



Rozścielacz do układania nawierzni betonowej

fot. Archiwum

Beton na S8: węzeł Walichnowy – węzeł Łódź

1. Krótka charakterystyka projektu

Przedmiotem inwestycji jest budowa drogi ekspresowej S8 na odcinku: węzeł WALICHNOWY – węzeł ŁÓDŹ (A1).

Budowany fragment drogi ekspresowej S8 wraz z częściowo budowanym odcinkiem autostrady A1 w obrębie skrzyżowania obu tras położony jest na terenie województwa łódzkiego. Jest to budowa nowego odcinka drogi ekspresowej S8 oraz nowego odcinka autostrady A1 wraz z zapewnieniem połączeń istniejących poprzecznych drogowych ciągów komunikacyjnych przeciętych trasą drogi ekspresowej i autostrady.

Tablica 1. Kluczowe wymagania dla składników betonu nawierzchniowego, wg [1]

Cement – CEM I 42,5N – HSR/NA		
Kruszywo drobne – piasek 0/2 mm		
Właściwości	Wymagania	Badanie, wg
Skład ziarnowy	GF 85	PN-EN 933-1
Zawartość pyłu	f 3	PN-EN 933-1
Reaktywność alkaliczna	Stopień 0	PN-92/B-06714
Kruszywo grube – uzyskiwane wyłącznie ze skały litej		
Właściwości	Wymagania	Badanie, wg
Skład ziarnowy	GC 85/20 dolna warstwa GC 90/15 górna warstwa (kruszywo D _{max} = 8mm)	PN-EN 933-1
Zawartość pyłu	f 1,5	PN-EN 933-1
Odporność kruszywa na polerowanie	PSV 53 górna warstwa	PN-EN 1097-8
Odporność kruszywa na rozdrabnianie, kategoria nie wyższa niż	LA 25	PN-EN 1097-2
Reaktywność alkaliczna	Stopień 0	PN-92/B-06714
Nasiąkliwość, kategoria	WA24 1	PN-EN 1097-6
Woda, wg PN-EN 1008		
Domieszki chemiczne, wg PN-EN 934		

2. Opis wymagań technicznych STWiORB

Nawierzchnia budowanej drogi zaprojektowana została jako konstrukcja dyblowana z betonu cementowego klasy C 35/45 o łącznej grubości 28 cm dla drogi S8 oraz 29 cm dla autostrady A1, układanych w dwóch warstwach, odpowiednio 23 cm + 5 cm oraz 24 cm + 5 cm. Przy czym warstwy dolne zbrojone są za pomocą dybli i kotew, natomiast warstwa górna wykonana jest jako niezbrojona z fakturą odkrytego kruszywa. Obie warstwy nawierzchni układane są w jednym cyklu technologicznym, to znaczy mokre na mokre.

Specyfikacja techniczna zdefiniowała wymagania odnośnie betonu wg normy PN-EN 206-1, stawiając jednak bardzo szczegółowe wymagania co do rodzaju i jakości poszczególnych składników.

Podstawowe wymagania odnośnie składników betonu nawierzchniowego podano w tablicy 1.

Tak sformułowane wymagania ograniczyły dostawców cementu do zaledwie czterech producentów w kraju. Jeżeli chodzi o kruszywo grube, ze względu na bardzo rygorystyczny parametr Los Angeles, zamawiający wykluczył możliwość stosowania grysów granitowych, które są przecież tak powszechnie używane w lotniskowych nawierzchniach z betonu cementowego. Największy kłopot sprawiło jednak znalezienie surowca skalnego do wykonania górnej warstwy z odkrytym kruszywem, które musiało jednocześnie spełnić wymagania dla LA 25 i PSV 53. Jak się okazało, w Polsce jest zaledwie kilku producentów oferujących taki materiał. Wbudowany beton musi odpowiadać klasie C 35/45 wg PN-EN 206-1 oraz klasie ekspozycji

XF4. Zamawiający narzucił także minimalną ilość cementu w mieszankach betonowych: 360 kg/m³ dla warstwy dolnej oraz 430 kg/m³ dla warstwy górnej, przy maksymalnym w/c = 0,45. Podstawowe wymagania dla betonu nawierzchniowego zawiera tabela 2.

