

Badania wytrzymałości betonu z włóknami polimerowymi w temperaturze 300°C

Mgr inż. Jakub Kamiński, prof. dr hab. inż. Mieczysław Kuczma, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Beton jest najpowszechniej stosowanym materiałem konstrukcyjnym, którego roczna produkcja na świecie jest rzędu 1 m³ na mieszkańca. Jest to materiał, którego właściwości da się względnie łatwo modyfikować i ulepszać, dostosowując je do coraz większych wymagań. Ważnym kierunkiem w rozwoju technologii nowoczesnych wysokowartościowych betonów jest stosowanie odpowiednich domieszek i dodatków [2]. Dzięki nim jakość wytworzonego betonu i wznoszonych z niego obiektów ulega ciągłej poprawie.

Jednymi z dodatków stosowanych na szeroką skalę są włókna dodawane do gotowej mieszanki betonowej, z którą po połączeniu tworzą beton ze zbrojeniem strukturalnym (fibrobeton). Tego typu beton stosowany był na niewielką skalę już na początku XX wieku. Na szeroką skalę fibrobeton zaczął być stosowany od 1963 roku. Od tej pory zarówno materiały, jak i technologia wytwarzania włókien uległy znacznej zmianie.

Do niedawna przywiązywano niewielką wagę do zagadnień wpływu pożaru na wytrzymałość elementów z fibrobetonu, ale ostatnio zagadnienia odporności ogniowej są ważne [1, 3, 4, 5]. Celem naszych badań laboratoryjnych było określenie wpływu wysokich temperatur dochodzących do 300°C na wytrzymałość fibrobetonu z włóknami polimerowymi.

2. Opis przeprowadzonych badań

2.1. Badane próbki

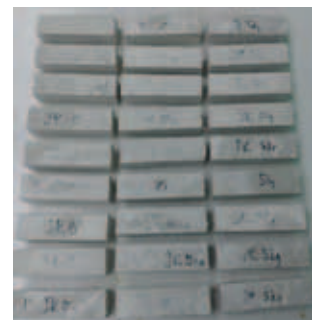
Badanie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu prowadzono na próbkach w kształcie prostokątnych beleczek o wymiarach 16×4×4 cm pokazanych na rysunku 1. W celach porównawczych wykonano trzy rodzaje próbek różniące się zawartością zbrojenia rozproszonego. Zastosowano włókna SIKA Fiber Force 60 o długości 60 mm, które pocięto na długość 20 mm ze względu na wymiary badanych próbek. Zawartość włókien w próbkach została określona na podstawie zaleceń producenta, według których należy używać od 3 do 10 kg włókien na jeden m³ mieszanki betonowej. Zgodnie z tymi zaleceniami próbki zawierały 5 kg/m³ lub 10 kg/m³ włókien. Trzecią grupą próbek była grupa kontrolna bez włókien. Łącznie wykonanych oraz przebadanych

zostało 27 próbek: 9 próbek z zawartością włókien 10 kg/m³, 9 próbek z zawartością włókien 5 kg/m³ oraz 9 próbek bez włókien.

Próbki poddano badaniom w 3 temperaturach: 20°C, 100°C oraz 300°C, po 3 próbki z każdej grupy na każdą z temperatur. Recepturę mieszanki betonowej opracowano we współpracy z sekcją laboratoryjną Koła Naukowego Studentów Budownictwa działającego przy Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej. Podana w tabeli 1 receptura mieszanki betonowej odpowiada objętości wystarczającej na wykonanie trzech próbek.

