowi w tej dziedzinie obecnie stosuje się różnorodne włókna, takie jak: stalowe, szklane, węglowe, bazaltowe oraz z materiałów syntetycznych.

### Rozproszone włókna stalowe

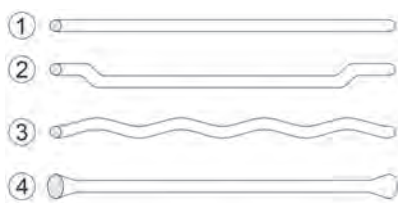
Najszerze zastosowanie w praktyce znalazły włókna stalowe. Rozproszone włókna stalowe mogą być stosowane zarówno jako samodzielne zbrojenie niektórych elementów, jak też jako zbrojenie pomocnicze w elementach z klasycznymi prętami stalowymi. W zależności od oczekiwanych właściwości fibrobeton można projektować poprzez odpowiednie dobieranie jego składników i ich proporcji.

# FIBROBETON

## metodyka badań właściwości wytrzymałościowych

Za sprawą swojej pozasprężystej pracy fibrobeton jest bardzo interesującym materiałem o wielu zastosowaniach, najbardziej powszechnym w posadzkach przemysłowych. W zależności od oczekiwanych właściwości fibrobeton można projektować poprzez odpowiednie dobieranie jego składników i ich proporcji.

Podstawowym materiałem do produkcji włókien stalowych wykorzystywanych w fibrobetonie jest stal charakteryzująca się wysoką granicą plastyczności, najczęściej z zakresu 500–1500 MPa [1]. Włókna mogą być wykonane w różnych technologiach, jednak największą popularność zyskały proste lub gięte fragmenty drutu ciągniętego na zimno. Asortyment włókien stalowych do betonu jest bardzo szeroki i można w nim znaleźć włókna o zróżnicowanych kształtach i przekrojach. Przykładowe geometrie włókien zostały przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Przykładowe kształty włókien stalowych

Włókna proste (nr 1) są przykładem elementarnym, lecz w praktyce najczęściej można spotkać się z włóknami z haczykowatymi odgięciami (nr 2). Niekiedy obserwuje się także wykorzystanie włókien pofalowanych (nr 3) lub włókien z uformowanymi na końcach zakotwieniami (nr 4). W celu uzyskania bardzo wysokiej wytrzymałości fibrobetonu stosuje się włókna 5D, wykonane ze stali o wytrzymałości rzędu 2300 MPa. Duża efektywność zakotwienia tych włókien spowodowana jest znacznym rozwinęciem ich haczykowatych końcówek.

### Właściwości mechaniczne fibrobetonu

Głównym celem dodawania włókien stalowych do betonu jest poprawa jego właściwości mechanicznych. Efektywność wpływu dodatku włókien zależy m.in. od: zawartości włókien, ich kształtu, wymiarów czy przyczepności do matrycy cementowej. Na podstawie wyników badań wyprowadza się wiele wzorów empirycznych opisujących wpływ różnych czynników na właściwości mechaniczne fibrobetonu. Przykładowo według Glinickiego [2] przy dozowaniu włókien w zakresie 15–40 kg/m<sup>3</sup> stwierdzona została zależność wytrzymałości równoważnej na zginanie od zawartości stalowych włókien haczykowatych i ich cech geometrycznych opisana wzorem (1).

$$f_{eq} = 0,73 + 8,06 \cdot V_f \cdot \frac{l_w}{d_w}$$

gdzie:

$f_{eq}$  – wytrzymałość równoważna na zginanie [MPa],

$V_f$  – zawartość włókien w fibrobetonie – objętościowy stopień zbrojenia [-],

$l_w$  – długość włókna [mm],

$d_w$  – średnica włókna [mm].

Ogólną charakterystykę zmian właściwości betonu po dodaniu włókien stalowych według [2] przedstawiono w tab. 1.

