

GRZEGORZ PROKOPSKI<sup>1)</sup>

## WPŁYW RODZAJU KRUSZYWA GRUBEGO NA WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWE BETONÓW

**STRESZCZENIE.** Wyczerpujące się zasoby kruszyw grubych o dobrych parametrach wytrzymałościowych (m.in. bazaltowe, granitowe, żwiry dobrej jakości), zmuszają do prowadzenia poszukiwania rozwiązań alternatywnych. Takim rozwiązaniem może być szersze zastosowanie kruszyw wapiennych czy dolomitowych, ze względu na bogate złoża tego surowca występujące w Jurze Krakowsko-Częstochowskiej i na Kielecczyźnie.

Kruszywo dolomitowe zastosowane do wykonania betonów poddanych badaniom w niniejszej pracy, z którego uzyskano betony o najlepszych właściwościach wytrzymałościowych, pochodziło z Górniczych Zakładów Dolomitowych S.A. w Siewierzu. Kruszywo to jest z powodzeniem stosowane do budowy i utrzymania warstwowych jezdni dróg, ulic i innych ciągów komunikacyjnych.

Wobec aktualnych wyzwań w zakresie budowy autostrad w Polsce szersze jego zastosowanie może mieć duże znaczenie gospodarcze, także ze względu na relatywnie niższą cenę, z uwagi na położenie złóż w centralnym miejscu, w stosunku do planowanych autostrad.

W artykule przedstawiono wyniki badań odporności na pękanie i wytrzymałości na ściskanie betonów nie zbrojonych, wykonanych przy użyciu trzech rodzajów kruszywa grubego: żwiru płukanego, dolomitu i bazaltu. Badaniom poddano betony zwykłe (B40) i betony wysokowartościowe (BWW) po 7, 14, 28 i 90 dniach dojrzewania.

Stwierdzono, że znaczący wzrost badanych parametrów wytrzymałościowych betonów następował także w okresie po upływie 28 dni, aż do 90 dnia dojrzewania i był wówczas szczególnie duży w przypadku betonów B40.

---

<sup>1)</sup>dr hab. inż.– profesor ndzw. Politechniki Rzeszowskiej

## 1. WPROWADZENIE

Właściwości kruszywa grubego użytego do wykonania betonów mają decydujący wpływ na ich właściwości wytrzymałościowe, m.in. [1-7]. Pierwsze prace dotyczące wpływu kruszywa grubego na właściwości betonów ukazały się w latach pięćdziesiątych XX. wieku (Jones, Kaplan [1], Kuczyński [2]). W pracach tych zajmowano się zagadnieniem morfologii kształtu i powierzchni ziaren kruszywa grubego, ich wpływem na przyczepność kruszywa do zaczynu cementowego oraz przebiegiem procesu niszczenia przy ściskaniu. Późniejsze prace Bochenka i Prokopskiego [3, 4] i Prokopskiego [5-7] obejmowały także badanie wpływu kruszywa grubego na parametry mechaniki pękania, określane przy I (rozciąganie przy zginaniu) i II (ścianie) modelach pękania. W pracach tych stwierdzono znaczący wpływ rodzaju, wielkości i ilości ziaren kruszywa grubego na przebieg procesu niszczenia i odporność betonów na pęknięcie. I chociaż badania odporności na pęknięcie nie upowszechniły się (głównie ze względu na znacznie większą czasochłonność i wysokie zaawansowanie techniczne pomiarów, w stosunku do bardzo prostego badania wytrzymałości na ściskanie), to nadal pozostaje w mocy, sformułowane przez Griffith'a i rozwinięte przez innych badaczy, uzasadnienie zalet tego rodzaju badania, w którym określa się naprężenia rzeczywiste w chwili niszczenia, podczas gdy w innych rodzajach badań uzyskuje się wyłącznie uśrednione parametry wytrzymałościowe.

