

Właściwości betonów specjalistycznych wykonywanych z zastosowaniem grysów dolomitowych

Przedmiotem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania kruszywa dolomitowego z rejonu Olkusza do betonów posadzkowych, kontraktorowych i hydrotechnicznych.

1. Wstęp

W związku z dużym popytem na kruszywa żwirowe, coraz częściej obserwuje się niedobór tych kruszyw na rynku. Konieczne staje się więc znalezienie alternatywnych źródeł surowców. Kruszywa węglanowe, a w szczególności grysy dolomitowe jako alternatywa dla kruszyw żwirowych okazują się bardzo cennym rozwiązaniem.

O ile w betonach zwykłych różnego przeznaczenia, gdzie nie są wymagane dodatkowe właściwości betonu, kruszywa te były i są już z powodzeniem stosowane, o tyle przydatność kruszyw dolomitowych do betonów specjalistycznych – takich jak betony posadzkowe, kontraktorowe czy hydrotechniczne – wymaga sprawdzenia.

Przedmiotem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania do betonów posadzkowych, kontraktorowych i hydrotechnicznych kruszywa dolomitowego z rejonu Olkusza. Kruszywo to, jako końcowy produkt handlowy, stanowi mieszkankę dolomitu dewońskiego (koloru ciemnoszarego) i triasowego (koloru szaro-żółtego), a ich proporcje mają wpływ na właściwości zarówno samego kruszywa jak i na właściwości betonu.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono cechy reologiczne świeżych mieszanek betonowych betonów posadzkowych, kontraktorowych i hydrotechnicznych bez domieszek chemicznych (zarób tzw. zerowy) jak też z domieszkami w postaci plastyfikatorów i superplastyfikatorów, wykonywanych z wykorzystaniem grysów dolomitowych na tle ekwiwalentnych betonów żwirowych.

W analizach uzyskanych wyników uwzględniano efektywną ilość wody oraz określano ilość wody zaabsorbowanej przez kruszywo. W stwardniałym betonie badano jego charakterystyczne właściwości, takie jak wytrzymałość na ściskanie, nasiąkliwość oraz dodatkowo, w betonach posadzkowych, wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu oraz „pull-off” powierzchni zacieranej, a w betonach hydrotechnicznych wodoprzepuszczalność i mrozoodporność, porównując uzyskane wartości do ekwiwalentnych betonów żwirowych [3].

2. Właściwości kruszywa dolomitowego i żwirowego stosowanego w badaniach

Średnie właściwości kruszywa dolomitowego z kamieniołomu Jaroszewiec z podziałem na okresy powstania [2] oraz kruszyw żwirowych ze żwirowni Bierawa przedstawiono w tabeli 1.

Jak wynika z powyższej tabeli własności techniczne kruszyw dolomitowych zależą od proporcji dewon/trias, a im zawartość dewonu w kruszywie będzie większa, tym lepsze będą właściwości kruszywa. Do wykonania badań stosowano materiały pochodzące z bieżącej produkcji zarówno żwirów jak i dolomitów, o cechach zbadanych i załączonych w tabeli 2.

W tabeli 3 zestawiono natomiast wartości deklarowane dla normy PN-EN 12620 przez producenta kruszyw.

W tym przypadku proporcja dewonu do triasu w kruszywie dolomitowym wynosiła 60/40 (fot. 1).

Tabela 1. Zestawienie średnich parametrów kruszyw dolomitowych i żwirowych wykorzystanych w badaniach

Rodzaj materiału	Odporność na rozdrabnianie LA	Odporność na ścieranie MDE	Nasiąkliwość [%]	Mrozoodporność [%]	Wytrzymałość na miazdzenie [%]	Zawartość pyłów [%]	Reaktywność alkaliczna [stopień]
„Dolomit triasowy Jaroszewiec”	30	15	2,8	0,5	14,6	2,6	0
„Dolomit dewoński Jaroszewiec”	14	11	0,45	0,15	7,3	1,2	0
Żwir Bierawa	32	14	1,2	0,5	9,8	0,5	0