Według literatury [2] dodatek włókien stalowych ma wpływ na wytrzymałość na ściskanie dopiero przy ich zawartości około 1,5% objętości betonu. Zaobserwować można wówczas wzrost wartości dochodzący do 15%. Moduł Younga nie ulega znacznym zmianom nawet przy dużym dawkowaniu włókien.

Wytrzymałość betonu na obciążenia udarowe ulega znacznej poprawie po dodaniu włókien stalowych. W przypadku wytrzymałości zmęczeniowej widoczny przyrost wartości obserwowany jest tylko przy rozciąganiu [2].

Najważniejszym celem dodatku włókien stalowych do betonu jest zmiana charakteru pracy materiału przy obciążeniu powodującym naprężenia rozciągające. Efekt ten widoczny jest w porównaniu próby zginania belek z fibrobetonu i betonu bez zbrojenia. W elemencie betonowym przy osiągnięciu wytrzymałości na rozciąganie pojawia się rysa powodująca zniszczenie próbki. Belka fibrobetonowa, dzięki współpracy włókien, po zarysowaniu przechodzi w fazę pracy pozasprężystej, pozwalając na dalsze przenoszenie obciążeń. Parametrem opisującym ten mechanizm jest wytrzymałość równoważna/resztkowa na zginanie. Schematyczne wykresy badań belek betonowych i fibrobetonowych przedstawiono na rys. 2.

### Badania fibrobetonu w ujęciu normowym

Badanie właściwości wytrzymałościowych fibrobetonu opisane jest w wielu normach krajowych i międzynarodowych. Wyróżnić można dwie podstawowe metody badania belek fibrobetonowych – próba 3-punktowego zginania oraz próba 4-punktowego zginania.

### Zginanie 3-punktowe: (PN)-EN 14651 (3)/ RILEM TC 162-TDF (4)/ JCI-S-002 (5)

Celem wykonania badania zgodnie z zapisami zawartymi w przyjętej w Polsce europejskiej normie EN 14651 jest wyznaczenie granicy proporcjonalności oraz wytrzymałości resztkowych odpowiednich dla przyjętych w normie rozwarciach rys. Bardzo podobne zasady pomiaru można znaleźć w wytycznych RILEM TC 162-TDF oraz japońskiej normie JCI-S-002.

Badanie przeprowadza się jako próbę 3-punktowego zginania, w której pomiar może być wykonany na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest pomiar siły w funkcji szerokości rozwierania się naciętej szczeliny w celu uzyskania wykresu F-CMOD. Alternatywną metodą jest pomiar ugięcia belki w środku rozpiętości i wykorzystanie wykresu F- $\delta$  (siła – ugięcie). Pomiedzy wartościami CMOD i  $\delta$  istnieje liniowa zależność opisana wzorem (2)

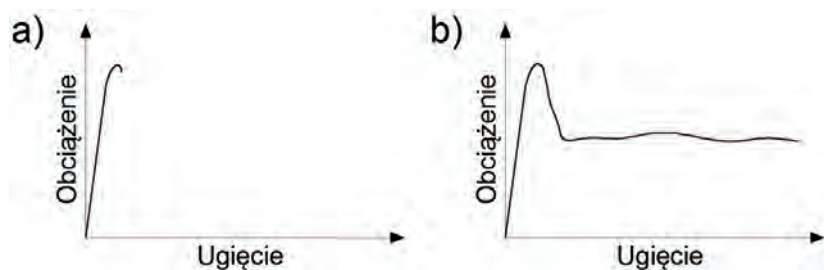
Cecha materiału	Efekt obecności włókien stalowych
Wytrzymałość na ściskanie	0/+
Wytrzymałość na rozciąganie	+
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu	+
Wytrzymałość zmęczeniowa przy zginaniu	++
Wytrzymałość równoważna/resztkowa na zginanie	++
Wytrzymałość na uderzenia	++
Moduł sprężystości	0
+ wzrost, ++ znaczny wzrost, 0 brak wpływu	