Także badania amerykańskie pokazują [8], że poza wytrzymałością kruszywa grubego duże znaczenie ma także przyczepność zaczynu cementowego do ziaren kruszywa oraz charakterystyka mineralna kruszywa grubego, które bezpośrednio wpływają na trwałość betonu. W wykonawstwie zaawansowanych technicznie konstrukcji z betonu, m.in. mostów, dróg betonowych czy infrastruktury drogowej, istotna jest wytrzymałość betonów po dłuższym czasie, a zwłaszcza ich trwałość.

Zagadnieniem wpływu kruszywa grubego na wytrzymałość i trwałość betonów wysokowartościowych zajmował się Aïctin [9, 10], a w Polsce w odniesieniu do betonów wykonywanych z kruszyw węglanowych badacze z Ośrodka Kieleckiego [11-13]. Według Aïctina, wraz z szybkim wzrostem wytrzymałości stwardniałego zaczynu cementowego w BWB, strefa przejściowa, w której rozpoczyna się destrukcja betonu, praktycznie zanika i o wytrzymałości betonu decyduje kruszywo grube. Badacze kieleccy, na podstawie obszernych badań stwierdzili natomiast, że właściwości mechaniczne betonów z kruszyw węglanowych są lepsze w porównaniu z właściwościami betonów wykonanych z tradycyjnych kruszyw. Wynika to z powinowactwa chemicznego zaczynu cementowego i kruszyw węglanowych, skutkiem czego, powstająca warstwa przejściowa kruszywo-zaczyn cementowy, zapewnia lepsze właściwości mechaniczne betonów.

Naprężenie, przy którym w betonie zaczynają rozwijać się rysy, (wytrzymałość betonu), zależy w znacznym stopniu od właściwości kruszywa grubego. W przypadku użycia do produkcji betonu kruszywa o gładkiej powierzchni i obłym kształcie (kruszywo żwirowe otoczkowe), rysy propagują przy mniejszych naprężeniach, aniżeli ma to miejsce w przypadku zastosowania kruszywa łamanego, o nieregularnym

kształcie i chropowatej powierzchni. Jest to spowodowane lepszą przyczepnością zaczynu cementowego do chropowatych ziaren o nieregularnym kształcie, i w konsekwencji większymi siłami spójności występującymi na styku kruszywa i zaczynu.

Wiele prac opublikowanych w ostatnich latach dotyczyło poszukiwania rozwiązań alternatywnych, głównie w zakresie wpływu składu betonów na ich właściwości, brak jest jednak szerszej analizy wpływu kruszyw grubych na właściwości betonu.

Badania przedstawione w niniejszej pracy, zmierzały do uzyskania danych określających zmiany odporności na pękanie i wytrzymałości na ściskanie betonów w trakcie dojrzewania, w zależności od rodzaju kruszywa grubego użytego do ich wykonania. Badania te są szczególnie istotne wobec istniejących wyzwań rozwojowych Polski w zakresie systemu komunikacyjnego kraju (drogi i infrastruktura drogowa) oraz obecnego, gwałtownego rozwoju betonów nowej generacji (z dodatkami i domieszkami), których odpowiednie wykorzystanie będzie zależęć od rozpoznania ich właściwości w procesie niszczenia, w trakcie propagacji szczelin, których istnienie w betonach jest nieuniknione.

## 2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu rodzaju kruszywa grubego: otoczkowego (żwir płukany), aktywnego chemicznie wobec zaczynu cementowego kruszywa dolomitowego oraz kruszywa bazaltowego, na właściwości betonów zwykłych (B40) i wysokowartościowych (BWW), w trakcie ich dojrzewania. Składy granulometryczne kruszyw grubych i piasku użytych do wykonania betonów podano w tablicy 1.

Tablica 1. Uziarnienie kruszyw grubych i piasku  
Table 1. Grain compositions of coarse aggregate and sand

Frakcja [mm]	Zawartość procentowa frakcji [%]			
	żwir do 16 mm	dolomit do 16 mm	bazalt do 16 mm	piasek 0-2 mm
8-16	39,76	36,44	24,25	–
4-8	35,44	49,20	26,82	–
2-4	18,4	13,40	18,89	2,25
1-2	4,4	0,90	5,76	43,75
0,5-1	1,4	0,06	13,35	44,25
0,25-0,5	0,6	0	8,86	7,5
0,125-0,25	0	0	1,76	0,75
0,063-0,125	0	0	0,31	1,0
0,0-0,063	0	0	0	0,5
Suma	100	100	100	100

Betony wykonano z kruszywa 2-16 mm, piasku 0-2 mm z ZEK Antonówka oraz cementu portlandzkiego CEM I 32,5 R i CEM I 42,5R z cementowni Rudniki k/Częstochowy. Wszystkie betony wykonano przy punkcie piaskowym mieszanki kruszywa równym 30 %.