Tabela 1. Receptura mieszanki betonowej

Składniki	Masa [g]
Woda	292,5
Cement CEM 52,5	846
Piasek	622,5
Perlit EP180 frakcji 1–2 mm	27
Perlit EP100 frakcji 0,06–0,25 mm	12
Superplastyfikator	22,5
Metakaolinit	180
Włókna polipropylenowe w różnej ilości: 10/5/0 [kg/m ³]	8/4/0



Rys. 1. Badane próbki w czasie formowania i przygotowane do badań

2.2. Urządzenia badawcze

Badanie wytrzymałości na zginanie przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej ze zintegrowaną komorą termiczną Instron ElectroPuls E10000 o zakresie obciążenia statycznego ±10 kN, pokazanej na rysunku 2. Obciążenie w maszynie generowane jest za pomocą silnika elektromagnetycznego.

Komora termiczna pozwala na uzyskanie temperatury do 350°C za pomocą nagrzewania i ruchu powietrza atmosferycznego.

Czas nagrzewania komory termicznej do 100°C wyniósł 6,5 minuty, natomiast do 300°C – około 35 minut.



Rys. 2. Maszyna wytrzymałościowa Instron ElectroPuls E10000 wraz z komorą termiczną

2.3. Metoda badawcza

Badanie wytrzymałości na zginanie próbek przeprowadzono

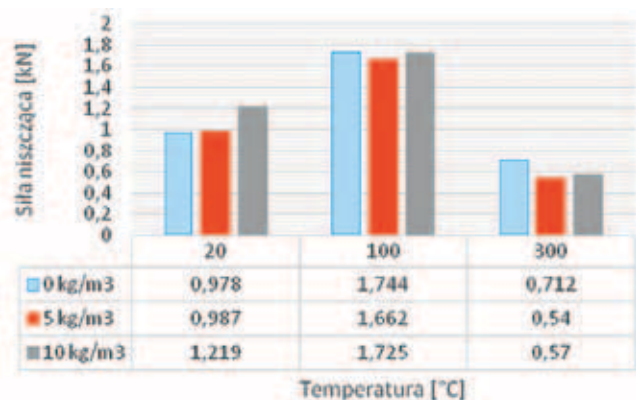
w warunkach obciążenia (quasi-) statycznego, sterowanego przemieszczeniem o wartości 2,5 mm/min. Wstępne obciążenie zostało ustalone na poziomie 40 N. Przed przeprowadzeniem badania doprowadzono temperaturę w komorze termicznej do pożądanej wartości, następnie umieszczano w niej próbkę i wygrzewano przez 5 minut. Po zakończeniu tego procesu rozpoczynano właściwe badanie kończone w momencie utraty nośności badanego elementu lub uzyskania ugięcia 4 mm.

Badania wytrzymałości na ściskanie było natomiast przeprowadzane w warunkach obciążenia statycznego, sterowanego siłą o wartości 144 kN/min. Warunkiem kończącym badanie było zniszczenie próbki.