Tablica 1. Poglądowy wpływ dodatku włókien stalowych na właściwości mechaniczne betonu [2]

$$\delta = 0,85 \cdot \text{CMOD} + 0,04$$

Próbka opisana w normach EN i RILEM powinna mieć przekrój kwadratowy o wymiarze boku 150 mm oraz długość od 550 do 700 mm. Należy wykonać nacięcie belki o głębokości 25 mm i maksymalnej szerokości 5 mm. W trakcie badania rozpiętość w osiach podpór belki powinna wynosić 500 mm. Geometria ta pozwala na badanie fibrobetonów o średnicy kruszywa do 32 mm z włóknami o długości do 60 mm. Według normy JCI geometria belki uzależniona jest od długości włókien w fibrobetonie. W przypadku włókien krótszych niż 40 mm dopuszcza się zastosowanie przekroju kwadratowego o boku co najmniej 100 mm, a w innym przypadku minimalny wymiar to 150 mm. Wymaga się także, aby długość boku przekroju przekraczała czterokrotność wymiaru najgrubszego kruszywa. Długość belki, rozpiętość między podporami i głębokość nacięcia są liniowo zależne od przyjętego przekroju. Według wszystkich norm wymaga się badania belki ułożonej prostopadle do kierunku betonowania.

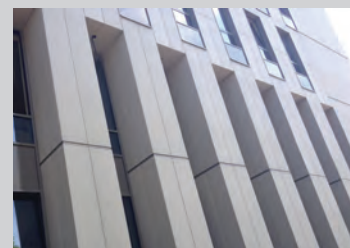
Dla norm EN i RILEM urządzenie do pomiaru ugięć należy umieścić na specjalnym stelażu przymocowanym przegubowo do belki i leżącym w jej osi. Należy zapewnić swobodny przesuw poziomy na jednym z przegubów. Dodatkowo, w przypadku pomiaru ugięć, norma RILEM wymaga podwójnego pomiaru po obu stronach belki. Parametry wytrzymałościowe obliczyć można na podstawie wykresów ze wzoru (3).



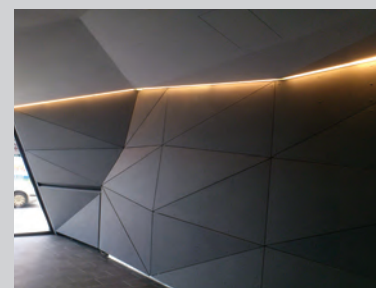
Rys. 2. Schematy wykresów otrzymywane przy zginaniu belek: a) betonowych, b) fibrobetonowych

## FIBROBETON W ELEWACJI

Różnorodność obszarów zastosowań fibrobetonu wynika z kreatywnego eksperymentowania. Przykładem jest FibreC – wzmocniona włóknem szklanym płyta betonowa, która łączy w sobie zalety włókna szklanego i betonu.



Odporna na oddziaływanie czynników atmosferycznych i środowiska naturalnego, a przy tym trwała i estetyczna. W porównaniu z włóknami stalowymi włókna szklane mają tę decydującą zaletę, że nie muszą być zabezpieczone przed korozją. Beton zbrojony włóknem szklanym fibreC składa się w 90% z piasku i cementu, na pozostałe 10% przypada włókno szklane, pigmenty i dodatki do betonu. Panele fibreC wytrzymują najwyższe obciążenia przy minimalnych grubościach i ogromnych rozmiarach płyt (format max. 120 x 450 cm). Materiał gwarantuje stabilność cieplną do 350°C i jest całkowicie niepalny.



Źródło: Fibrobeton Polska, zdjęcie arch. Fibrobeton Polska

$$f_x = \frac{3 \cdot F_L \cdot l}{2 \cdot b_L \cdot h_{sp}^2}$$

gdzie:

$f_x$  – wyznaczany parametr wytrzymałościowy,  
 $F_L$  – obciążenie odpowiadające granicy proporcjonalności,

$l$  – rozpiętość belki w osiach podpór,

$b$  – szerokość próbki,

$h_{sp}$  – wysokość próbki uwzględniająca ubytek wynikający ze szczeliny.