Tabela 2. Zestawienie podstawowych cech kruszyw użytych do badań

Rodzaj badania	Dokument odniesienia	Piasek 0/2	Żwir 2/8	Żwir 8/16	Grys 2/16 dolomit dewon/trias-60/40
Zawartość pyłów	PN-EN 933-1:2000	0,40%	0,10%	0,10%	0,90%
Zawartość pyłów	PN-78/06714-13	---	0,50%	0,40%	2,60%
Wytrzymałość na miazdzenie	PN-78/06714-40	---	4,80%	10,20%	7,90%
Absorpcja kruszyw*	5 minut	nie badano	0,81%	1,06%	
	30 minut	nie badano	0,88%	1,08%	
	60 minut	nie badano	0,94%	1,09%	
	24 h	nie badano	0,98%	1,16%	

* - przy badaniu absorpcji kruszyw żwirowych stosowano mieszkankę frakcji 8/16:2/8 w proporcji 1.7 ÷ 1



Fot. 1. Układ materiału dewon/trias w kruszywie dolomitowym (60/40)

3. Procedura badawcza

Do badań używano kruszyw w stanie powietrzno-suchym, które nawilżano bezpośrednio przed rozpoczęciem zarobu przez 10 minut wodą w ilości odpowiadającej absorpcji kruszywa grubego. Woda ta wchodziła w skład wody całkowitej, lecz nie była wliczana do wody efektywnej, na bazie której obliczano wskaźnik wodno-cementowy. Następnie dodawano pozostałe składniki mieszanki betonowej i badano jej reologię w określonych odstępach czasowych – 10 i 60 minut od pierwszego kontaktu cementu z wodą. Dla wszystkich badanych mieszanek wykonywano tzw. zarób zerowy, w którym nie stosowano domieszek chemicznych, a zakładaną konsystencję uzyskiwano odpowiednią ilością wody. Pozwoliło to na uzyskanie dodatkowej informacji dotyczącej ilości zredukowanej wody przez przyjętą dżę domieszki lub kombinacji stosowanych domieszek przy zachowaniu założonej konsystencji.

4. Beton posadzkowy

Beton posadzkowy został zaprojektowany na bazie cementu CEM II/B-S 42,5 N przy układzie masowym frakcji kruszywa w postaci 39% piasku i 61% grysu dolomitowego frakcji 2/16 mm lub mieszanki żwirów frakcji 2/8 i 8/16 mm (przy założonej ich proporcji 1÷1,7), co w efekcie dawało zbliżone krzywe przesiewu całej mieszanki w obu porównywanych przypadkach. Założono taki dobór rodzaju i ilości domieszek chemicznych, aby uzyskać wskaźnik wodno-cementowy poniżej 0,5, przy wyjściowej konsystencji 190 mm, co po 60 minutach dawało konsystencję przydatną przy wykonywaniu posadzek na poziomie 120 do 150 mm. Badanie obejmowało wariant tzw. letni z kombinacją domieszek lekko opóźniających wiązanie cementu (kombinacja plastyfikatora na bazie lignosulfonianów z domieszką upłynniającą na bazie eterów polikarboksyłowych) oraz wariant tzw. zimowy z kombinacją domieszek niezmiennących czasu wiązania cementu (kombinacja plastyfikatora na bazie lignosulfonianów z domiesz-

Tabela 3. Właściwości kruszyw według deklaracji producenta dla normy PN-EN 12620

	Grys dolomitowy 2/16 mm	Żwir 8/16 mm
Kategoria uziarnienia	Gc 90/15	Gc 85/20
Zawartość pyłów	f4	f 1,5
Nasiąkliwość	WA244	WA242
Odporność na ścieranie	MDE25	MDE15
Odporność na rozdrabnianie	LA30	LA30
Mrozoodporność	F1	F1

ką upłynniającą na bazie naftalenów). W wariantcie zimowym dodatkowo nieznacznie obniżono wskaźnik w/c do poziomu 0,48 przy wskaźniku 0,49 dla wariantu letniego, co skutkowało różnicą ok. 5 litrów wody efektywnej na rzecz wariantu zimowego. Zastosowane kombinacje domieszek i ich ilości (sumarycznie 2% m.c. w wariantcie zimowym i 1,3% m.c. w wariantcie letnim) pozwoliły na redukcję wody efektywnej w stosunku do zarobu wariantu zimowego o 32 litry, a wariantu letniego o 27 litrów, co skutkowało zmianą w/c z wartości 0,58 w wariantcie tzw. zerowym do wartości przedstawionych powyżej.