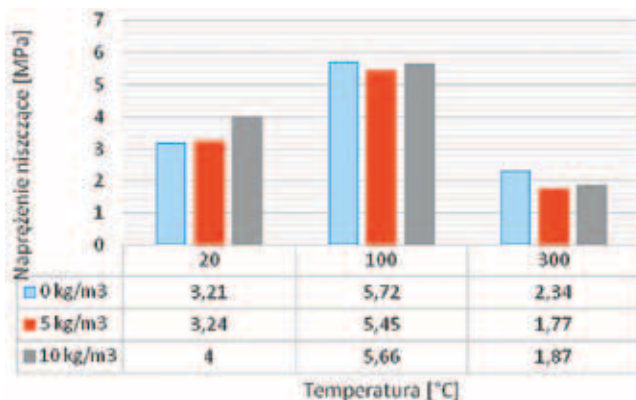
3. Wyniki przeprowadzonych badań

3.1. Przedstawienie otrzymanych wyników

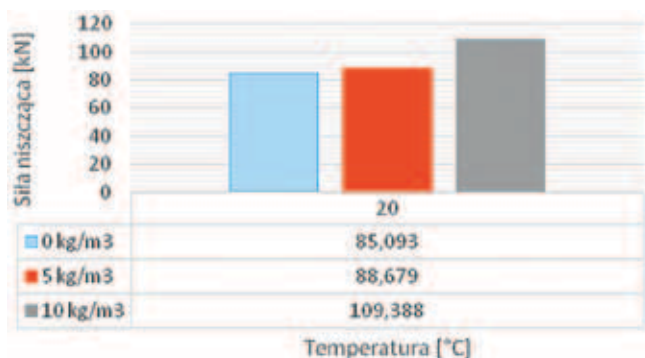
Otrzymane wyniki zostały zapisane w programie Excel w postaci tabel zawierających czas próby, przemieszczenie tłoka, obciążenie oraz naprężenie. Na podstawie tabel zostały utworzone wykresy zależności siły od przemieszczenia oraz naprężenia od odkształcenia, umożliwiające porównanie poszczególnych próbek w obrębie danej serii. Seria



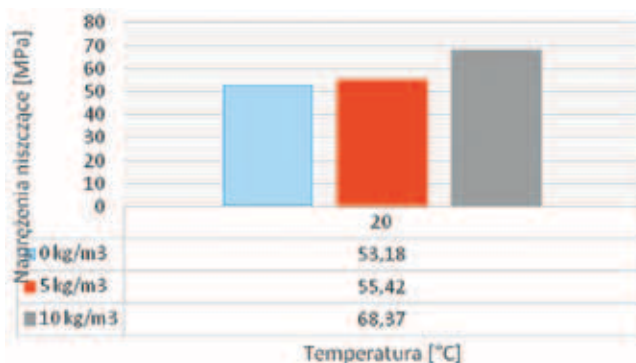
Rys. 3. Wartości średnich sił niszczących zginane beleczki przy różnych zawartościach włókien i wartościach temperatury



Rys. 4. Wartości średnich naprężeń niszczących zginanych beleczek przy różnych zawartościach włókien i wartościach temperatury



Rys. 5. Wartości średnich ściskających sił niszczących próbki o różnej zawartości włókien



Rys. 6. Wartości średnich ściskających naprężeń niszczących próbki o różnej zawartości włókien

składała się z trzech próbek o jednakowej zawartości włókien polimerowych badanych w jednakowej temperaturze. Wykresy porównawcze średnich maksymalnych sił oraz naprężeń niszczących uzyskane z poszczególnych serii, porównane z seriami w tej samej temperaturze, przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

Półowki beleczek uzyskane po przełamaniu próbek w badaniu wytrzymałości na zginanie zostały poddane badaniom wytrzymałości na ściskanie w temperaturze 20°C.

Wyniki wyznaczonych sił ściskających oraz naprężeń niszczących przedstawiono na wykresach na rysunkach 5 i 6.

3.2. Omówienie otrzymanych wyników

Na podstawie danych z rysunków 3 i 4 można wyciągnąć wnioski, że obecność badanych włókien w mieszance betonowej poprawia jej wytrzymałość na zginanie w temperaturze 20°C. Poprawa jest wyraźnie widoczna przy zawartości włókien 10 kg/m³, gdzie uzyskano zwiększenie wytrzymałości próbki o 24,6% w stosunku do próbki bez włókien. Przy zawartości włókien wynoszącej 5 kg/m³ poprawa ta wyniosła jedynie 0,9%, co jest wartością pomijalną.

W temperaturze 100°C wytrzymałość poszczególnych próbek wzrasta, jednak największą wytrzymałość uzyskują próbki bez włókien. Próbki o zawartości 5 kg/m³ i 10 kg/m³ włókien uzyskują wytrzymałość niższą o odpowiednio 4,7% i 1,1% od tych bez włókien.