### Zginanie 4-punktowe: JSCE SF-4 (6)/ ASTM C1609 (7)

Normy opisujące 4-punktowe zginanie belek skupiają się na wyznaczeniu wytrzymałości na rozciąganie do pierwszego zarysowania oraz wytrzymałości równoważnej fibrobetonu na zginanie.

W próbie 4-punktowego zginania miejsca przyłożenia siły do belki oddalone są od siebie o 1/3 rozpiętości między podporami. Wymagania dotyczące przekroju poprzecznego normy JSCE są identyczne z opisanymi wcześniej wymaganiami JCI-S-002. Długość belek powinna być o co najmniej 8 cm większa niż potrójny wymiar boku próbki. W badaniu według normy ASTM stosuje się dwa typy próbek: belki o przekroju 100 x 100 mm i długości 350 mm (rozpiętość między podporami 300 mm) oraz belki 150 x 150 mm i długości 500 mm (rozpiętość między podporami 450 mm). Wartość wytrzymałości na rozciąganie do pierwszego zarysowania wyznaczana jest ze wzoru (4).

$$f = \frac{P \cdot l}{b \cdot h^2}$$

gdzie:

$f$  – wytrzymałość fibrobetonu na rozciąganie do pierwszego zarysowania,

$P$  – maksymalne obciążenie belki w chwili pierwszego zarysowania,

$h$  – wysokość próbki.

Wytrzymałość równoważna na zginanie według normy JSCE wyraża się jako średnia całkowita funkcji naprężeń w fibrobetonie wyznaczona do ugięcia równego 1/150 rozpiętości belki. Obliczana jest ona z wykorzystaniem wzoru (5).

$$f_{eq} = \frac{T_b \cdot l}{\delta_{1/150} \cdot b \cdot h^2}$$

gdzie:

$T_b$  – praca zginania mierzona na podstawie pola powierzchni pod wykresem F- $\delta$  (siła – ugięcie) do wartości ugięcia  $\delta_{1/150}$ ,

$\delta_{1/150}$  – wartość ugięcia belki odpowiadająca wartości 1/150 rozpiętości między podporami.

W przypadku normy ASTM wyznaczany jest wskaźnik wytrzymałości efektywnej belki na zginanie, będący procentowym stosunkiem wytrzymałości efektywnej do maksymalnej. Dodatkowo wyznacza się również jego wartość dla ugięcia równego 1/600 rozpiętości między podporami.



Rys. 3. Obraz zniszczenia ściskanej próbki betonowej (z lewej) i fibrobetonowej (z prawej)

### Inne normy

Według zaleceń DAfStb [8] wykorzystuje się metodę zginania 4-punktowego do wyznaczania wytrzymałości resztkowej na zginanie fibrobetonu. Stanowi ona niejako połączenie dwóch przedstawionych wcześniej podejść.

Pre-norma fib Model Code 2010 [9] sugeruje wykorzystanie zaleceń normy EN 14561 [3] do wyznaczenia nominalnych wartości wytrzymałościowych fibrobetonu. Dopuszczalne jest stosowanie innych norm, jeżeli wykazane są współczynniki korelacji z parametrami normy europejskiej.

Do opisu betonów natryskowych częściej wykorzystywane są badania zginania okrągłych i kwadratowych płyt opisane w normach ASTM 1550 [10] oraz PN-EN 14488-5 [11].

W wycofanej normie ASTM 1018 [12] w próbie 4-punktowego zginania stosowane były wskaźniki odporności na pęknięcie obliczane jako stosunki pól pod wykresem dla dwóch faz pracy fibrobetonu. W badaniu wyznacza się wskaźniki  $I_5$ ,  $I_{10}$  oraz  $I_{20}$ , odpowiadające różnym zakresom maksymalnych ugięć belki.

