



fol. Krzysztof Wilk

Beton – materiał, z którym można się dogadać

Most na Wiśle pod Grudziądzem, w ciągu realizowanego właśnie północnego odcinka autostrady A1, będzie najdłuższą tego typu konstrukcją w Polsce. Całkowita długość obiektu, liczona w osiach skrajnych podpór, wyniesie 1954 metry.

Przygotowania do budowy Transeuropejskiej Autostrady Północ – Południe trwają już blisko dwadzieścia lat i są jednym z elementów integracji krajów europejskich.

W wyniku prac studialnych dokonano wyboru przebiegu TAPP przez Polskę, Czechy, Słowację, Węgry, i dalej na południe, do Turcji.

Znaczącym fragmentem tej trasy będzie w Polsce autostrada A1 o łącznej długości około 600 km, przechodząca przez 10 województw; z Gdańska poprzez Grudziądz, Toruń, Włocławek, Łódź, Piotrków

Trybunalski, Częstochowę, Katowice, do granicy państwa z Czechami.

Północny fragment, pod wdzięczną nazwą „Amber One” (czyli „Bursztynowa Jedynka”), realizowany jest obecnie przez spółkę Gdańsk Transport Company. Generalnym wykonawcą tego odcinka jest konsorcjum firm: Skanska SA oraz NDI SA.

1. Założenia projektowe

Na obecnie budowanym odcinku autostrady A1 (Nowe Marzy – Czerniewice) będzie niespełna 70 obiektów inżynierskich, ale żaden z nich nie jest tak duży i tak trudny do zrealizowania, jak most na Wiśle pod Grudziądzem (projektowo zwany obiektem mostowym MA-91). Będzie to najdłuższa tego typu konstrukcja w Polsce. Całkowita długość obiektu, liczona w osiach skrajnych podpór, wyniesie 1954 metry.

Konstrukcja mostu składa się z dwóch niezależnych nitek, czyli praktycznie mówimy o dwóch równoległych mostach. Te z kolei zbudowane są z trzech części, tj. mostu nurtowego nad głównym korytem Wisły oraz dwóch estakad dojazdowych po obu stronach rzeki. Most główny o długości 400 m składa się z trzech przęseł. Główne przęsło nurtowe ma rekordową, jeżeli chodzi o Polskę, w swojej klasie rozpiętość 180 m. Długość dwóch przęseł skrajnych wynosi po 110 m. Ustrój nośny mostu głównego opiera się na dwóch podporach w korycie rzeki i po jednej podporze w każdym z obszarów zalewowych.

Długość północnej estakady najazdowej wynosi około 995 m (21 przęseł), natomiast południowej 563 m (12 przęseł). Ustrój nośny estakad opiera się na betonowych podporach dwusłupowych, o przekroju prostokątnym. Cały most pochłonie niemal 90 000 m³ betonu.



fol. Krzysztof Wilk

2. Wymagania technologiczne, harmonogram prac

Założenia konstrukcyjne mostu zdefiniowały technologię jego wykonania i podział budowy mostu. Most główny jest wykonywany w technologii wspornikowej (betonowania nawisowego), natomiast estakady dojazdowe wykonane zostały metodą nasuwania wzdłużnego, w kierunku od przyczółków do mostu głównego.

Prace podczas realizacji jednego 24-metrowego elementu estakady prowadzone były w dwóch etapach, tak aby każdy tydzień owocował powstaniem jednego kompletnego segmentu. Aby sprostać wymaganiom czasowym, ściśle określonym w harmonogramie, oraz zagwarantować powtarzalność cyklu robót, beton musiał zachowywać się przewidywalnie. Technologia układania mieszanki betonowej oraz tempo postępu prac ściśle uzależnione były od kilku parametrów, głównie warunków atmosferycznych zmieniających się w czasie. Mieszanka betonowa musiała charakteryzować się dużą płynnością w początkowym etapie układania, tak aby swobodnie pokonać drogę ograniczoną przez wewnętrzne deskowanie ścian bocznych elementu i swobodnie wypłynąć przy podstawie.

Po około 2 godzinach kończąca była utrata urabialności pozwalająca na ułożenie w ścianach kolejnych, wyżej zalegających warstw betonu. Powierzchnie poziome płyty dolnej nie były zamknięte deskowaniem, więc parcie grawitacyjne mieszanki betonowej dodatkowo utrudniało zadanie.

Częściowe rozdeskowanie wewnętrznych elementów szalunkowych ścian bocznych skrzynki musiało nastąpić maksymalnie po 10 godzinach od zakończenia betonowania. Zabieg ten był konieczny, aby udostępnić front dla robót związanych z ustawianiem deskowania, zbrojeniem oraz montażem osłon kablowych etapu drugiego, czyli płyty górnej. W tak krótkim czasie beton uzyskiwał minimum 10 MPa. Taka wytrzymałość gwarantowała bezpieczne odjęcie wewnętrznego deskowania z zachowaniem kształtu i wymaganej jakości powierzchni uformowanego już elementu.