Masy składników w 1 m<sup>3</sup> mieszanek betonowych na kruszywie żwirowym, dolomitowym i bazaltowym podano w tablicy 2.

Tablica 2. Proporcje składników mieszanek betonowych na 1 m<sup>3</sup>, w kg  
Table 2. Concrete mix proportions in kilograms (kg) per m<sup>3</sup>

Proporcje mieszanek betonów żwirowych na 1 m <sup>3</sup>	
beton zwykły B40	beton wysokowartościowy
Kruszywo żwirowe (Glinica) – 1900 kg Cement CEM I 32,5R – 345 kg Woda – 165,5 kg	Kruszywo żwirowe – 1875 kg Cement CEM I 42,5 – 460 kg Woda – 147,5 kg Pył krzemionkowy – 34,5 kg Plastyfikator BV-34 – 10,12 kg
Proporcje mieszanek betonów dolomitowych na 1m <sup>3</sup>	
Kruszywo dolomitowe (Siewierz) – 2061,9 kg Cement CEM I 32,5R – 349,9 kg Woda – 166,6 kg	Kruszywo dolomitowe – 1923 kg Cement CEM I 42,5 – 492 kg Woda – 149 kg Pył krzemionkowy – 36,9 kg Plastyfikator FM-34 – 10,9 kg
Proporcje mieszanek betonów bazaltowych na 1m <sup>3</sup>	
Kruszywo bazaltowe (Niemodlin-Rudki Ligota) – 2083 kg Cement CEM I 42,5 – 474,8 kg Woda – 157,4 kg	Kruszywo bazaltowe – 1852 kg Cement CEM I 32,5R – 385,6 kg Woda – 142,0 kg Pył krzemionkowy – 35,6 kg Plastyfikator BV-34 – 9,5 kg

Próbki do badań wytrzymałościowych wykonano z mieszanek plastycznych (opad stożka 20÷50 mm), po czym przechowywano w warunkach laboratoryjnych w temperaturze 20±2°C, przy wilgotności względnej powyżej 90 %.

### 3. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Badania wytrzymałościowe przeprowadzono po 7, 14, 28 i 90 dniach dojrzewania betonów. Badania wytrzymałości na ściskanie (tabl. 3) prowadzono na kostkach o krawędzi 150 mm (5 sztuk w serii), na maszynie wytrzymałościowej ZWICK o nacisku 3000 kN. Podano wartość średnią i odchylenie standardowe.

Tablica 3. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie betonów  
Table 3. The results of the compressive strength of concretes

Okres dojrzewania [dni]	Wytrzymałość na ściskanie $f_c \pm \delta$ [MPa]					
	beton żwirowy		beton dolomitowy		beton bazaltowy	
	B40	BWW	B40	BWW	B40	BWW
7	35,4±0,5	78,6±1,2	25,7±1,6	81,9±3,0	31,1±1,6	55,7±1,8
14	38,1±0,5	82,5±1,4	43,0±1,2	95,2±1,6	41,2±1,9	63,0±2,2
28	44,4±1,0	88,0±0,8	49,4±1,2	98,5±1,2	54,6±1,6	78,0±1,9
90	59,7±1,0	92,5±1,8	69,6±3,1	102,3±3,1	62,5±1,0	84,7±1,8

Badania odporności na pęknięcie (tabl. 4) przeprowadzono z użyciem maszyny wytrzymałościowej ze sprzężeniem zwrotnym MTS 810, według procedury opisanej w pracy [14].