W badaniach nie stwierdzono ponadto wyraźnej różnicy w ilości niezbędnej do uzyskania zakładanej konsystencji wody efektywnej. Szczegółowe wyniki uzyskane z badań dla betonów posadzkowych wykonywanych na kruszywie dolomitowym i kruszywie żwirowym przedstawiono w tabeli 4.

Na podstawie analizy danych zawartych w tabeli 4 można wywnioskować, iż zwiększona ilość wody całkowitej przy zachowaniu stałej ilości wody efektywnej nie ma istotnego wpływu na wytrzymałość betonu oraz pozostałe właściwości mieszanki betonowej.

W zastosowanej w badaniach partii kruszywa dolomitowego o układzie dewon/trias 60/40 nie stwierdzono wyraźnych różnic w reologii mieszanek pomiędzy kruszywem dolomitowym a kruszywem żwirowym w poszczególnych wariantach. Zaobserwowano natomiast wyższą wytrzymałość na

Tabela 4. Zestawienie wyników badań świeżej mieszanki betonowej i stwardniałego betonu dla betonów posadzkowych

Składniki recepty	Beton na kruszywie żwirowym						Beton na grysie dolomitowym					
	bez domieszek		wariant zimowy		wariant letni		bez domieszek		wariant zimowy		wariant letni	
	10 min	60 min	10 min	60 min	10 min	60 min	10 min	60 min	10 min	60 min	10 min	60 min
Właściwości reologiczne mieszanki												
Konsystencja - stożek PN-EN 12350-2	190	160	190	100	190	130	190	140	190	60	190	140
Konsystencja - rozptyw PN-EN 12350-5	52/51	46/46	49/48	39/39	49/48	43/42	48/49	44/44	43/43	33/34	50/45	42/42
Temperatura mieszanki	22,8	22,5	22,2	21,5	19,3	18	23,6	22,7	22,1	22,9	18,2	19,3
Gęstość mieszanki PN-EN 12350-6	2287	2272	2341	2328	2301	2300	2353	2346	2400	2395	2440	2398
Wytrzymałość na ściskanie i gęstość	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]
R2	11,0	2266	13,8	2318	11,3	2302	11,3	2353	14,5	2391	13,9	2407
R7	18,9	2289	28,8	2318	24,4	2287	19,1	2361	29,0	2380	27,5	2379
R28	30,1	2287	41,4	2328	40,1	2316	31,1	2365	45,5	2381	44,5	2400
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu na belkach po 28 dniach pielęgnacji wg PN-S-96015:1975	4,1	MPa	4,5	MPa	---	MPa	5,1	MPa	6,3	MPa	---	MPa
Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu na kostkach po 28 dniach pielęgnacji wg PN-EN 12390-6	2,8	MPa	3,3	MPa	---	MPa	3,2	MPa	3,7	MPa	---	MPa
Pull off powierzchni zacieranej po 28 dniach pielęgnacji	1,3	MPa	1,9	MPa	---	MPa	1,6	MPa	2,0	MPa	---	MPa
Nasiąkliwość po 28 dniach pielęgnacji	7,3	%	5,6	%	5,7	%	7,8	%	6,2	%	5,6	%
Nasiąkliwość po 90 dniach pielęgnacji	7,7	%	5,5	%	5,7	%	8,1	%	6,5	%	5,4	%

Fot. 2. Przełamy próbki po badaniu wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu na kruszywie dolomitowym (lewa strona) i żwirowym (prawa strona).



