

Cement portlandzki żuźłowy składnikiem betonu w budowie drogi Zimna Wódka – Ujazd

Wprowadzenie

Trwała nawierzchnia drogowa musi być wykonana z odpowiedniej jakości betonu, w produkcji którego należy użyć właściwych kruszyw oraz odpowiedniego rodzaju cementu. Beton musi być właściwie zaprojektowany, wyprodukowany i zabudowany. Warunek ten dotyczy nie tylko nawierzchni autostradowych, ale także dróg o niższym natężeniu ruchu i nośności (drogi lokalne i rolnicze).

Wytyczne do projektowania i budowy dróg betonowych w Polsce zawarte są w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych [1] oraz opublikowanej w ostatnim okresie literaturze specjalistycznej [2].

Według zaleceń zawartych w Katalogu [1] oraz w specyfikacjach technicznych GDDKiA [3], w budowie nawierzchni drogowych należy stosować cementy powszechnego użytku spełniające wymagania zawarte w normie PN-EN 197-1 [4]. Powinny one charakteryzować się następującymi właściwościami:

- stosunkowo wysoką wytrzymałością niezbędną do zapewnienia wytrzymałości betonu przenoszącego obciążenia od pojazdów samochodowych i temperatur:
 - dla dróg obciążonych ciężkim ruchem (kategorie KR4, KR5 i KR6) powinny być stosowane cementy portlandzkie CEM I 32,5N, CEM I 32,5R, CEM I 42,5N i CEM I 42,5R
 - dla dróg o niższym obciążeniu ruchem (kategorie KR1, KR2, KR 3 np. drogi lokalne) nie wprowadza się ograniczeń co do rodzaju stosowanego cementu (CEM I – CEM IV)
- początkiem wiązania powyżej 120 minut – niezbędnym na wyprodukowanie, transport i ułożenie betonu
- umiarkowanym ciepłem twardnienia, chroniącym świeży beton przed naprężeniami termicznymi i ułatwiającym pielęgnację betonu; dlatego zaleca się stosowanie cementu klasy wytrzymałościowej 32,5 i 42,5; przy dodatkowych wymaganiach dla cementów portlandzkich CEM I (zbieżne z wymaganiami niemieckimi):
 - powierzchnią właściwą $\leq 3500 \text{ cm}^2/\text{g}$ wg Blaine'a (dotyczy cementów portlandzkich CEM I)
 - wytrzymałością na ściskanie po 2 dniach $\leq 29,0 \text{ MPa}$



Fot. 1. Podbudowa pod drogę Ujazd – Zimna Wódka. Widoczne są także linki prowadzące dla układarki betonu Gomaco

fol. Tomasz Puzak

- wodozadržnością $\leq 28\%$, pozwalającą na uzyskanie pożądanej konsystencji betonu przy niskim współczynniku w/c (beton o wysokiej wytrzymałości, trwałości i niskim skurczu).

W budowie drogi Ujazd – Zimna Wódka zastosowano cement portlandzki żuźłowy **CEM II/B-S 42,5N**. W niniejszej publikacji omówiono właściwości betonu nawierzchniowego wykonanego z cementu portlandzkiego żuźłowego CEM II/B-S 42,5N i zabudowanego w wymienionej drodze (długość drogi ok. 5 km; szerokość 4 m, grubość nawierzchni 20 cm). Ten rodzaj cementu był z powodzeniem stosowany wcześniej w budowie obiektów mostowych i drogowych (most Millenium, budowa wiaduktów w ciągu drogi krajowej S1 Bielsko – Cieszyn, wiadukty w ciągu obwodnicy Oleśnicy itp.). Cementy z dodatkiem granulowanego żuźła wielkopieczowego posiadają szereg właściwości odmiennych w porównaniu z cementem portlandzkim CEM I. Odmienność cech jakościowych dotyczy przede wszystkim takich właściwości jak: urabialność mieszanki betonowej, ciepło hydratacji i szybkość przyrostu wytrzymałości w okresie początkowym i okresach późniejszych, odporność na działanie czynników korozyjnych [5].

