

BETONY NOWEJ GENERACJI JAKO WARSTWA WZMACNIAJĄCA BELKOWE ELEMENTY ZGINANE

Barbara SADOWSKA-BURACZEWSKA*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

Streszczenie: Przedmiotem badań eksperymentalnych były żelbetowe belki zespolone wykonane warstwowo z betonu zwykłego i BWW oraz jednorodne belki typu kontrolnego. Analizowane były belki modelowe o rozpiętości 1100mm i prostokątnym przekroju poprzecznym $b \times h = 80 \times 120$ mm, badane pod obciążeniem doraźnym. Wykonano belki jednorodne z betonu zwykłego, belki zespolone z betonu zwykłego z 4 cm warstwą z BWW w strefie ściskanej, o zróżnicowanej klasie betonu wysokowartościowego.

Słowa kluczowe: beton wysokiej wytrzymałości, belka zespolona, badania doświadczalne, ugięcia, nośność.

1. Wstęp

Beton, jest niezbędnym materiałem pozwalającym na kształtowanie dowolnych typów elementów konstrukcji. Jego cechy technologiczne i mechaniczne pozwalają na coraz śmielsze rozwiązania konstrukcyjne. Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie betonów nowej generacji to duży krok naprzód, to stworzenie nowoczesnego betonu o udoskonalonych właściwościach i trwałości. Rozwój wiedzy odnośnie betonów wysokowartościowych jest obszerny, natomiast zastosowanie częściowe tego betonu w elementach konstrukcyjnych jest znikome. Algorytmy projektowania tego rodzaju elementów konstrukcji z częściowym zastosowaniem BWW (jako wzmocnienia w górnej strefie elementu) jak do tej pory nie mają odzwierciedlenia w literaturze ani normach. Do badań doświadczalnych wykorzystano więc, betony wysokiej wytrzymałości. W pracy do wykonania żelbetowych belek w skali półtechnicznej, zastosowano betony zwykłe dobrze już rozpoznane oraz betony nowej generacji, czyli betony o dużo większej wytrzymałości na ściskanie. Przedstawione i zaproponowane rozwiązanie belki ukształtowanej warstwowo z betonu zwykłego i BWW powinno wykazać cechy wytrzymałościowe i cechy użytkowości, lepsze w porównaniu do konstrukcji jednorodnych, wykonanych w całości z betonów zwykłych (Łapko i in., 2005 i 2009; Łapko i Sadowska-Buraczewska, 2006; Sadowska-Buraczewska, 2005, 2007, 2008 i 2010; Sadowska-Buraczewska i Łapko, 2007).

W literaturze mało jest odniesień do prac badawczych z zakresu konstrukcji zespolonych typu beton-beton z zastosowaniem betonu wysokiej wytrzymałości. Do nielicznych prac z tego zakresu należą badania Yamady z Japonii (Yamada i in., 1999), który jako pierwszy zwrócił uwagę na korzyści konstrukcyjne tego typu rozwiązań.

2. Materiały użyte do wykonania elementów badawczych

Do wykonania mieszanek betonów użytych w modelowych elementach badawczych o rozpiętości 1100 mm o przekroju prostokątnym, zastosowany został cement AALBORG WHITE – 52,5R, do mieszanek betonów wysokowartościowych o projektowanej klasie C100/115 oraz cement portlandzki CEM I – 42,5R firmy Małgoszcz, zastosowany do wykonania mieszanki projektowanej klasy betonu C60/75 oraz betonu zwykłego. Kruszywo użyte do wykonania BWW to mieszanina piasku i grysu bazaltowego z kopalni Winna Góra o uziarnieniu do 8 mm, natomiast użyta mikrokrzemionka stanowiła 10% masy cementu (firmy SIKA). Do mieszanki betonowej BWW o projektowanej klasie C60/75 zastosowano superplastyfikator FM-570 ANDROIMPEX, w ilości około 1,5% masy cementu, oraz do betonu C100/115 zastosowano superplastyfikator Sika® ViscoCrete® 20 GOLD w ilości 1,8% masy cementu. Jako wodę zarobową użyto wodę z ogólnie dostępnej instalacji wodociągowej. Z badań

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: bsadowska@pb.edu.pl

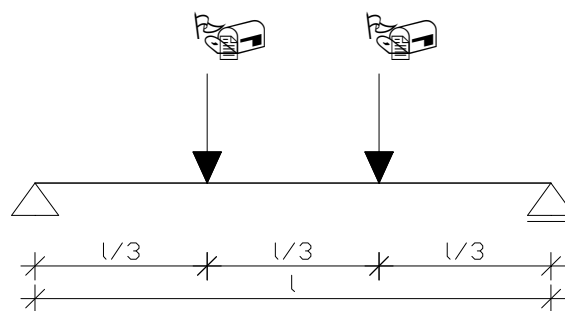
wytrzymałościowych na kostkach sześciennych uzyskano średnie wytrzymałości betonów pokazane w tabeli 1.