ściskanie, rozciąganie przy zginaniu i rozłupywaniu oraz wartości wytrzymałości „pull-off” uzyskiwane na dolomicie w stosunku do ekwiwalentnych receptur na żwirach. Wartość wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach pielęgnacji jest wyższa o ok.10%, natomiast wzrosty wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i rozłupywaniu są znacznie wyższe i sięgają nawet 14%. Zjawisko to wynika z lepszej budowy strefy kontaktowej zaczynu cementowy – kruszywo dolomitowe w porównaniu do strefy kontaktowej zaczynu cementowego z kruszywem żwirowym. Na fot. 2 pokazano przełamy próbek po badaniu wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu, gdzie czarnym obrysem zaznaczono wyłuskane ziarna kruszywa. Lewa część rysunku dotyczy betonu na kruszywie dolomitowym, a prawa betonu na kruszywie żwirowym. Dla dolomitów przełamy realizuje się poprzez przełamanie ziarn, a dla żwirów w przeważającej mierze poprzez odspojenie matrycy i znaczne wyłuskanie ziarn, co świadczy o ich słabszym osadzeniu w matrycy cementowej.

Nasiąkliwość betonów badana była na kostkach sześciennych o boku 100 mm. Generalnie była ona nieznacznie wyższa dla betonów na kruszywach dolomitowych, z wyjątkiem wariantu letniego, gdzie wartości są porównywalne. Nie stwierdzono też w tym przypadku znacznych spadków nasiąkliwości przy badaniu po 28 i 90 dniach pielęgnacji normowej. Uzyskiwane wartości zbadały się w granicach błędów pomiaru.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można

uznać grys dolomitowy jako dobry materiał składowy betonów posadzkowych.

5. Beton kontraktorowy

Beton kontraktorowy został opracowany na bazie cementu CEM II/B-S 42,5 N przy układzie masowym frakcji kruszywa w postaci 41% piasku i 59% grysu dolomitowego frakcji 2/16 mm lub mieszanki żwirów frakcji 2/8 i 8/16 mm (przy założonej ich proporcji 1÷1,7), co w efekcie dawało zbliżone krzywe przesiewu całej mieszanki w obu porównywanych przypadkach. W betonie zastosowano też dodatek mineralny w postaci popiołów lotnych. Założono taki dobór rodzaju i ilości domieszek chemicznych, aby uzyskać wskaźnik wodno-cementowy poniżej 0,6, przy wyjściowej konsystencji 220 mm, co po 60 minutach dawało konsystencję przydatną przy wykonywaniu pali na poziomie 180-190 mm. Testowano wariant z plastyfikatorem na bazie lignosulfonianów oraz wariant bez domieszek chemicznych tzw. wariant zerowy. Zastosowanie domieszki chemicznej pozwoliło na redukcję ok. 20 litrów wody.

Szczegółowe wyniki uzyskane z badań dla betonów kontraktorowych wykonywanych na kruszywie dolomitowym i kruszywie żwirowym przedstawiono w tabeli 5.

Należy zwrócić uwagę na fakt szybszego spadku konsystencji betonów wykonanych na kruszywie dolomitowym w stosunku do betonów wykonanych na kruszywie żwirowym. Zastosowanie bardziej efektywnych domieszek chemicznych powinno wyeliminować ten efekt.

Tabela 5. Zestawienie wyników badań świeżej mieszanki betonowej i stwardniałego betonu dla betonów kontraktorowych

Składniki recepty	Beton na kruszywie żwirowym				Beton na grysie dolomitowym			
	bez domieszek		z plastyfikatorem		bez domieszek		z plastyfikatorem	
Własności reologiczne mieszanki	10 min	60 min	10 min	60 min	10 min	60 min	10 min	60 min
Konsystencja - stożek PN-EN 12350-2	220	190	230	180	220	190	220	140
Konsystencja - rozptyw PN-EN 12350-5	53/53	48/48	55/55	46/45	54/54	48/47	50/49	42/42
Temperatura mieszanki	23,5	23,1	24,2	23,9	21,8	21,7	24,6	23,5
Gęstość mieszanki PN-EN 12350-6	2287	2272	2277	2271	2328	2331	2341	2340
Wytrzymałość na ściskanie i gęstość	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]
R2	10,4	2284	11,8	2285	11,1	2326	14,6	2336
R7	21,0	2283	24,6	2277	20,8	2325	26,0	2330
R28	37,9	2286	41,3	2284	38,8	2341	48,1	2355
Nasiąkliwość po 28 dniach pielęgnacji	8,0	%	7,3	%	8,6	%	7,1	%
Nasiąkliwość po 90 dniach pielęgnacji	8,0	%	7,2	%	8,8	%	7,1	%