Wykonanie kompletnego segmentu obejmowało także wstępne sprężenie konstrukcji, a następnie wysunięcie ze stanowiska wytwórni. Warunkiem uzyskania zgody na przystąpienie do sprężenia było uzyskanie średniej wytrzymałości na poziomie 40 MPa, oznaczonej na próbkach technologicznych przechowywanych wewnątrz elementu. Maksymalny czas przewidziany na uzyskanie takiej wytrzymałości ustalono na 40 godzin od zakończenia betonowania.

Elementy nawisu mostu wykonywano jednoetapowo, z wyjątkiem segmentów startowych oraz segmentów krańcowych. W jeden segment, w zależności od jego wysokości, wbudowywano od 90 m³ do 60 m³ mieszanki betonowej klasy B60. Podobnie jak w przypadku estakady, jeden element nawisu mostu głównego powstawał w ciągu tygodnia. W szczycie sezonu, w pełnym tygodniowym cyklu realizowano po cztery wózki na każdą nitkę mostu oraz łącznie cztery segmenty estakad – po dwa na każdym brzegu Wisły.

Aby sprostać wymaganiom ekip wykonawczych, mieszanka betonowa musiała spełniać kilka parametrów. Konsystencja mieszanki betonowej ze względu na sposób układania musiała podlegać



ściśtemu reżimowi i kontroli. Pożądana konsystencja musiała umożliwić szczelne wypełnienie dość skomplikowanej formy. Szczególną uwagę należało zwracać na wypełnianie mieszanką betonową miejsc, w których przebiegały trasy prowadzenia kabli sprężających oraz miejsca ich zakotwień w konstrukcji.

3. Opracowanie receptury, dobór materiałów w kontekście wymagań specyfikacji

Postawione przed zespołem produkcji mieszanki betonowych wymagania były ściśle określone w specyfikacji technicznej dostarczonej przez zamawiającego. W zapisach tego dokumentu określono precyzyjnie wymagania co do klasy betonu oraz odnośnie surowców, z których powinien być wyprodukowany. Dodatkowym wymogiem było wykonanie wszystkich elementów mostu w technologii surowego betonu licowego.

W efekcie, sprowadziło się to do produkcji betonu wysokiej wytrzymałości o walorach architektonicznych. Projekt przewidywał zastosowanie betonu klasy B60 W8 F150, wg PN-91/S-10042 „Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe żelbetowe i sprężone. Projektowanie”.

Aby zaspokoić oczekiwania zespołów wykonawczych, mieszanka betonowa musiała spełnić ciężkie do pogodzenia warunki brzegowe. Z jednej strony, podobnie jak ma to miejsce w zakładach prefabrykacji, oczekiwany był dynamiczny przyrost wytrzymałości wczesnej na poziomie 1MPa/godziny, przy jednoczesnym zachowaniu poprawnej urabialności w czasie. Z drugiej strony, ze względu

Tabela 1. Skład laboratoryjny na 1 m³ mieszanki betonowej

Lp.	Nazwa składnika	Ilość, [kg]
1.	Piasek 0-2 mm	625
2.	Grys granitowy 2-8 mm & 8-16mm	1240
3.	Cement CEM I 42,5	430
4.	Woda	142
5.	Superplastyfikator PCE *	2,8

* W zależności od panujących warunków atmosferycznych i pory roku, na polecenie głównego technologa betonu, do składu receptury wprowadzano domieszkę opóźniającą początek wiązania cementu w ilości 0,1 – 0,2% m.c., oraz odpowiednio korygowano ilość domieszki typu PCE

Tabela 2. Wybrane parametry mieszanki betonowej

Lp.	Właściwość	Wielkość
1.	Opad stożka Abramsa, mierzony na wytwórni	19 – 22 cm
2.	Opad stożka Abramsa, mierzony po 1 godzinie	16 – 19 cm
3.	Zawartość powietrza w świeżej mieszance	1,7% - 2,1%
4.	Gęstość świeżej mieszanki betonowej	2,42 – 2,44 Mg/m ³

Tabela 3. Średnie roczne wyniki badań betonu klasy B60

Lp.	Właściwość	Wielkość
1.	Wytrzymałość na ściskanie, po 40 godzinach	48 MPa
2.	Wytrzymałość na ściskanie, po 3 dniach	53 MPa
3.	Wytrzymałość na ściskanie, po 7 dniach	64 MPa
4.	Wytrzymałość na ściskanie, po 28 dniach	73 MPa
5.	Wytrzymałość na ściskanie, po 90 dniach	82 MPa
6.	Moduł sprężystości, E	39,2 GPa
7.	Stopień mrozoodporności, F150	spadek wytrzymałości 9,6%
8.	Nasiąkliwość, max. 5%	3,8%
9.	Stopień wodoszczelności, W8	głębokość penetracji 34 mm

na czas transportu, mieszanka musiała utrzymać wysoki stopień konsystencji, aby w efekcie końcowym stracić urabialność po około dwóch godzinach. Tak więc technolodzy betonu musieli zaprojektować coś w rodzaju „betonu na pilota”.