Tab. 1. Cechy wytrzymałościowe betonów użytych do badań

Projektowana klasa betonu	Średnie uzyskane wartości wytrzymałości betonów na ściskanie [MPa]		
	po 7 dniach	po 14 dniach	po 28 dniach
C20/25 beton zwykły	–	–	31,00
C60/75 BWW	–	56,30	63,10
C100/115 BWW	97,20	101,60	104,70

3. Opis stanowiska badawczego

Belki modelowe zespolone i kontrolne badano, jako wolnopodparte o rozpiętości 1100 mm i przekroju poprzecznym 80 × 120 mm. Obciążenie przykładano za pomocą dwóch sił skupionych przyłożonych w 1/3 rozpiętości belki (rys. 1). Zbrojenie na zginanie belek modelowych wykonane zostało ze stali żebrowanej gatunku 34GS o średnicy 8 mm (po trzy belki w każdej serii o stopniu zbrojenia $\rho = 1\%$). Stanowisko badawcze belek modelowych, w maszynie wytrzymałościowej typu ZDM-30, przedstawiono na rysunku 2. Stanowisko wyposażono w czujniki elektroniczne służące do pomiaru ugięć belek pod zadaniem obciążeniem. Wyniki badań rejestrowano w sposób ciągły (rys. 2).



Rys. 1. Schemat obciążenia elementu badawczego

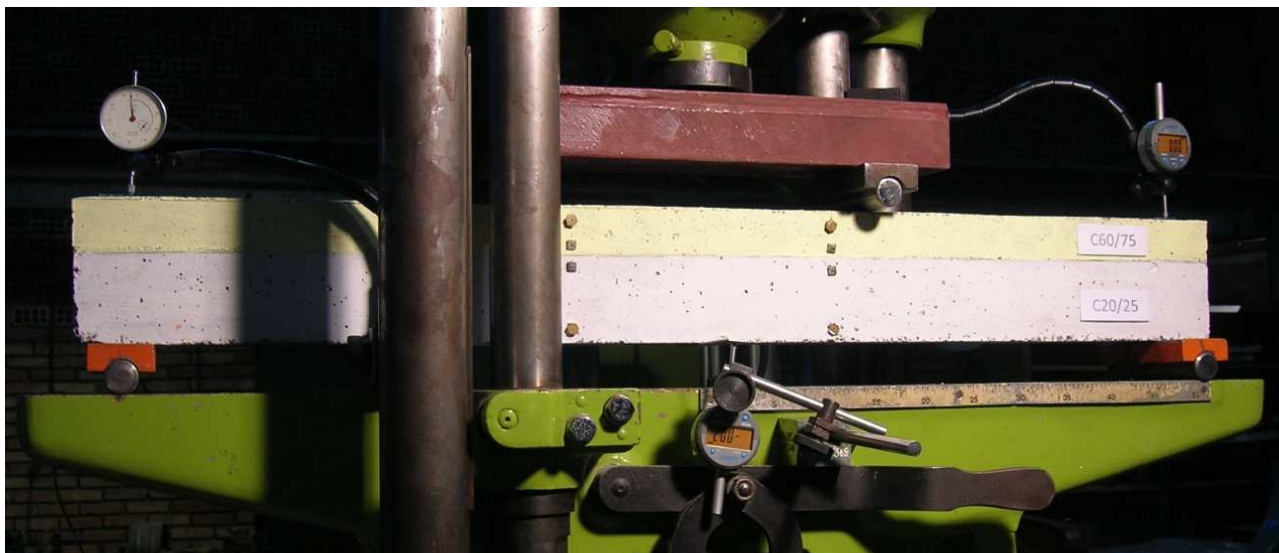
Po 28 dniach dojrzewania elementów w środowisku powietrzno-suchym o stałej temperaturze i wilgotności przeprowadzono badania w zakresie:

- ugięć pod obciążeniem doraźnym,
- odkształceń betonu w strefie ściskanej,
- nośności.