Nasiąkliwość betonu kontraktorowego porównywana dla betonu bez domieszek i z domieszką plastyfikującą nie wykazywała znaczących różnic przy porównaniu betonów na żwirach z betonami na kruszywie dolomitowym. Ponadto, podobnie jak przy betonach posadzkowych, nie stwierdzono znaczących zmian w nasiąkliwości przy badaniu po 28 i 90 dniach pielęgnacji normowej. Uzyskiwane wartości zbadane mieściły się w granicach błędu pomiaru.

Na podstawie uzyskanych wyników badań nie znaleziono żadnych znaczących różnic w mieszankach, które dyskwalifikowałyby przydatność kruszyw dolomitowych w betonach kontraktorowych.

6. Beton hydrotechniczny

Badania dla betonów hydrotechnicznych o podwyższonych parametrach trwałościowych przeprowadzono z zastosowaniem następujących spoiw CEM I 42,5 N HSR NA oraz CEM II/B-S 42,5 N z dodatkiem mineralnym w postaci popiołu lotnego.

Na bazie cementu CEM I 42,5 N HSR NA przygotowano receptury o układzie masowym frakcji kruszywa w postaci 39% piasku i 61% grys dolomitowego frakcji 2/16 mm lub mieszanki żwirów frakcji 2/8 i 8/16 mm (przy założonej ich proporcji 1÷1,7), co w efekcie dawało zbliżone krzywe przesiewu całej mieszanki w obu porównywanych przypadkach.

W tym betonie nie stosowano dodatków mineralnych. Założono taki dobór rodzaju i ilości domieszek chemicznych, aby uzyskać wskaźnik wodno-

cementowy zbliżony do 0,43 przy wyjściowej konsystencji 150-160 mm, co po 60 minutach dawało konsystencję przydatną do zabudowy na poziomie 100 mm. Testowano wariant domieszek oparty na kombinacji plastyfikatora na bazie lignosulfonianów z domieszką upłynniającą na bazie eterów polikarboksylowych. Ilość domieszek w przypadku kruszywa żwirowego i dolomitowego była identyczna, lecz w przypadku dolomitów ilość efektywnej wody była wyższa o ok. 5 litrów – co w zasadzie można uznać za błąd pomiarowy. Również w tym przypadku wystąpiła różnica w wytrzymałości na ściskanie betonu po 28 dniach pielęgnacji na kruszywie dolomitów o ok. 10%. Warunek wodopruszczalności betonu na poziomie W8 w obu przypadkach został spełniony przy penetracji wody nie większej niż 15 mm. Szczegółowe wyniki uzyskane z badań dla tego betonu hydrotechnicznego wykonywanego na kruszywie dolomitowym i kruszywie żwirowym przedstawiono w tabeli 6.

Znaczna ilość cementu typu CEM I oraz niski wskaźnik wodno-cementowy spowodował osiągnięcie bardzo wysokich wytrzymałości betonu, które pozwoliły na uzyskanie nasiąkliwości badanej na próbkach sześciennych o boku 100 mm w zasadzie poniżej 5%, z wyraźnie rysującą się różnicą pomiędzy 28. i 90. dniem od rozpoczęcia badania. Wyniki uzyskane na grysie dolomitowym były trochę lepsze od wyników uzyskanych na żwirach. Skład receptury i uzyskane wyniki są zgodne z rozważaniami zawartymi w [1]. Próbki betonu poddano też badaniu mrozoodporności po 28 dniach pielęgnacji przy kończeniu poszczególnych serii pró-

Tabela 6. Zestawienie wyników badań świeżej mieszanki betonowej i stwardniałego betonu dla betonu hydrotechnicznego z cementem CEM I 42,5 N HSR NA

