

Na przykładzie drogi zbudowanej w IV kwartale 2000 r. w Słubicko-Kostrzyńskiej Specjalnej Strefie Ekonomicznej przedstawiamy technologię wykonywania nawierzchni betonowych przy użyciu listwy wibracyjnej, jako alternatywę dla sposobu mechanicznego z zastosowaniem specjalnego zestawu maszyn drogowych.

Założenia projektowe, jak i parametry betonu w ułożonej nawierzchni kwalifikują drogę do kategorii ruchu KR5 – co oznacza ruch ciężki. Badania mieszanki betonowej i betonu wykonano na próbkach pobieranych w czasie układania nawierzchni, jak i na próbkach wyciętych z nawierzchni już wykonanej. Na uwagę zasługuje użycie do betonu cementu CEM II/A-S 32,5 R jako kolejny przykład możliwości stosowania cementów z dodatkiem żużla. W celu wydania pełnej oceny zastosowanej technologii i wykonanego betonu nawierzchnia betonowa będzie poddana obserwacjom i badaniom po okresach zimowych.

Nawierzchnie betonowe mogą być wykonywane przy pomocy specjalnego zestawu maszyn, ale również dopuszczona jest metoda ręczna przy użyciu listwy wibracyjnej, która jest tańsza. Okazało się jednak, że ręczna metoda wykonywania nawierzchni znalazła również zastosowanie przy budowie drogi projektowanej na kategorię ruchu KR5, a więc ruch ciężki. Realizacji inwestycji podjęło się Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowo-Uslugowe Budownictwa Ogólnego „INWEST-BUD” z Torzymia.

### Założenia projektowe

Przed przystąpieniem do budowy została wykonana dokumentacja zamienna

Tab. 1. Skład 1 m<sup>3</sup> betonu

Składnik mieszanki	ilość w 1 m <sup>3</sup>	jednostka
Cement CEM II/A-S 32,5 R	430	kg
Piasek	695	kg
Żwir 2/8	520	kg
Grys granitowy 4/16	520	kg
Woda	190	dm <sup>3</sup>
Domieszka upłynniająco-napowietrzająca Betostat 0,35% c.c.	1,51	kg
Domieszka upłynniająca Skorbet 1,2% c.c. dozowana na budowie	5,16	kg
Stosunek w/c	0,44	-

# Drogi wykonane metodą ręcznego wbudowania mieszanki betonowej



fol. Archiwum

W ciągu trzech miesięcy wykonano 1500-metrowy odcinek, łącznie z dwoma skrzyżowaniami

w miejsce projektu drogi o nawierzchni bitumicznej, wydłużono okres gwarancyjny z 5 do 10 lat z równoczesnym obniżeniem kosztów.

Konstrukcję nawierzchni betonowej zaprojektowano dla kategorii ruchu KR5, przyjmując płytę betonową grubości 22 cm, ułożoną na podbudowie z chudego betonu B7,5 grubości 20 cm i 12-centymetrowej warstwie odcinającej z piasku. Dla jezdni szerokości 7 m zaprojektowano krawężnik betonowy o wymiarach 30 x 15 cm, ustawiony na podsypce cementowo-piaskowej grubości 5 cm i ławie fundamentowej z betonu klasy B10. W przypadku wystąpienia innego gruntu niż G1 przewidziano wykonanie warstwy wzmacniającej z gruntu stabilizowanego cementem o Rm 2,5 MPa i grubości warstwy 15 cm.

Nawierzchnię zaprojektowano z betonu cementowego napowietrzonego, o stopniu mrozoodporności F150 i nasiąkliwości ≤ 4,5%.

Mieszanka betonowa dostarczona miała być na budowę „gruszkami”, rozkładana i zagęszczana przy pomocy listwy wibracyjnej, a następnie pielęgnowana. Opracowano projekt cięcia szczelin skurczowych co 3,5 m na 1/3 grubości nawierzchni oraz szczelin rozszerzania co 10,5 m na pełną grubość płyty. Szczeliny oraz styki przy krawężnikach zalecono wypełnić kitem kauczukowym KET-ST/B.

### Projekt mieszanki betonowej

Mieszankę betonową zaprojektowano na bazie cementu portlandzkiego żużlowego CEM II/A-S 32,5 R „Strzelce Opolskie”, kruszzyw naturalnych do 8 mm i łamanych do 16 mm. Założono konsystencję półciekłą przy wbudowaniu i zawartość powietrza w granicach 4,5 ÷ 5,5%.