Przeprowadzone badania wykazały, że w miarę dojrzewania następował wzrost badanych parametrów wytrzymałościowych betonów, tj.: wytrzymałości na ściskanie  $f_c$ , odporności na pęknięcie  $K_{lc}^s$  i modułu Younga  $E$  (tabl. 5, rys. 1), zależny od rodzaju kruszywa grubego i klasy betonu (B40, BWW).

Porównanie wyników badań wskazuje, że znaczący wzrost badanych parametrów wytrzymałościowych betonów następował także po upływie 28 dni, aż do 90 dnia dojrzewania. Wzrost ten między 28 i 90 dniem dojrzewania był szczególnie duży w przypadku betonów B40, w odniesieniu do współczynnika intensywności naprężeń  $K_{lc}^s$  i wytrzymałości na ściskanie  $f_c$ , i wynosił:

**beton żwirowy B40**

- wytrzymałość na ściskanie betonu 90 dniowego – wzrost o 15,3 MPa (o 34,4 % w porównaniu do betonu 28-dniowego),
- współczynnik intensywności naprężeń – wzrost o 0,94 MNm<sup>-3/2</sup> (o 41,2 %),
- moduł Younga – wzrost o 0,8 GPa (o 2,4 %),

**beton dolomitowy B40**

- wytrzymałość na ściskanie – wzrost o 20,2 MPa (o 40,9 % w porównaniu do betonu 28-dniowego),
- współczynnik intensywności naprężeń – wzrost o 0,66 MNm<sup>-3/2</sup> (o 22,4 %),
- moduł Younga – wzrost o 1,9 GPa (o 4,9 %),

**beton bazaltowy B40**

- wytrzymałość na ściskanie – wzrost o 7,9 MPa (o 14,5 % w porównaniu do betonu 28-dniowego),
- współczynnik intensywności naprężeń – wzrost o 0,79 MNm<sup>-3/2</sup> (o 36,1 %),
- moduł Younga – wzrost o 3,1 GPa (o 9,7 %).

Tablica 4. Parametry mechaniki pęknięcia  
Table 4. Fracture mechanics parameters