### Fibrobeton w badaniach własnych

W badaniach własnych zaplanowano wykorzystanie włókien stalowych uzyskanych w niekonwencjonalny sposób. Przed zasadniczymi badaniami przeanalizowano dwie serie porównawcze: beton bez zbrojenia oraz fibrobeton z włóknami z haczykowatymi odgięciami HE 75/50 o długości 50 mm i średnicy 0,75 mm wykonane ze stali o wytrzymałości 1200 MPa (dawkowanie 25 kg/m<sup>3</sup>). Przeprowadzone zostały oznaczenia m.in. wytrzymałości na ściskanie, wytrzymałości równoważnej przy zginaniu oraz wytrzymałości na zginanie. Dla każdego oznaczenia przewidziano po trzy odpowiednie próbki dla każdej przeprowadzanej serii badań. Zaplanowano porównanie wyników przeprowadzonych już badań z serią fibrobetonu z wykorzystaniem włókien będących odpadami przemysłowymi w celu sprawdzenia potencjału ich zastosowania. We wszystkich próbach zastosowano jednakową recepturę matrycy betonowej: cement 42,5R – 350 kg/m<sup>3</sup>; woda – 143 kg/m<sup>3</sup>; kruszywo o średnicach 0–2 mm, 2–8 mm, 8–16 mm – po 640 kg/m<sup>3</sup>; superplastyfikator – 3,15 kg/m<sup>3</sup>; w/c=0,41. Próbkę zagęszczano z wykorzystaniem stołu wibracyjnego, stosując równe czasy wibrowania dla wszystkich serii próbek.



Przykłady włókien

Baumex®



Baucon®



Baumex®

Dodatek włókien stalowych ma wpływ na wytrzymałość na ściskanie dopiero, gdy ich zawartość stanowi około 1,5% objętości betonu.

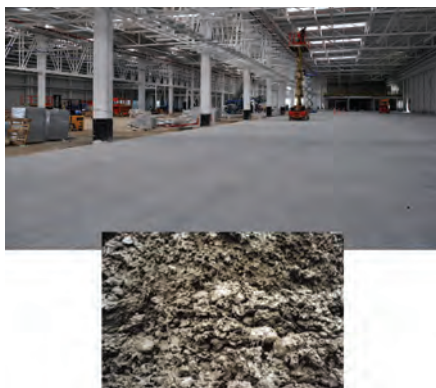
Badanie wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono na próbkach sześciennych o długości boku 150 mm jako standardowe oznaczenie dla betonu. Dla próbek betonowych otrzymano średnią wytrzymałość na ściskanie 41,6 MPa ( $s=1,1$  MPa,  $V=2,6\%$ ), a dla próbek fibrobetonowych 53,7 MPa ( $s=1,6$  MPa,  $V=3,0\%$ ). Wzrost wytrzymałości rzędu 30% jest stosunkowo duży i nie jest on zgodny z opisami literaturowymi [1,2]. Kostki fibrobetonowe po wyjęciu z maszyny wytrzymałościowej nie tracą swojej integralności i nie jest widoczny typowy obraz „klepsydry”, uzyskiwany przy niszczeniu kostek betonowych, co przedstawiono na rys. 3.

Przy badaniu belek zdecydowano się na przeprowadzenie próby 4-punktowego zginania próbek o długości 600 mm i przekroju kwadratowym o boku 150 mm z nacięciem w środku rozpiętości próbki o głębokości 25 mm, zastosowanym w celu wymuszenia lokalizacji rysy. Pomiarów ugięć dokonywano za pomocą dwóch niezależnych czujników indukcyjnych umieszczonych po obu stronach szczeliny, w celu eliminacji wpływu lokalnego zmiażdżenia betonu na wynik badania, w strefach pod-



Przykład posadzki fibrobetonowej z włóknem polimerowym Baumex®





Zdjęcie: arch. Baultech

Przykład posadzki fibrobetonowej z włóknem stalowym Baumix®

porowych zastosowano dodatkowe czujniki mierzące przemieszczenie pionowe, które zostało uwzględnione przy obróbce wyników. Końcowe wyniki pomiarów obliczono jako średnią wartości otrzymanych z obu stron próbki. Stanowisko pomiarowe wraz z belką przedstawiono na rys. 4.