3. Projektowanie receptur laboratoryjnych dla betonów nawierzchniowych

Po przeanalizowaniu wymagań odnośnie właściwości betonu kluczowe okazało się skupienie na kilku parametrach granicznych, które determinowały skład mieszanki betonowej, mianowicie: wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu, odporność na wnikanie benzyny i olejów oraz prawidłowe napowietzenie mieszanki, gwarantujące osiągnięcie wymaganego wskaźnika rozmieszczenia porów. Dodatkowym parametrem, uwzględnionym na etapie projektowania, była urabialność mieszanki betonowej odnoszona do możliwości rozkładania jej przez zestaw rozścielaczy betonu oraz zdolność do zachowania stabilności krawędzi świeżo ułożonej nawierzchni po wyjściu z prowadnic ślizgu. Wielowymiarowa współpraca z kolegami ze Skanska Czechy, bazująca na ich ogromnym doświadczeniu z realizacji wielu nawierzchni betonowych i lotniskowych, a także analiza doświadczeń niemieckich i austriackich odnośnie stosowania technologii „waschbeton” [10,12], doprowadziła do zaprojektowania kilku receptur bazowych. Już pierwsze wyniki badań ujawniły duży problem z osiągnięciem zakładanej wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu, na poziomie klasy S 4,0. Spełnienie wymagań specyfikacji technicznej oraz norm odniesienia dla próbek walcowych [7], przy uwzględnieniu wartości kwalifikujących: wytrzymałość średnia $\geq 4,5$ MPa, okazało się niemożliwe. Nieco lepiej prezentowały się wyniki otrzymane na próbkach sześciennych o boku 150 mm.

Kolejne modyfikacje składu ziarnowego oraz rodzaju zastosowanych cementów i kruszyw doprowadziły do osiągnięcia stabilnych pojedynczych wyników powyżej 4,0 MPa. Nie pozwoliły jednak na powtarzalne przekroczenie uzyskiwanej wartości średniej powyżej 4,5 MPa. Osiągnięcie wyspecyfikowanych parametrów betonu możliwe było dopiero po wprowadzeniu do składu mieszanek betonowych sporej ilości stałych włókien. Jednakże, zarówno reologia mieszanki betonowej jak również określone wymagania odnośnie makrotekstury dyskwalifikują stosowanie włókien rozproszonych przy tego typu realizacjach. Dlatego też, po wielu spotkaniach z przedstawicielami GDDKiA udało się osiągnąć kompromis i obniżyć ten parametr do wartości średniej na poziomie 3,3 MPa. Analiza otrzymanych wyników badań wytrzymałości na rozłupywanie oraz wytrzymałości na rozciąganie wskazuje także, że w przypadku badanych betonów nie występuje wyraźna korelacja pomiędzy tymi parametrami. Bardzo wysoka wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu nie przekłada się na wzrost wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu [11]. Wybrane parametry stwardniałego betonu dla próbek pobranych na placu budowy (przy rozścielaczu) przedstawia tabela 3.

4. Sprzęt do produkcji betonu

Zgodnie z zapisami specyfikacji technicznej [1], do produkcji betonu nawierzchniowego powinien

Tablica 2. Wybrane wymagania dla betonu nawierzchniowego [1]

Badana cecha	Wymagania	Procedura badania, wg	Formy
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach	C 35/45	PN-EN 12390-2/3	a=150 mm
Wytrzymałość na zginanie po 28 dniach	F 5,5	PN-EN 12390-5	150x150x600 mm
Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu po 28 dniach	S 4,0	PN-EN 12390-6	Walec d=150 mm; h=300 mm
Mrozoodporność	FT 2	Pr-EN 12390-9	
Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie, [mm]	$\leq 0,200$	PN-EN 480-11	Na powierzchni przekroju podłużnego
Zawartość mikroporów (A300)	$\geq 1,5\%$	PN-EN 480-11	Na powierzchni przekroju podłużnego
Odporność na wnikanie benzyny i olejów	≤ 30 mm	PN-EN 13877-2	

Tablica 3. Wybrane średnie parametry stwardniałego betonu [11]

Właściwość	Wymagania	Wynik laboratorium wykonawcy
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach	C 35/45	59 MPa górna warstwa 63 MPa dolna warstwa
Wytrzymałość na rozłupywanie po 28 dniach, walec normowy	S 4,0/ 3,3 MPa	4,0 MPa górna warstwa 4,1 MPa dolna warstwa
Wytrzymałość na rozciąganie po 28 dniach	F 5,5	7,8 MPa górna warstwa 8,1 MPa dolna warstwa
Odporność na wnikanie benzyny i oleju	≤ 30 mm	28 mm górna warstwa 29 mm dolna warstwa
Mrozoodporność	FT 2	Ubytek masy $\leq 1,0$ kg/m ²

być stosowany sprzęt o minimalnej wydajności 240 m³/h przy produkcji warstwy dolnej oraz 100 m³/h przy produkcji warstwy górnej. W tym celu wykonawca zmobilizował w obrębie placu budowy dwie nowoczesne, sterowane komputerowo, w pełni zautomatyzowane i mobilne wytwórnie betonu. Ze względu na założony harmonogram prac, uwzględniający realizację nawierzchni przy pomocy tylko jednego rozścielacza, wystarczająca okazała się łączna wydajność produkcji betonu na poziomie około 120 m³/h. Drzemiące w tych maszynach rezerwy mocy przerobowych pozwoliły wykonawcy na produkcję pozostałych asortymentów mieszanek betonowych, wykorzystywanych przy realizacji tej inwestycji, a mianowicie: specjalistycznych betonów mostowych, betonów towarowych, podbudów z chudego betonu oraz stabilizacji cementowych.