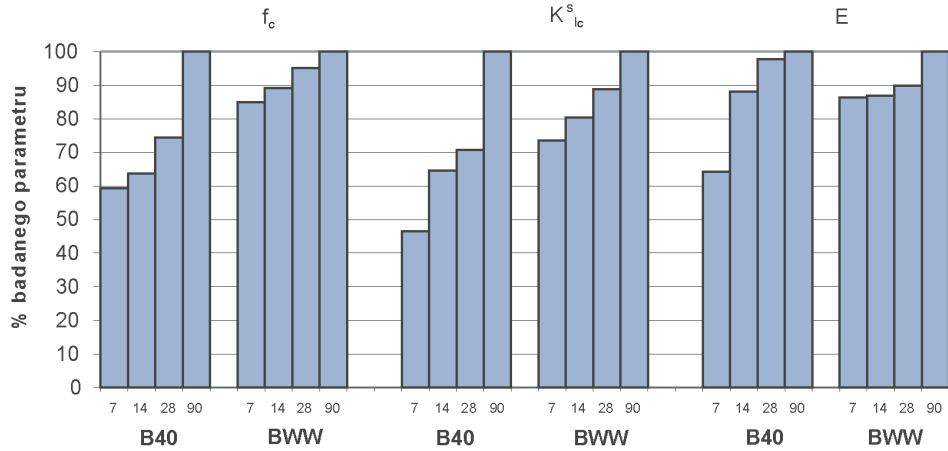
Badany parametr	Rodzaj betonu	Okres dojrzewania (dni)			
		7	14	28	90
		Beton żwirowy			
$K_{Ic}^s \pm \partial$ [MN/m <sup>3/2</sup> ]	B40	1,50±0,39	2,08±0,23	2,28±0,26	3,22±0,14
	BWW	2,37±0,47	2,59±0,39	2,86±0,52	3,22±0,53
$CTOD_c \pm \partial$ 10 <sup>3</sup> [mm]	B40	23,9±2,3	24,3±2,0	23,9±1,2	32,9±1,8
	BWW	20,5±3,31	22,3±5,4	25,6±5,3	25,2±3,4
$a_c \pm \partial$ [mm]	B40	112±15,5	105,6±10,1	108,6±9,0	109,0±4,1
	BWW	79,1±10,9	82,0±14	95,1±12,1	95,2±11,6
$E \pm \partial$ [GPa]	B40	21,9±3,4	30,0±2,3	33,3±2,7	34,1±2,4
	BWW	42,7±9,3	43,1±3,7	44,5±10,5	49,5±5,7
Badany parametr	Rodzaj betonu	Okres dojrzewania (dni)			
		7	14	28	90
		Beton dolomitowy			
$K_{Ic}^s \pm \partial$ [MN/m <sup>3/2</sup> ]	B40	1,35±0,11	2,34±0,25	2,94±0,19	3,60±0,33
	BWW	2,70±0,18	2,90±0,42	3,38±0,20	4,22±0,34
$CTOD_c \pm \partial$ 10 <sup>3</sup> [mm]	B40	20,4±1,5	29,9±2,9	26,8±1,7	31,7±3,7
	BWW	24,6±1,7	23,0±1,3	23,8±1,2	28,3±1,7
$a_c \pm \partial$ [mm]	B40	87,9±2,9	98,1±5,2	108,1±4,5	104,1±5,0
	BWW	88,8±1,7	84,6±0,8	89,9±4,6	103,1±4,3
$E \pm \partial$ [GPa]	B40	24,6±1,0	28,9±0,7	38,8±2,3	40,7±3,0
	BWW	41,0±1,3	46,3±2,8	52,6±1,8	54,2±1,8
Badany parametr	Rodzaj betonu	Okres dojrzewania (dni)			
		7	14	28	90
		Beton bazaltowy			
$K_{Ic}^s \pm \partial$ [MN/m <sup>3/2</sup> ]	B40	1,49±0,19	1,90±0,20	2,19±0,07	2,98±0,45
	BWW	1,70±0,15	2,17±0,31	3,27±0,17	3,87±0,47
$CTOD_c \pm \partial$ 10 <sup>3</sup> [mm]	B40	22,6±3,1	26,0±2,5	25,6±1,4	31,5±4,1
	BWW	21,4±1,6	22,9±3,4	31,6±1,7	33,6±3,2
$a_c \pm \partial$ [mm]	B40	89,1±7,2	89,7±2,3	94,5±8,8	100,4±6,5
	BWW	76,1±2,8	80,3±12,2	104,9±4,4	104,7±6,7
$E \pm \partial$ [GPa]	B40	24,5±0,9	27,5±1,5	31,8±2,1	34,9±1,4
	BWW	27,4±1,3	32,1±4,5	37,7±1,3	41,6±1,6

Tablica 5. Porównanie wyników badań wytrzymałościowych betonów B40 i BWW (w nawiasach podano procentowy wzrost w stosunku do betonu 7-dniowego)  
 Table 5. Comparison of the mechanical properties of B40 and HPC concretes (in parentheses, the percentage increase as compared to the 7-day concrete is given)