Składniki recepty	Beton na kruszywie żwirowym		Beton na grysie dolomitowym	
	z plastyfikatorem i upłynniaczem		z plastyfikatorem i upłynniaczem	
Własności reologiczne mieszanki	po 10 min	po 60 min	po 10 min	po 60 min
Konsystencja - stożek PN-EN 12350-2	150	100	160	100
Konsystencja - rozptyw PN-EN 12350-5	38/38	35/35	38/42	36/36
Temperatura mieszanki	20	21,7	21,3	21,5
Gęstość mieszanki D PN-EN 12350-6	2327	2316	2425	2410
Wytrzymałość na ściskanie i gęstość	Ri [Mpa]	Gi [kg/m ³]	Ri [Mpa]	Gi [kg/m ³]
R2	36,4	2347	37,4	2446
R7	55,0	2346	59,7	2426
R28	65,3	2345	72,8	2433
	strata wytrzym.	Ubytek masy	strata wytrzym.	Ubytek masy
Badanie odporności na działanie mrozu F50 po 28 dniach pielęgnacji	6,33%	-0,02%	8,27%	-0,05%
	66.83 MPa	2350.75 g	71.30 MPa	2469.25 g
	62.60 MPa	2351.25 g	65.40 MPa	2470.50 g
Badanie odporności na działanie mrozu F100 po 28 dniach pielęgnacji	26,98%	-0,55%	45,62%	-1,31%
	69.20 MPa	2354.25 g	74.90 MPa	2450.25 g
	50.53 MPa	2367.25 g	40.73 MPa	2482.25 g
Badanie odporności na działanie mrozu F150 po 28 dniach pielęgnacji	30,36%	-0,49%	49,11%	-1,37%
	74.20 MPa	2351,25	76.98 MPa	2457.25 g
	51.68 MPa	2362,75	39.18 MPa	2491.00 g
Wodoszczelność W8 po 28 dniach pielęgnacji	głębokość penetracji [mm]	ilość wody	głębokość penetracji [mm]	ilość wody
	15	---	15	---
Nasiąkliwość po 28 dniach pielęgnacji	5,01	%	4,67	%
Nasiąkliwość po 90 dniach pielęgnacji	4,21	%	4,1	%

Tabela 7. Zestawienie wyników badań świeżej mieszanki betonowej i stwardniałego betonu dla betonu hydrotechnicznego CEM II/B-S 42,5 N z dodatkiem popiołów lotnych

Składniki recepty	Beton na kruszywie żwirowym Bierawa		Beton na grysie dolomitowym Jaroszwiec	
	z plastyfikatorem i upłynniaczem		z plastyfikatorem i upłynniaczem	
Własności reologiczne mieszanki	po 10 min	po 60 min	po 10 min	po 60 min
Konsystencja - stożek PN-EN 12350-2	160	130	170	150
Temperatura mieszanki	18,7	18	14,9	15,2
Gęstość mieszanki PN-EN 12350-6	2300	2310	2405	2415
Wytrzymałość na ściskanie i gęstość	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]	Ri [MPa]	Gi [kg/m ³]
R2	14,1	2325	13,3	2351
R7	35,2	2327	35,8	2377
R28	51,5	2323	58,8	2395
	strata wytrzym.	Ubytek masy	strata wytrzym.	Ubytek masy
Badanie odporności na działanie mrozu F75 po 90 dniach pielęgnacji	8,98%	-0,16%	17,63%	-0,56%
	69.4 MPa	2324.33 g	74.1 MPa	2469.25 g
	63.2 MPa	2328.00 g	61.0 MPa	2470.50 g
Nasiąkliwość po 90 dniach pielęgnacji	5,88	%	5,59	%

bek po 50, 100 i 150 cyklach zamrażania-rozmrażania w automatycznej komorze. Jako że beton nie zawierał w swoim składzie domieszek napowietrzających, tak więc nie zakładano uzyskania dobrej mrozoodporności.