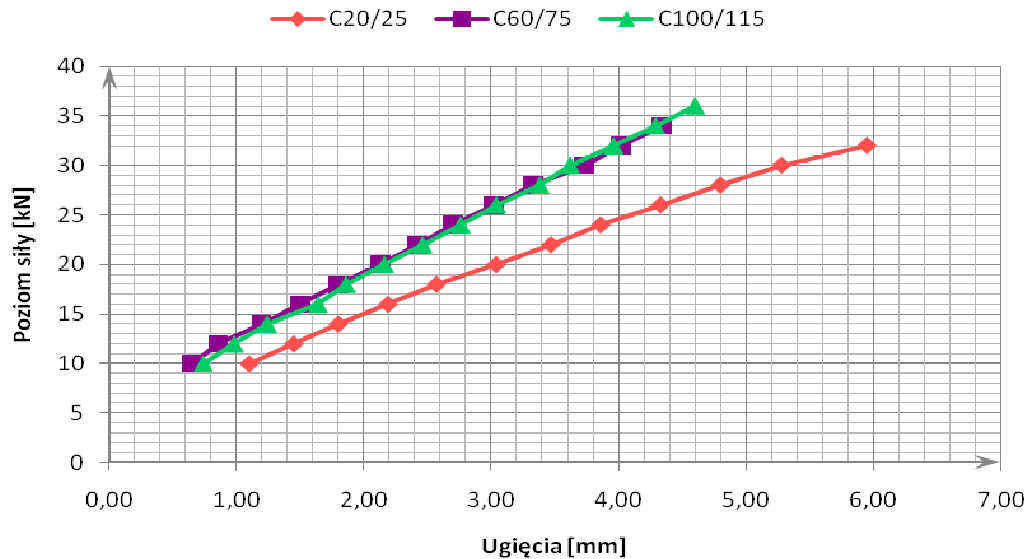
4. Wyniki badań doświadczalnych pod obciążeniem doraźnym

4.1. Ugięcia elementów badanych belek zespolonych i kontrolnych

Zależność eksperymentalną siła – ugięcie belek modelowych wykonanych odpowiednio w całości z betonu zwykłego oraz zespolonych z betonu zwykłego i BWW klasy C60/75 i C100/115, przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Stanowisko do badań wraz z elementem badawczym



Rys. 3. Wykres zależności pomiędzy siłą P [kN], a ugięciem a [mm] belek modelowych

Analizując powyższy wykres zależności w zakresie ugięć modelowych belek żelbetowych, można zauważyć, że ugięcia modelowych belek zespolonych są mniejsze w porównaniu z belką jednorodną wykonaną z betonu zwykłego. Uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowanie BWW w strefie ściskanej spowoduje zmniejszenie ugięć w stosunku do belek jednorodnych, a tym samym wzmocni element konstrukcyjny typu na przykład belka.

4.2. Wpływ warstwy BWW na odkształcenia betonu w badanych elementach zespolonych i kontrolnych

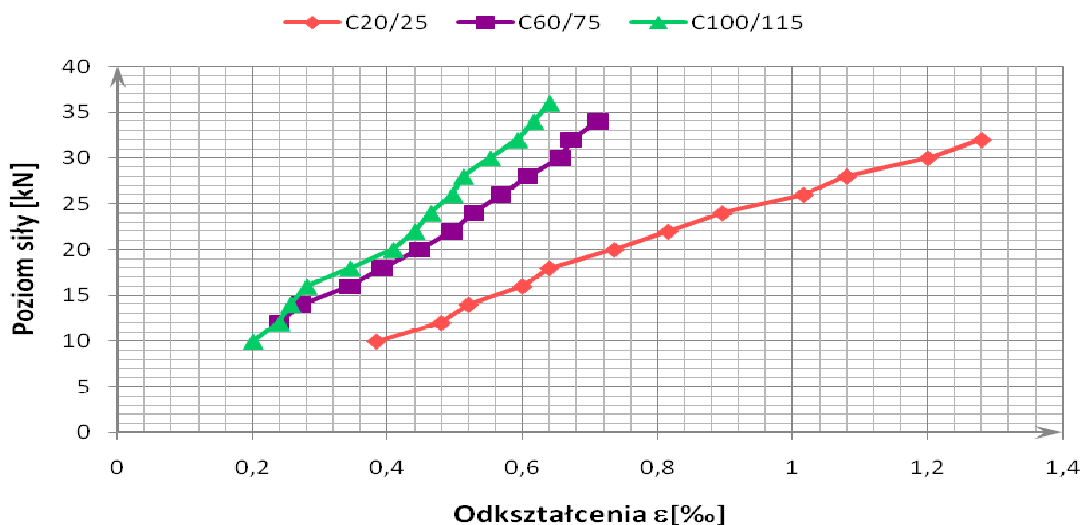
Na rysunku 4 przedstawiono zależność z dorącznych badań doświadczalnych siła-odkształcenie belek modelowych wykonanych odpowiednio w całości z betonu zwykłego oraz zespolonych z betonu zwykłego i BWW.

Analizując wykres stwierdzamy, że odkształcenia w strefie ściskanej (w górnych włóknach) dla belki zespolonej z betonem klasy C100/115 są mniejsze niż

belek zespolonych z betonem klasy C 60/75, a także zdecydowanie mniejsze niż dla belki wykonanej całkowicie z betonu zwykłego.