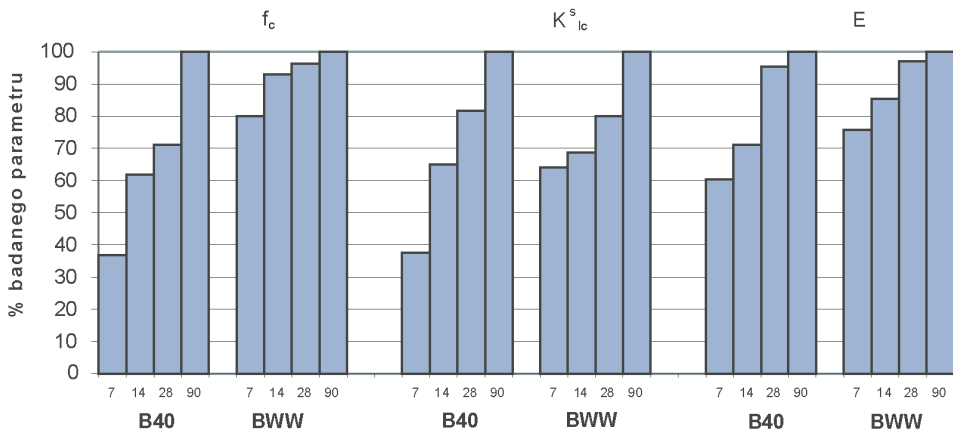
Okres dojrzewania (dni)	Beton żwirowy		Beton dolomitowy		Beton bazaltowy	
	B40	BWW	B40	BWW	B40	BWW
	Wytrzymałość na ściskanie $f_c$ [MPa]					
7	35,4	78,6	25,7	81,9	31,1	55,7
14	38,1 (7,6)	82,5 (5,0)	43,0 (67,3)	95,2 (16,2)	41,2 (32,4)	63,0 (13,1)
28	44,4 (25,4)	88,0 (12,0)	49,4 (92,2)	98,5 (20,3)	54,6 (75,6)	78,0 (40,0)
90	59,7 (68,6)	92,5 (17,7)	69,6 (170,8)	102,3 (24,9)	62,5 (101,0)	84,7 (52,1)
	Współczynnik intensywności naprężeń $K_{fc}^s$ [ $\text{MNm}^{-3/2}$ ]					
7	1,50	2,37	1,35	2,70	1,49	1,70
14	2,08 (38,7)	2,59 (9,3)	2,34 (73,3)	2,90 (7,4)	1,90 (27,6)	2,17 (27,6)
28	2,28 (52,0)	2,86 (20,7)	2,94 (117,8)	3,38 (25,2)	2,19 (47,0)	3,27 (92,3)
90	3,22 (114,7)	3,22 (35,9)	3,60 (166,7)	4,22 (56,3)	2,98 (100,0)	3,87 (127,6)
	Moduł Younga $E$ [GPa]					
7	21,9	42,7	24,6	41,0	24,5	27,4
14	30,0 (37,0)	43,1 (0,9)	28,9 (17,5)	46,3 (12,9)	27,5 (12,2)	32,1 (17,1)
28	33,3 (52,0)	44,5 (4,2)	38,8 (57,7)	52,6 (28,3)	31,8 (29,8)	37,7 (37,6)
90	34,1 (55,7)	49,5 (15,9)	40,7 (65,4)	54,2 (32,2)	34,9 (42,4)	41,6 (51,8)

W przypadku betonów wysokowartościowych (BWW) procentowe wzrosty wartości badanych parametrów pomiędzy 28 i 90 dniem dojrzewania były znacznie mniejsze i wyniosły odpowiednio:

- beton żwirowy – 4,5 MPa (5,1 %),  $0,36 \text{ MNm}^{-3/2}$  (12,6 %) i 5,0 GPa (11,2 %),
- beton dolomitowy – 3,8 MPa (3,8 %),  $0,84 \text{ MNm}^{-3/2}$  (24,8 %) i 1,6 GPa (3,0 %),
- beton bazaltowy – 6,7 MPa (8,6 %),  $0,6 \text{ MNm}^{-3/2}$  (18,3 %) i 3,9 GPa (10,3 %).

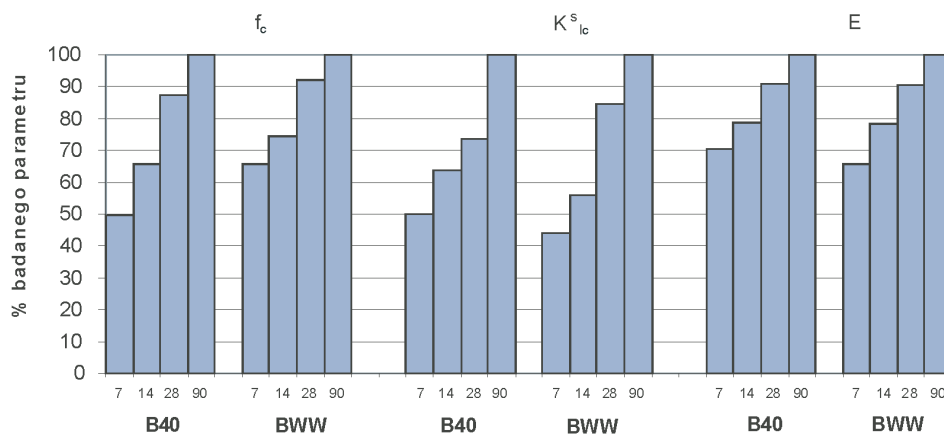


Rys.1a. Względne zmiany w czasie wartości badanych parametrów - beton żwirowy  
 Fig.1a. Relative variations in the values of examined parameters in time - concrete with gravel aggregate