Na bazie cementu CEM II/B-S 42,5 N z popiołem lotnym badano receptę o układzie masowym frakcji kruszywa w postaci 38% piasku i 62% gysu dolomitowego frakcji 2/16 mm lub mieszanki żwirów frakcji 2/8 i 8/16 mm (przy założonej ich proporcji 1 ÷ 1,7), co w efekcie dawało zbliżone krzywe przesiewu całej mieszanki w obu porównywanych przypadkach. Założono taki dobór rodzaju i ilości domieszek chemicznych, aby uzyskać wskaźnik wodno-cementowy poniżej 0,48 przy wyjściowej konsystencji 160-170 mm, co po 60 minutach dawało konsystencję przydatną do zabudowy na poziomie 130-150 mm. Testowano wariant domieszek oparty na kombinacji domieszek plastyfikatora na bazie lignosulfonianów z domieszką upłynniającą na bazie eterów polikarboksylowych. Nie stosowano domieszek napowietrzających mieszankę betonową. Ilość domieszek w przypadku kruszywa żwirowego była nieco niższa niż dla kruszywa dolomitowego, przez co przy identycznej ilości wody całkowitej użyto mniejszej ilości wody efektywnej o ok. 10 litrów, zmniejszając tym samym w/c z 0,49 do 0,46. Zabieg ten mógł więc spowodować fakt wystąpienia różnicy w wytrzymałości betonu na ściskanie po 28 dniach pielęgnacji na korzyść dolomitów o ok. 14%.

Szczegółowe wyniki uzyskane z badań dla tego betonu hydrotechnicznego wykonywanego na kruszywie dolomitowym i kruszywie żwirowym przedstawiono w tabeli 7.

Uzyskana nasiąkliwość betonu badana na próbkach sześciennych 100 mm po 90 dniach pielęgnacji wykazywała zbliżone wartości dla obu rodzajów kruszywa przy pielęgnacji zgodnej z dokumentem odniesienia. Dla betonu tego przeprowadzono ponadto badania mrozoodporności na poziomie F75 również po 90 dniach pielęgnacji i w obu przypadkach uzyskano spełnienie warunku normowego dla straty wytrzymałości przy niewielkim wzroście masy.

Jak i w przypadkach poprzednich, tak i przy badanym betonie hydrotechnicznym nienarażonym na

podwyższoną agresję mrozową (bez napowietrzenia) potwierdzono przydatność kruszywa dolomitowego jako cennego składnika betonu.

7. Wnioski ogólne/Podsumowanie

Przeprowadzone badania świadczą o pełnej przydatności kruszywa dolomitowego do różnego rodzaju betonów: betonów posadzkowych, kontraktorowych czy hydrotechnicznych w zakresie wymagań potwierdzonych badaniami przedstawionymi powyżej. Należy tu jednak przyjąć zastrzeżenie, iż w badaniach stosowano kruszywo dolomitowe o układzie dewon/trias – 60/40. Przy zastosowaniu kruszywa o innych proporcjach triasu do dewonu jego przydatność do określonych celów winna być potwierdzona badaniami.

Kruszywo dolomitowe jest ponadto dość specyficznym kruszywem, które wymaga specjalnego podejścia do jego własności. Dotyczy to jego absorpcji wody, która musi być uwzględniana w ilości całkowitej wody zarobowej, ale nie powinna być wliczana do wody efektywnej stanowiącej o wskaźniku wodno-cementowym. Produkcja betonów winna odbywać się więc na kruszywie dolomitowym w stanie nawilżenia odpowiadającego jego absorpcji, podobnie jak to ma miejsce przy wykonywaniu mieszanek betonowych na kruszywach lekkich i porowatych.

Producent betonu stosujący kruszywo dolomitowe powinien więc zdawać sobie sprawę z różnic w stosunku do żwirów przy stosowaniu tego kruszywa oraz możliwości jego zastosowania w konkretnych warunkach pracy elementu wykonywanej z takiego betonu konstrukcji.

dr inż. Zbigniew Kołacz
CEMEX POLSKA Sp. z o.o.

Literatura

- 1 J. Śliwiński, *Podstawowe właściwości betonu i jego trwałość*, „CWB”, 5/2009
- 2 A. Chojnicka, *Kruszywa węglanowe - kopalnia możliwości*, „Kruszywa”, 2/2011
- 3 Z. Kołacz, *Badania nad zwiększeniem możliwości stosowania grysów dolomitowych z Jaroszwca w betonach: posadzkowych, kontraktorowych, mrozoodpornych, specjalnych*, *Materiały z konferencji technicznej CEMEX POLSKA, Uniejów 14-15 grudnia 2010 r.*