Składniki betonu i jego parametry jakościowe

Beton stosowany w budownictwie drogowym powinien spełniać wymagania dla klasy ekspozycji XF4 według PN-EN 206-1 [6] (agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania na beton przy silnym nasyceniu wodą ze środkami odfaladzającymi lub wodą morską). Są one następujące:

- minimalna klasa wytrzymałości betonu na ściskanie C 30/37
- maksymalny współczynnik w/c=0,45
- minimalna zawartość cementu – 340 kg w m³ betonu
- minimalna zawartość powietrza w m³ betonu – 4,0%
- kruszywo mrozoodporne, spełniające wymagania normy PN-EN 12620 [7].

W projekcie technicznym omawianej drogi przyjęto następujące parametry jakościowe dla betonu:

Tabela 1. Właściwości fizyczne i mechaniczne cementu CEM II/B-S 42,5N

Właściwość	Wynik badania laboratorium zakładowego
Powierzchnia właściwa, cm ² /g	4160
Właściwa ilość wody, %	30,1
Zmiany objętości wg Le Chateliera, mm	0,4
Początek czasu wiązania, minuty	197
Wytrzymałość na ściskanie po 2 dniach, MPa	22,7
Wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach, MPa	37,6
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, MPa	54,1

Tabela 2.
Skład mieszanki betonowej (kruszywo w stanie suchym)

Składnik	Ilość, kg /m ³
CEM II/B-S 42,5N	365
Piasek 0/2	603
Grys bazaltowy 2/8	587
Grys bazaltowy 8/16	749
Woda	153
Plastyfikator	2,19
Środek napowietrzający	0,73

– klasa betonu (wg PN-EN 206-1) – C30/37
 – klasa konsystencji (wg PN-EN 206-1) – S1
 – nasiąkliwość (wg PN-88/B-06250 [8]) – ≤5%
 – wodoszczelność (wg PN-88/B-06250) – W8
 – mrozoodporność (wg PN-88/B-06250) – F150.
 Właściwości zastosowanego cementu portlandzkiego żuźlowego CEM II/B-S 42,5N przedstawiono w tabeli 1.

Do przygotowania mieszanki kruszywowej zastosowano piasek i grys bazaltowy. Skład ziarnowy stosowanej mieszanki kruszyw przedstawiono na rys. 1. Natomiast w tabeli 2 podano pełny skład mieszanki betonowej stosowanej w budowie omawianej drogi lokalnej.

Parametry zabudowanego betonu pokazano w tabeli 3.

Technologia wykonania drogi

Podbudowę pod nawierzchnię drogi stanowiła istniejąca, utwardzona droga żwirowa, która została dodatkowo zagęszczona przed wbudowaniem mieszanki betonowej (fot. 1).

Mieszanka betonowa produkowana była w nowoczesnej wytwórni betonu towarowego i transportowana betonmieszarkami do miejsca zabudowy na odległość ok. 5 km. Przed wbudowaniem mieszanki betonowej określano jej konsystencję oraz zawartość powietrza. Średnie wyniki prowadzonych oznaczeń przedstawiono w tabeli 3.

Technologia wykonania nawierzchni betonowej była zupełnie inna niż w przypadku wielu wcześniejszych realizacji. Większość lokalnych dróg betonowych w kraju była wykonywana głównie z zastosowaniem prostego zestawu obejmującego listwę wibracyjną, zacieraczkę oraz „narzędzia” do fakturowania powierzchni betonu. W przypadku omawianej drogi lokalnej beton był układany przy pomocy rozścielacza do betonu amerykańskiej firmy Gomaco (fot. 2).

Fot. 2. Układarka mieszanki betonowej „Gomaco”