Rys.1b. Względne zmiany w czasie wartości badanych parametrów - beton dolomitowy  
 Fig.1b. Relative variations in the values of examined parameters in time - concrete with dolomite aggregate





Rys.1c. Względne zmiany w czasie wartości badanych parametrów – beton bazaltowy  
 Fig.1c. Relative variations in the values of examined parameters in time - concrete with basalt aggregate

Zwracają uwagę relatywnie duże wzrosty współczynnika intensywności naprężeń  $K^s_{fc}$ , szczególnie w przypadku betonu dolomitowego (o 24,8 %), co może świadczyć o istotnych zmianach zachodzących w strukturze, także po upływie 28 dni, mających znaczący wpływ na odporność na pęknięcie.

Betony wysokowartościowe uzyskały, po tym samym czasie dojrzewania, znacznie większe wartości badanych parametrów aniżeli betony B40. W przypadku betonów z kruszywa żwirowego, (dolomitowego), [bazaltowego] proporcje wartości badanych parametrów (BWW/B40) były się następujące:

- wytrzymałość na ściskanie BWW była większa od tejże betonów B40 po 7, 14, 28 i 90 dniach dojrzewania odpowiednio o: 122,0; 116,5; 98,2 i 54,9 %, (218,7; 121,4; 99,4 i 47,0 %), [79,1; 52,9; 42,8 i 35,5 %],
- współczynnik intensywności naprężeń BWW był większy od  $K^s_{fc}$  betonu B40 odpowiednio o: 58,0; 24,5; 25,4 i 0 %, (100,0; 23,9; 15,0 i 17,2 %), [14,1; 14,2; 49,3 i 29,9 %],
- moduł Younga BWW był większy od modułu Younga betonu B40 odpowiednio o: 95,0; 43,7; 33,6 i 45,2 %, (66,7; 60,2; 35,6; i 33,2 %), [11,8; 16,7; 18,6 i 19,2 %].

## 4. UWAGI KOŃCOWE

Przeprowadzone badania wykazały zróżnicowane zachowanie się betonów, zależnie od rodzaju kruszywa grubego użytego do ich wykonania i ich klasy.

Z zestawienia podanego w tablicy 5 widać, że w przypadku betonów B40 parametrami najbardziej miarodajnymi do oceny zmian wytrzymałościowych (największe przyrosty wartości w trakcie dojrzewania, także po upływie 28 dni) był współczynnik intensywności naprężeń  $K_{lc}^s$  i wytrzymałość na ściskanie  $f_c$ , odporności na pękanie  $K_{lc}^s$  i modułu Younga  $E$  (tabl. 5, rys. 1), zależny od rodzaju, natomiast w przypadku betonów wysokowartościowych najbardziej „czuły” na zmiany długości dojrzewania był współczynnik intensywności naprężeń  $K_{lc}^s$ .

Wpływ zmian długości dojrzewania betonów B40 na parametry wytrzymałościowe następował równomiernie; jest to spowodowane wolniejszym, co oczywiste, uzyskiwaniem końcowych (90-dniowych) wartości badanych parametrów przez beton zwykły (B40), w przeciwieństwie do betonów wysokowartościowych, które zasadniczą część końcowej 90-dniowej wytrzymałości uzyskiwały już po upływie 7 dni dojrzewania.