5. Analiza zniszczenia badanych belek

Żelbetowe belki modelowe obciążane były aż do zniszczenia. Mechanizm zniszczenia belek zespolonych nie wykazywał poślizgu w styku między warstwą betonu zwykłego i BWW, a samo zniszczenie przebiegało jak w elementach jednorodnych. Belka wykonana w całości z betonu zwykłego została zniszczona na poziomie siły 32kN, belka zespolona z betonem C60/75 przy sile 34kN, natomiast belka zespolona z betonem C100/115 przy sile 36kN. Analizując powyższe wyniki można stwierdzić, że największą nośność wykazała belka zespolona z betonem C100/115 znajdującym się w górnej strefie elementu.



Rys. 4. Wykres zależności siła-odkształcenie belek zespolonych i kontrolnej

6. Podsumowanie i wnioski

1. Zastosowanie warstwy BWW w strefie ściskanej elementów belkowych spowodowało zmniejszenie ugięć oraz zwiększenie nośności w porównaniu do belek kontrolnych wykonanych całkowicie z betonu zwykłego.
2. Zaobserwowano, że ugięcia elementów zespolonych są mniejsze, niż odpowiednie ugięcia elementów wykonanych z betonu zwykłego. Potwierdziło to pozytywny wpływ warstwy z BWW na redystrybucję odkształceń i naprężeń w przekroju zespolonym prowadzącą do redukcji krzywizny elementów zespolonych.
3. Z badań doświadczalnych obserwujemy, że ugięcia belek zespolonych z warstwą w górnej strefie belek wykonaną z BWW klasy C 100/115 są mniejsze niż belek zespolonych z warstwą BWW klasy C 60/75. Jednocześnie ugięcia belek zespolonych są zdecydowanie mniejsze niż belek kontrolnych wykonanych całkowicie z betonu zwykłego.

Literatura

- Łapko A., Sadowska-Buraczewska B. (2006). Improvement of serviceability parameters of RC beams using high strength concrete. W: Proc. of the *European Symposium on Service Life and Serviceability of Concrete Structures: ESCS'2006*, 365-370.
- Łapko A., Sadowska-Buraczewska B., Grygo R. (2009). „Prefabrykowany element żelbetowy” zastrzeżenie patentowe nr P 388540, lipiec 2009.
- Łapko A., Sadowska-Buraczewska B., Tomaszewicz A. (2005). Experimental and numerical analysis of flexural composite beams with partial use of HSC-HPC. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 11, No. 2, 115-120.
- Sadowska-Buraczewska B. (2005). Nośność i odkształcalność żelbetowych belek zespolonych ukształtowanych warstwowo z udziałem betonów wysokowartościowych. Rozprawa Doktorska, *Politechnika Białostocka*, 2005.
- Sadowska-Buraczewska B. (2007). Zarysowanie i odkształcenia belek zespolonych z nadbetonem wykonanym z BWW.

W: *Problemy naukowo-badawcze budownictwa: LIII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB*, Krynica 2007, 157-164.

- Sadowska-Buraczewska B. (2008). Zastosowanie warstwy BWW w żelbetowych elementach zespolonych. W: *Konstrukcje zespolone. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego*, 2008, 385-394.
- Sadowska-Buraczewska B. (2010). „Warstwa wzmacniająca element żelbetowy”, zastrzeżenie patentowe nr P 392633, lipiec 2010.
- Sadowska-Buraczewska B., Łapko A. (2007). The concept of strengthening of compressive zone in rc beams using HPC-HSC. W: *Proc. of the 9th International Conference: Modern building materials, structures and techniques*, 2007, 752-757.
- Yamada M., Matsuura H., Kumai H. (1999). Hybrid reinforced concrete beams by high-strength and normal-strength concrete. W: *Proc. of the 5th Symposium on High Performance and High Strength Concrete*, Sundefjord, Norway, 1999, 925-934.

NEW GENERATION CONCRETES AS A STRENGTHENING LAYER IN BEAM BENDING ELEMENTS

Abstract: The paper summarises the experimental analysis of flexural capacity and deformability of structural concrete beams prepared as composite members consisting of two concrete layers made of reinforced normal concrete and high-performance concrete (HPC). The reinforced concrete composite beams used in the tests were prepared in modelling scale with the rectangular-section of 80 x 120 mm and the effective span of 1100 mm. The basic samples were composed in two layers consisting of high-performance concrete as the top layer, and normal strength concrete.

Praca naukowa finansowana ze środków pracy statutowej S/WBiIŚ/2/2008.

Składam serdeczne podziękowania firmie CEMEX Polska oraz firmie AALBORG Portland Polska.