5. Technologia układania nawierzchni z betonu cementowego

Nawierzchnia z betonu cementowego klasy C 35/45 układana jest na warstwie podbudowy z chudego betonu o wytrzymałości od 6 do 9 MPa, wg [9]. Przed rozpoczęciem układania mieszanki betonowej chudy beton przykrywa się warstwą geowłókniny, która następnie zostaje gwoździowana do podłoża. Do układania na-



wierzchni wykorzystuje się 3-modułowe rozkładarki typu Wirtgen SP 1500 oraz Bid-Well 5000, poruszające się po wcześniej wytyczonych linkach prowadzących. Beton przeznaczony na warstwę dolną dowożony jest samochodami samowyładowczymi i rozkładany przed pierwszym modułem układarki. Następnie rozprowadzany jest pracującym poprzecznie dystrybutorem. Grubość dolnej warstwy wyznacza przednia ściana maszyny, za którą umieszczone są wibratory. Zawibrowany beton dolnej warstwy zostaje wciskany pod dno wanny formującej, za którą znajduje się mechaniczne urządzenie do wkładania stalowych dybli oraz kotew. Mieszanka betonowa przeznaczona na warstwę górną podawana jest przy pomocy koparki do dozatora przenośnika taśmowego, który jest częścią pierwszego modułu. Następnie mieszanka betonowa transportowana jest nad ramą układarki i rozkładana na już zagęszczoną warstwę dolną. Drugi moduł maszyny, podobnie jak w przypadku warstwy dolnej, rozściela mieszankę ruchomym dystrybutorem, a następnie zagęszcza przy pomocy wibratorów. Ostateczne profilowanie nawierzchni odbywa się za pomocą wanny drugiego modułu. Gładzenie świeżo ułożonej nawierzchni wykonywane jest przez ciężką listwę wyrównującą oraz poprzecznie poruszające się urządzenie zacierające. Trzeci moduł układarki służy do spryskiwania powierzchni betonu specjalnym preparatem, który ma za zadanie opóźnienie reakcji wiązania cementu oraz ochronę ułożonej nawierzchni przed nadmiernym odparowaniem wilgoci. W zależności od panujących warunków atmosferycznych oraz właściwości zastosowanego cementu po precyzyjnie określonym czasie przystępuje się do szcztokowania nawierzchni. Szcztokowanie ma na celu odstonięcie i wyeksponowanie kruszywa oraz uzyskanie żądanej makrotekstury nawierzchni [8]. Staranność i doświadczenie operatora przy wykonywaniu tej czynności ma kluczowy wpływ na końcową jakość robót. Po wyszcztokowaniu całą powierzchnię pokrywa się odpowiednim preparatem parafinowym w celu zapewnienia dalszej pielęgnacji betonu. Ostatnią czynnością jest nacinanie oraz formowanie szczelin podłużnych i poprzecznych połączone z ich wypełnieniem zgodnie z przyjętą technologią.

6. Podsumowanie

Doświadczenia krajowe zebrane podczas realizacji nawierzchni drogowych z betonu cementowego wskazują, iż technologia betonu z eksponowanym kruszywem jest dopełnieniem wcześniej stosowa-

nych metod tradycyjnych. Czy nawierzchnie tego typu okażą się trwalsze i tańsze w utrzymaniu, okaże się już w niedalekiej przyszłości. Z punktu widzenia rozwoju i upowszechniania technologii betonowych w budownictwie drogowym, należy położyć szczególny nacisk na wypracowanie sensownych i naprawdę głęboko przemyślanych wytycznych odnośnie wymagań dla składników i samych betonów nawierzchniowych. Wytycznych dostosowanych do warunków krajowych i w odniesieniu do zasobów, jakimi dysponujemy. Obecnie funkcjonujące specyfikacje techniczne wydają się być idącą na skróty syntezą możliwie najostrożniejszych wymagań odnośnie poszczególnych składników betonu. A przecież wykorzystanie najdroższych z dostępnych surowców wsadowych nie gwarantuje wcale, że wyprodukowany z nich beton będzie ekstremalnie wspaniały. Na pewno będzie ekstremalnie drogi, co przełoży się na koszty wykonania tych dróg.

**Paweł Baran
Skanska SA**

Literatura:

- 1 STWiORB – Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych D.05.03.04., Mosty Katowice Sp. z o.o.
- 2 Projekt Wykonawczy, 01 Część drogowa, Mosty Katowice Sp. z o.o.
- 3 PN-EN 206-1 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 4 PN-EN 13877-1: 2007 Nawierzchnie betonowe. Część 1: Materiały
- 5 PN-EN 13877-2: 2007 Nawierzchnie betonowe. Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych
- 6 PN-EN 12390-5: 2011 Badania betonu. Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badań
- 7 PN-EN 12390-6:2001 Badania betonu. Część 6: wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania
- 8 PN-EN 13036-1: 2010 Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową
- 9 PN-S-96013 Podbudowa z chudego betonu
- 10 A. Szydło, Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja, Polski Cement 2004
- 11 Materiały kontraktowe, Skanska SA
- 12 Materiały kontraktowe, Skanska a.s. (Czechy)
- 13 www.s8-droga.pl

Określenie makrotekstury, wg [8]