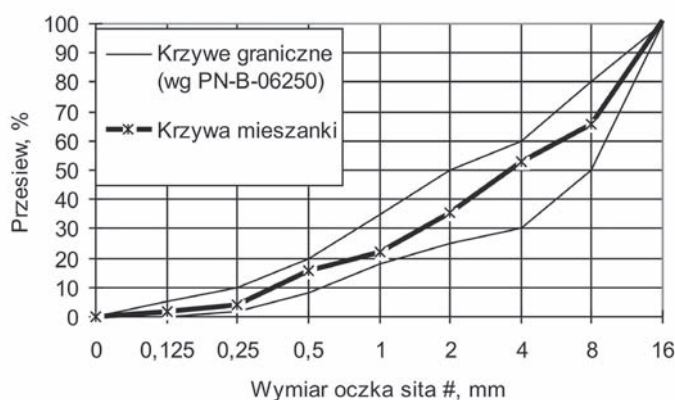


fot. Tomasz Prusak

Właściwość	Jednostka	Uzyskany wynik badań
Gęstość betonu	kg/dm ³	2,5
Zawartość powietrza	%	4,3
Konsystencja mierzona opadem stożka	cm	2,0 ÷ 3,5 (S1)
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, (f _{ck} , cube)	MPa	61,0
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu po 28 dniach	MPa	5,6
Nasiąkliwość	%	3,2
Głębokość penetracji wody	cm	0,6
Mrozoodporność (F150)		9,6 ÷ 15,4
• spadek wytrzymałości, %		0,2
• ubytek masy, %		

Mieszanka betonowa po wyładowaniu z betonmieszarki podawana była przez pracowników pod ślimak rozścielacza, który przesuwając mieszankę pod płytę wibracyjną. Równomiernie na całej szerokości ułożona została właściwie zagęszczona

Tabela 3. Średnie parametry betonu z drogi lokalnej Ujazd – Zimna Wódka



warstwa betonu o grubości 20 cm (fot. 3). Następną czynnością było ukształtowanie szorstkości powierzchni betonu poprzez przeciągnięcie metalowej płyty prostopadle do osi drogi. Prędkość betonowania wynosiła ok. 0,8 m drogi/min przy maksymalnym posuwie maszyny ok. 1,6 m/min. Zastosowanie rozścielacza Gomaco pozwoliło na zwiększenie tempa robót oraz bardzo dokładne zawibrowanie mieszanki betonowej. Zastosowanie profesjonalnego rozścielacza nie wymagało wykonywania szalunków dla realizowanej drogi. Powtarzalność parametrów reologicznych świeżej

Rys. 1. Krzywa uziarnienia mieszanki kruszywowej

Fot. 3. Układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej



fot. Tomasz Prusak



Fot. 4. Droga charakteryzuje się ostrością krawędzi oraz właściwą szorstkością powierzchni

mieszanki betonowej pozwalała na utrzymanie ostrych, wyrazistych krawędzi na całej długości drogi (fot. 4).

Świeżo ułożona nawierzchnia betonowa była pielęgnowana poprzez spryskanie jej powierzchni środkiem do pielęgnacji betonu (NB), a w przypadku betonowania w warunkach obniżonych temperatur dodatkowo przykrywano nawierzchnię folią chroniącą beton przed utratą ciepła.

Po upływie ok. 24 godzin od momentu zabudowania mieszanki betonowej nacinano szczeliny skurczowe – co 5 m na głębokość 1/3 grubości płyty. Ukształtowaną nawierzchnię drogi przedstawiono na fot. 5.

Fot. 5. Betonowa droga Ujazd – Zimna Wódka



Zabudowany beton w drodze Ujazd – Zimna Wódka po stwardnieniu charakteryzował się zadowalającymi właściwościami, które przedstawiono w tabeli 3.

Należy sądzić, że trud włożony we właściwe wykonanie omawianej drogi lokalnej zaowocuje jej długą żywotnością bez ponoszenia znaczących środków na jej naprawę i konserwację, co jak wiadomo jest istotnym elementem konkurencyjności w stosunku do rozwiązań z użyciem asfaltu.

dr inż. Zbigniew Giergiczny
mgr inż. Tomasz Pużak
mgr inż. Marcin Sokołowski
Górażdże Cement SA

Literatura

- 1 Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2001
- 2 A. Szydło, Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego, Polski Cement, Kraków 2004
- 3 „Ogólne specyfikacje techniczne. D-05.03.04. Nawierzchnia betonowa”, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2003
- 4 PN-EN 197-1:2002 „Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku”.
- 5 Z. Giergiczny, J. Małolepszy, J. Szwabowski, J. Śliwiński, Cementy z dodatkami mineralnymi w technologii betonów nowej generacji
- 6 PN-EN 206-1:2003 „Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”
- 7 PN-EN 12620:2004 „Kruszywa do betonu”
- 8 PN-B-06250:1988 „Beton zwykły”