W wyniku przeprowadzonego badania otrzymano średnią wartość wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu równą 3,1 MPa ( $s=0,2$  MPa,  $V=5,7\%$ ) dla belki betonowej oraz 3,9 MPa ( $s=0,2$  MPa,  $V=5,7\%$ ) dla belek fibrobetonowych. Zaobserwowany wzrost wytrzymałości na rozciąganie dla belek z dodatkiem włókien wynosi około 30%, co jest wynikiem zgodnym z oczekiwaniami.

Dla wytrzymałości równoważnej na zginanie wyznaczonej zgodnie z wzorem (5) otrzymano średnią wartość 2,8 MPa ( $s=0,1$  MPa,  $V=3,6\%$ ). Przykładowe przebiegi sił w funkcji ugięcia belki przedstawiono na rys 5.

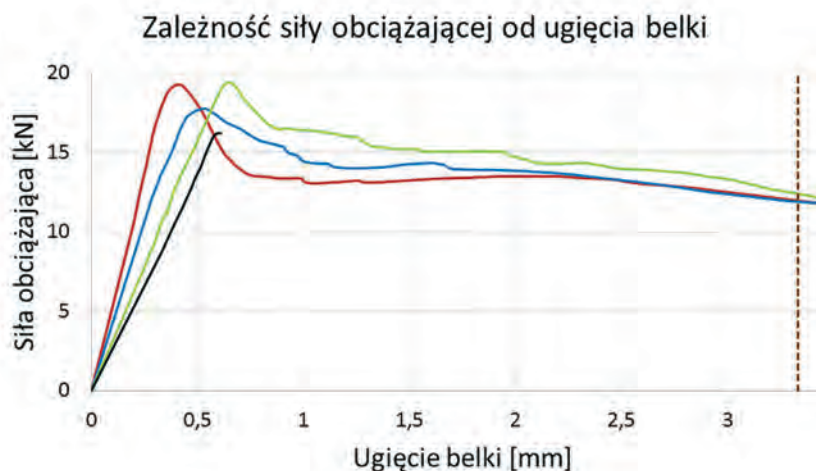
## Podsumowanie

Przy badaniu fibrobetonu można posłużyć się wieloma normami, które pomimo pozornych podobieństw prowadzą do różnych wyników. Wartości wytrzymałości fibrobetonu uzyskanych różnymi metodami nie można ze sobą bezpośrednio porównywać.

Nie podaje się wymagań dotyczących weryfikacji równomierności rozkładu włókien w próbkach, która może mieć znaczny wpływ na uzyskane wyniki. Sprawdzenia tego można dokonać, wykorzystując aparat rentgenowski.



Rys. 4. Wykorzystany układ stanowiska pomiarowego



Rys. 5. Przykładowe wykresy otrzymane w badaniach własnych (czarny – belka betonowa; zielony, niebieski i czerwony – belki fibrobetonowe)

Przedstawiony sposób badania związany jest z uproszczeniem przygotowania próbek, jednak wiąże się z utrudnioną analizą ze względu na konieczność uwzględnienia układania się belki w maszynie wytrzymałościowej. Rozwiązaniem tego problemu jest wykorzystanie „szyny” biegnącej w osi belki, do której mocowane są czujniki przemieszczeń. Zastosowanie tego sposobu eliminuje wpływ przemieszczania się belek na podporach i jest zalecane przez wiele norm (np. [3] i [7]), ale wiąże się to z komplikacją przygotowania próbek.