W założeniach projektowych przyjęto cement grupy CEM I, klasy wytrzymałościowej 42,5 oraz wskaźnik w/c na poziomie 0,33. Konieczne okazało się zastosowanie domieszek chemicznych z rodziny PCE. Takie połączenie zagwarantowało zapewnienie odpowiedniej konsystencji oraz przewidywalne w czasie zachowanie mieszanki betonowej.

4. Parametry mieszanki betonowej oraz uzyskane wyniki trwałościowe

W tabeli 2 przedstawiono podstawowe parametry techniczne mieszanki betonowej.

Uzyskane wyniki badań dla betonu klasy B60 zestawiono w tabeli 3.

5. Logistyka dostaw betonu

Tak duże przedsięwzięcie wymagało odpowiedniego przygotowania logistycznego pod kątem dostaw mieszanki betonowej. Ze względu na fakt, że roboty betonowe odbywały się na obu brzegach Wisły

w tym samym czasie, generalny wykonawca musiał zapewnić dostawy betonu mostowego z wydajnością około 50 m³/h na każdej stronie budowanej przeprawy. W tym celu postawiono węzeł mobilny w pasie autostrady po północnej stronie przeprawy, który okresowo wspomagany był przez węzły pomocnicze zlokalizowane w Bydgoszczy.

Po południowej stronie mostu dostawy mieszanki betonowej realizowane były z węzła stacjonarnego w Grudziądzu, dla którego rezerwę stanowił węzeł w miejscowości Chełmno. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że produkcja betonu odbywała się praktycznie bez przerwy, często w systemie po 24 godzin na dobę, i to zarówno przy mrozach w okresie zimowym, jak również w lecie, gdy temperatura powietrza przekraczała +30°C. Wymagało to ciągłego dozoru technicznego urządzeń na wytwórniach betonu oraz odpowiedniego przygotowania zespołów do pracy w systemie zmianowym.

6. Podsumowanie

Stosowanie betonów mostowych wysokich klas stało się normą przy wielu obecnie prowadzonych realizacjach mostowych w kraju. Osiągane efekty estetyczne, licowych powierzchni wykonywanych elementów, stoją często na wysokim, światowym poziomie. Dlatego też GDDKiA coraz chętniej wprowadza zapisy dotyczące wykonywania obiektów inżynierskich w fakturze surowego betonu. Takie rozwiązanie wydaje się mieć na dzień dzisiejszy same zalety. Poprzez zaostrzone wymagania co do jakości betonu zmusza się wykonawców do przestrzegania wysokich standardów technologicznych przy produkcji mieszanki, jej dostawie, wbudowaniu i pielęgnacji wykonanego elementu. W ten sposób zamykający ogranicza do minimum ryzyko zakupu kiepskiej jakości produktu finalnego, w którym wszelkie wady materiału zostają ukrywane pod warstwami zapraw naprawczych i powłok malarskich. Przyjęcie nowych norm, Eurokodów: PN-EN 1992-1 oraz PN-EN 1992-2 spowoduje systematyczne wprowadzanie betonów mostowych klasy C70/85. Pierwsze oznaki coraz odważniejszego stosowania betonów klas wyższych niż B60 już obserwujemy (np. budowa mostu przez Wisłę koło Kwidzyna).

Paweł Baran, menadżer zespołu, SKANSKA SA
Krzysztof Wilk, główny technolog betonu, SKANSKA SA

Literatura

- 1 PN-88/B-06250 Beton zwykły
- 2 PN-91/S-10042 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe żelbetowe i sprężone. Projektowanie
- 3 PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- 4 PN-EN 1992-2 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 2: Mosty z betonu. Obliczanie i reguły konstrukcyjne
- 5 Specyfikacja Techniczna M-13.01.00. Beton konstrukcyjny. Transprojekt Gdański. Autostrada Płatna A1, Nowe Marzy – Czerniewice
- 6 Specyfikacja Techniczna M-13.01.00. Beton konstrukcyjny. Transprojekt Gdański. Budowa mostu przez rzekę Wisłę koło Kwidzyna wraz z dojazdami w ciągu drogi krajowej nr 90
- 7 Materiały kontraktowe SKANSKA-DNI JV
- 8 www.autostradaa1.pl



fab. Krzysztof Wilk