W temperaturze 300°C wytrzymałość poszczególnych próbek spada. Podobnie jak w temperaturze 100°C największą wytrzymałością cechują się próbki, w których nie zastosowano włókien polimerowych. W tej temperaturze próbki o zawartości 5 kg/m³ i 10 kg/m³ włókien uzyskują wytrzymałość niższą o odpowiednio 24,3% i 20,1% od próbek bez włókien. Na podstawie danych z rysunków 5 i 6 można wyciągnąć wnioski, że obecność badanych włókien w mieszance betonowej poprawia jej wytrzymałość na ściskanie w temperaturze 20°C. Jest ona nieznaczna dla próbek o zawartości 5 kg/m³ włókien, ponieważ wynosi zaledwie 4,2%, jednak dla zawartości 10 kg/m³ włókien zwiększenie wytrzymałości wynosi aż 28,6%.

4. Podsumowanie

Opisane powyżej różnice w wytrzymałościach poszczególnych próbek o różnych zawartościach włókien w znacznie różniących się temperaturach wskazują na wyraźny wpływ zastosowanych włókien polimerowych oraz ich zawartości na wytrzymałość betonu.

Zaobserwowano w temperaturze 20°C znaczne podwyższenie (25 do 30%) wytrzymałości próbek o zawartości włókien 10 kg/m³, natomiast niewielkie zwiększenie wytrzymałości (1 do 4%) próbek o zawartości 5 kg/m³ włókien można uznać za pomijalnie małą zmianę.

Można przypuszczać, że większa wytrzymałość próbek o większej zawartości włókien w temperaturze 300°C wynika z czasu prowadzenia badań, który nie pozwolił w pełni nagrzać się próbce i wytopić się wszystkim włóknom, co sprawiło, że część włókien w dalszym ciągu była w stanie przenosić siły.

Otrzymane wyniki należy traktować jako wstępne rozpoznanie zjawiska, które wymaga jeszcze dalszych bardziej szczegółowych badań na liczniejszej próbie badawczej także w innych temperaturach i przy dłuższym czasie wygrzewania próbek.

Artykuł oparty na badaniach wykonanych w ramach pracy dyplomowej mgr. inż. Jakuba Kamińskiego pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Mieczysława Kuczmy. Podziękowania dla firmy Sika za materiały do badań. Opracowanie objęte programem 0412/SBAD/0044.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bednarek Z., Drzymała T., Analiza wpływu wysokiej temperatury na zmianę wybranych parametrów wytrzymałościowych fibrobetonu z dodatkiem włókien polipropylenowych, Zeszyty Naukowe SGSP 47(3)2013, str. 127–138
- [2] Jasiczak J., Wdowska A., Rudnicki T., Betony wysokowartościowe. Właściwości, technologia, zastosowania, Stowarzyszenie Producentów Cementu, 2008
- [3] Kowalski R., Konstrukcje żelbetowe w warunkach pożarowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019
- [4] Purkiss J. A., Li L-Y., Fire Safety Engineering Design of Structures. Third Editio, CRC Press, 2014
- [5] PN-EN 1992-1-2:2007 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-2: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe

Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział Katowice

zaprasza KADRĘ TECHNICZNA, PROJEKTANTÓW, ADMINISTRATORÓW I WŁAŚCICIELI NIERUCHOMOŚCI, INSTYTUCJE SAMORZĄDOWE, SPÓŁDZIELNIE I WSPÓLNOTY MIESZKANIOWE

na seminaria ON-LINE na platformie: MICROSOFT TEAMS w IV kwartale 2020

wykładowca: mgr inż. Maciej Rokieli – 18 listopada 2020 godz. 9.00
 wykładowca: dr inż. Paweł Krause – 2 grudnia 2020 godz. 9.00
 wykładowca: dr inż. Tomasz Steidl – 9 grudnia 2020 godz. 9.00
 wykładowca: dr inż. Natalia Pietrzak – 6 grudnia 2020 godz. 9.00

INFORMACJE I ZAPISY: TEL. 32 255 46 65; mail: szkolenie@pzitb.katowice.pl
 lub na stronie internetowej: www.pzitb.katowice.pl