Spośród badanych betonów najlepsze parametry wytrzymałościowe  $f_c$ ,  $K_{lc}^s$  i  $E$  uzyskano dla betonów wykonanych przy użyciu kruszywa dolomitowego (dotyczy to zarówno betonów B40, jak i BWW), co potwierdza pozytywną ocenę kruszyw węglanowych dokonaną w pracach badaczy kieleckich i uzasadnia celowość szerszego zastosowania tych kruszyw.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Jones R., Kaplan M.F.: The effects of coarse aggregate on the mode of failure of concrete in compression and flexure. Mag. Concr. Res., 9(26), 1957
- [2] Kuczyński W.: Wpływ kruszywa grubego na wytrzymałość betonu. Arch. Inż. Łąd., 4, 2, 1958
- [3] Bochenek A., Prokopski G.: Badania wpływu wielkości ziaren kruszywa na odporność betonu zwykłego na pękanie. Arch. Inż. Łąd., 33, 3, 1987
- [4] Prokopski G.: Badanie wpływu warstwy stykowej kruszywo-zaprawa na odporność betonów na pękanie. Arch. Inż. Łąd., 35, 3, 1989
- [5] Bochenek A., Prokopski G.: Badania wpływu rodzaju kruszywa grubego na odporność betonu na pękanie. Arch. Inż. Łąd., 35, 1, 1989
- [6] Prokopski G.: Badanie wpływu rodzaju i ilości kruszywa grubego na odporność betonów na pękanie. Arch. Inż. Łąd., 36, 1-2, 1990
- [7] Prokopski G.: Badania odporności na pękanie betonów wykonanych z różnych kruszyw, przy zastosowaniu II-go modelu pękania. Inżynieria Materiałowa, 5, 1989

- [8] ACI 363R-92, State-of-the-art. Report on high-strength concrete. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1: Materials and General Properties of Concrete, Detroit-Michigan, 1994
- [9] *Aïctin P.-C., Mehta P.K.*: Effect of coarse aggregate characteristics on mechanical properties of high-strength concrete. ACI Materials Journal, **87**, 2, 1990
- [10] *Aïctin P.-C.*: Trwały wysokowartościowy beton - sztuka i wiedza. Mat. Konf. "Dni betonu", 7-36, Szczyrk 2002
- [11] *Piasta J.*: Trwałość betonu z kruszyw węglanowych. Mat. Konf. "Dni betonu", Szczyrk 2002
- [12] *Piasta W.G., Sawicz Z., Piasta J.*: Sulfate durability of concretes under constant sustained load. Cem.Concr.Res., **19**, 2, 1989
- [13] *Piasta W.G.*: The effect of limestone fillers on sulphate resistance of high alumina cement composites in Calcium Aluminate Cements. Proc. Int. Symp., University of London, 1990.
- [14] *Prokopski G.*: Rozwój cech mechanicznych betonów zwykłego i wysokowartościowego z cementów portlandzkich w okresie między 7 i 90 dniem dojrzewania. Drogi i Mosty, nr 2/2003

## EFFECT OF COARSE AGGREGATE TYPE ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETES

### Abstract

The depletion of the resources of coarse aggregates with good strength parameters (including basalt and granite aggregates, and good-quality gravels) creates a necessity to conduct searches for alternative solutions. Such a solution can be a wider use of limestone or dolomite aggregates, due to the rich deposits of this raw material occurring in the Kraków-Częstochowa Jurassic Upland and in the Kielce region.

The dolomite aggregate used for preparing concretes investigated within this study, and from which concretes of the best strength properties were obtained, originated from Górnice Zakłady Dolomitowe S.A. (Dolomite Mining Works, Inc.) in Siewierz. The aggregate is successfully used for the construction and maintenance of roadways, streets and other traffic routes.

In the light of the present challenges in the construction of motorways in Poland, the wider use of this aggregate might have a great economic importance, also because of its relatively lower price, owing to the situation of its deposits in the central location relative to the planned motorways.

The paper presents the results of the fracture toughness and compressive strength parameters of plain concrete carried out after 7, 14, 28 and 90 days of concrete curing. The tests covered ordinary concrete (B40) and high-performance concrete (HPC) made from gravel, dolomite and basalt coarse aggregates. A significant increase in the values of investigated parameters was found in the period between the 28th and the 90th day of curing and was particularly important in the case of B40 concretes.