Uzyskana w badaniu wysoka wartość wytrzymałości na ściskanie może być spowodowana włączaniem się włókien stalowych do kontroli naprężeń stycznych w trójosiowym stanie naprężeń występującym w ściskaniach kostkach betonowych. Włókna stalowe mostkują rysy spowodowane rozszerzaniem się betonu w kierunku bocznym podczas ściskania. Wraz ze zwiększaniem się rozwarości rys dochodzi do wyrywania włókien stalowych z matrycy cementowej, czego skutkiem jest przyrost wytrzymałości materiału [13].

## Bibliografia

- [1] Brandt A., Kasperkiewicz J., Glinicki M.: Podstawy stosowania fibrobetonów z włóknami stalowymi, Warszawa 1996.
- [2] Glinicki M.: Beton ze zbrojeniem strukturalnym. Materiały XXV Ogólnopolskiej Konferencji „Warszaty Pracy Projektanta Konstrukcji”, Szczyrk 2010, s. 279-308.
- [3] (PN)-EN 14651:2007 Metody badania betonu zbrojonego włóknem stalowym. Pomiar wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu (granica proporcjonalności LOP), liczba stron: 17.
- [4] RILEM TC 162-TDF Test and design methods for steel fibre reinforced concrete, „Materials and Structures”, 2003, Vol. 34, s. 560-567.
- [5] JCI-S-002:2003 Method of test for load-displacement curve of fiber reinforced concrete by use of notched beam, liczba stron: 6.
- [6] Standards for Test Methods of Fiber Reinforced Concrete, JCI SF-4 - Method of Test for Flexural Strength and Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete, Concrete Library No.50, Japan Society of Civil Engineers, 1984, s. 58-61.
- [7] ASTM C1609 Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading), 2012, liczba stron: 9.
- [8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Commentary on the DafStb Guideline „Steel fibre reinforced concrete”, Heft 614, 2015, liczba stron: 90.
- [9] Pre-norma Konstrukcji Betonowych fib Model Code 2010 – tom 1, Kraków 2014, s. 243-244.

- [10] ASTM 1550 Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel), 2012, liczba stron: 13.
- [11] PN-EN 14488-5:2008 Badanie betonu natryskowego – Część 5.: Oznaczenie zdolności pochłaniania energii przez próbki płyt zbrojonych włóknami, liczba stron: 10.
- [12] ASTM 1018 Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading), 1997, liczba stron: 8.
- [13] Ou Y-C i in.: Compressive Behavior of Steel-Fiber-Reinforced Concrete with a High Reinforcing Index. Journal of Materials in Civil Engineering. 2012 Vol. 24, No. 2, s. 207-215.

**Streszczenie.** W artykule omówione zostały podstawowe informacje na temat fibrobetonu oraz wpływ dodatku włókien stalowych na jego właściwości mechaniczne. Porównano różne podejścia normowe dotyczące badania głównych parametrów wytrzymałościowych charakteryzujących fibrobeton – wytrzymałości równoważnej i resztkowej przy zginaniu. W ramach przeglądu opisane zostały między innymi wytyczne z norm europejskich, amerykańskich i japońskich. Dodatkowo przedstawiono własne doświadczenia związane z badaniem elementów fibrobetonowych pod kątem parametrów wytrzymałościowych.

**Słowa kluczowe:** fibrobeton, włókna stalowe, wytrzymałość równoważna, wytrzymałość resztkowa

**Abstract. TESTING METHODOLOGY OF FIBER-REINFORCED CONCRETE MECHANICAL PROPERTIES.** This paper presents basic information about fiber-reinforced concrete and influence of steel fiber addition on its mechanical properties. Various standard methods referring to main flexural strengths tests are compared. In the overview there are guidelines from different places such as: European countries, America and Japan. Additionally, own experiences gained during tests of fiber-reinforced concrete mechanical properties are presented.

**Keywords:** fiber-reinforced concrete, steel fiber, flexural strength, residual strength)