Skład 1 m<sup>3</sup> betonu przedstawia tabela nr 1. Przewidziano dozowanie domieszek do mieszanki betonowej w dwóch etapach: domieszke uplastyczniająco-napowietrzającą Betostat na węzle betoniariskim, natomiast domieszke upłynniającą Skorbet na budowie bezpośrednio do gruszki, w ilości niezbędnej do uzyskania konsystencji półciekłej w granicach 7 ÷ 10 cm opadu stożka.

### Wykonanie nawierzchni betonowej

Budowę drogi rozpoczęto we wrześniu 2000 r. W ciągu trzech miesięcy wykonano 1500-metrowy odcinek łącznie z dwoma skrzyżowaniami. Mieszankę betonową układano w szalunku o wymiarach 10,5 x 3,5 m, wypełniając co drugie pole i zagęszczano przy pomocy listwy wibracyjnej.

### Wyniki badań

Podczas układania nawierzchni sprawdzano cechy mieszanki betonowej w zakresie konsystencji i zawartości powietrza oraz pobierano próbki do badań wytrzymałości na ściskanie, nasiąkliwości, wodoprzepuszczalności i odporności na działanie mrozu. Belki do badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu będą wycięte z nawierzchni po okresie

Tab. 2. Wyniki badań mieszanki betonowej i betonu uzyskane na próbkach pobieranych w czasie układania nawierzchni w październiku

Data pobrania próbki	Konsystencja średnia (cm)	Zawartość powietrza średnia (%)	Wytrzymałość na ściskanie średnia (MPa)	Klasa betonu
09.10.2000	10,0	3,6	41,5	B35
11.10.2000	9,0	3,8	50,6	B40
13.10.2000	9,0	4,2	51,6	B35
20.10.2000	9,0	4,4	42,1	B35
24.10.2000	9,0	3,6	48,3	B40
25.10.2000	9,0	3,7	47,0	B40
30.10.2000	10,0	3,6	46,1	B35



Tab. 3. Wyniki badań mieszanki betonowej i betonu uzyskane na próbkach pobieranych w czasie układania nawierzchni w październiku

Data pobrania próbki	Klasa betonu	Rodzaj badania		
		Nasiąkliwość wagowa średnia [%]	Stopień wodoszczelności	Stopień mrozoodporności
09.10.2000	B35	3,9	W 8	F 150
11.10.2000	B40	3,9		
13.10.2000	B35	3,6		
20.10.2000	B35	3,9		
24.10.2000	B40	3,9		
25.10.2000	B40	3,9		
30.10.2000	B35	3,9	oznaczony dla partii betonu 09.10+30.10.00	oznaczony dla partii betonu 09.10+30.10.00

zimowym. Wyniki badań mieszanki betonowej i betonu uzyskane na próbkach pobieranych w czasie układania nawierzchni w październiku przedstawiają tabele numer 2 i 3.

Poza badaniami betonu przeprowadzonymi na próbkach pobranych w czasie układania nawierzchni, wykonano również badania na próbkach odwierconych po 28 dniach z nawierzchni już ułożonej. Badania wykonano w zakresie oceny makroskopowej betonu w przekrojach, wytrzymałości na ściskanie i nasiąkliwości. Sprawdzeniu podlegała grubość nawierzchni i zagęszczenie betonu. Wyniki

badan wytrzymałości na ściskanie i nasiąkliwości przedstawia tabela nr 4. W wyniku oceny makroskopowej stwierdzono równomierne zagęszczenie betonu w badanych przekrojach. Uzyskane parametry betonu wskazują na wysoką trwałość nawierzchni w okresie eksploatacji i świadczą o prawidłowo przeprowadzonym procesie technologicznym.

### Wnioski

Wyniki badań betonu zarówno na próbkach pobranych w czasie wbudowania mieszanki betonowej, jak i na próbkach wyciętych z nawierzchni potwierdzają spełnienie założonych wymagań, a ponadto są podstawą do pozytywnej oceny zaproponowanej przez wykonawcę technologii ręcznego układania nawierzchni betonowych.

Okazało się, że możliwa jest budowa dróg o nawierzchni betonowej sposobem ręcznym także w przypadku większych obciążeń ruchem. Metoda ta znacznie obniża koszty realizacji budowy dróg, w których poważną pozycję zajmują koszty sprzętu drogowego.

Należy jednak podkreślić, że uzyskanie pozytywnych efektów przedstawionej technologii uwarunkowane jest spełnieniem podstawowych wymagań w zakresie dokumentacji konstrukcji drogi i jej reali-

zacji. Wymagania te dotyczą:

- prawidłowego zaprojektowania i wykonania podbudowy
- opracowania optymalnego składu mieszanki betonowej
- zapewnienia odpowiedniej jakości produkcji, wbudowania i zagęszczenia mieszanki betonowej wraz z nadaniem wymaganej faktury
- właściwej pielęgnacji betonu
- prawidłowego zaprojektowania, wycięcia i wypełnienia szczelin
- stałej kontroli jakości mieszanki betonowej podczas produkcji i wbudowania.

mgr inż. Małgorzata Faleńska

inż. Witold Gajger

IBDiM – Zakład Betonu

mgr inż. Zenon Więcek

Inwest-Bet Torzym

Tab. 4. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie i nasiąkliwości

Nr próbki	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Nasiąkliwość [%]
1	42,9	3,7
2	43,8	3,8
3	44,3	3,7
4	44,3	3,9
5	45,7	3,8

*ciąg dalszy ze strony 31*  
pielęgnacja. Niewłaściwa pielęgnacja, lub jej brak może powodować zbyt szybką utratę wody z betonu, a przy niskiej temperaturze zewnętrznej pojawienie się rys termicznych spowodowanych różnicą temperatur powietrza zewnętrznego i w elemencie.

### Beton prawie samozagęszczalny ASCC – pośredni krok w drodze do eliminacji wibrowania

Omówiona powyżej tradycyjna technologia wytwarzania prefabrykatów żelbetowych okazuje się być mało przydatna w przypadku konieczności produkcji elementów z betonów BWW lub BBWW, gdzie niezbędne jest skuteczne upłynnienie betonów o bardzo niskich stosunkach wodno-cementowych i dużej zawartości materiału wiążącego. Równie duże problemy stwarza uzyskanie właściwego zagęszczenia mieszanki betonowej w konstrukcjach o bardzo dużym zagęszczeniu zbrojenia. Trudności te stały się motorem prób i działań w kierunku uzyskania mieszanki betonowej dobrej jakości, gwarantującej właściwe parametry, nie uzależnionej od jakości zagęszczenia. Pierwsze testy nad takimi mieszankami przeprowadzono ok. roku 1990 w Japonii.

Beton prawie samozagęszczalny (ASCC – Almost Self Compacting Concrete – ang.)

powinien wykazywać bardzo wysoką cieplotę (fot. 2), ale do odpowietrzenia się potrzebuje wzbudzenia i wibracji przez okres zdecydowanie krótszy niż w przypadku tradycyjnych betonów.

Ze względu na mniej skomplikowany proces projektowania oraz łatwiejszą aplikację technologia ASCC jest łatwiejsza do wdrożenia przez firmy rozpoczynające badania nad tego typu nowymi mieszankami. Nieodłącznym składnikiem są tutaj najnowszej generacji superplastyfikatory na bazie polikarboxylateteru (patrz pkt właściwy dobór składników mieszanki betonowej).

Mieszanka betonowa, którą można zakwalifikować jako prawie samozagęszczalną musi posiadać konsystencję ciekłą (opad stożka 16-22 cm) bez skłonności do segregacji lub wydzielania wody. Beton z przeznaczeniem na prefabrykaty musi zapewniać uzyskanie wymaganych parametrów wytrzymałości wczesnej i końcowej, i ewentualnie spełnienie innych wymagań.

Proces projektowania przebiega podobnie jak w przypadku betonów zwykłych. Zaprojektowana mieszanka betonowa może spełnić wszystkie wymagane parametry tylko w przypadku bardzo dokładnego dozowania każdego ze składników. Szczególnie ważna jest kontrola ilości wprowadzonej do mieszanki wody po-

przez bieżące sprawdzanie wilgotności kruszyw. Zakłócenia w planowanej ilości wody mogą zachwiać zaprojektowany stosunek w/c, a co za tym idzie odbić się negatywnie na wczesnej wytrzymałości i zakłócić cały rytm cyklu produkcyjnego. Dozowanie domieszki upłynniającej także musi przebiegać pod ścisłą kontrolą, gdyż przedozowanie może spowodować zmianę planowanej konsystencji, w następstwie segregację mieszanki i wydzielanie wody (bleeding). Jedną z możliwości łagodzenia występowania tych skutków może być stosowanie wypełniaczy mineralnych. Brak kontroli konsystencji mieszanki jest z reguły zauważalny na powierzchni rozformowanego elementu w postaci zacieków, smug, kawern i problemów z uzyskaniem wymaganej wytrzymałości na rozformowanie.

W związku z innym sposobem działania domieszek upłynniających nowej generacji konieczne wydaje się być wydłużenie procesu mieszania.

Zastosowanie technologii ASCC skraca wymagany czas wibracji betonu, a zatem umożliwia skrócenie procesu produkcyjnego, wprowadzając tym samym oszczędności robocizny i pracy sprzętu.

Robert Czołgośz

ADDIMENT Polska Sp. z o.o., Biuro Poznań

Przemysław Grabarczyk

PEKABEX SA Poznań