

Most podwieszony w ciągu Autostradowej Obwodnicy Wrocławia

Jan Biliszczuk¹, Jerzy Onysyk², Wojciech Barcik³, Przemysław Prabucki, Mariusz Sułkowski, Jacek Szczepański, Marcin Tomiczek, Artur Tukendorf, Kamil Tukendorf

1. Autostradowa Obwodnica Wrocławia

Autostradowa Obwodnica Wrocławia (AOW) jest ważnym elementem planowanego układu komunikacyjnego aglomeracji wrocławskiej, gdyż wraz z budowaną obecnie drogą wojewódzką Bielany – Łany – Długołęka stanowić będzie zewnętrzną trasę tranzytową dla ruchu samochodowego.

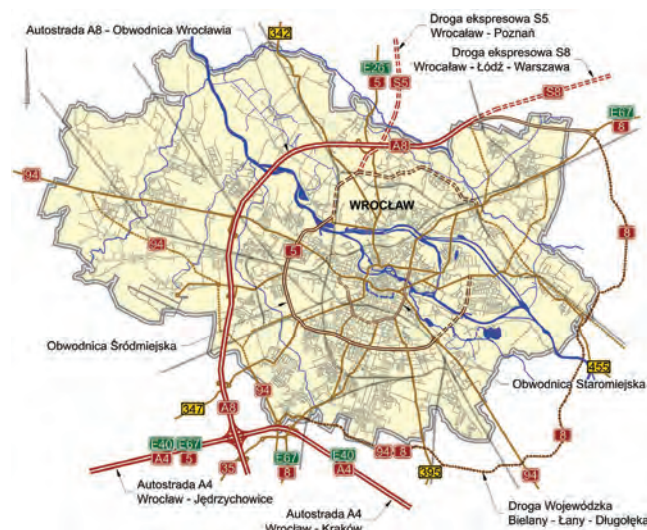
Od strony zachodnio-północnej AOW została poprowadzona wzdłuż granicy zwartej zabudowy, od węzła Nowa Wieś (połączenie z autostradą A4) prowadzi do punktu, z którego w przyszłości będzie rozpoczynać się droga ekspresowa S8.

Przebiega przez tereny mocno zurbanizowane i przekracza Odrę w miejscu stopnia wodnego Rędzin, a dalej przecina pola irygacyjne, gdzie dawniej rozprowadzano ścieki komunalne (ryc. 1).

AOW ma 26,765 km długości i jest uzupełniona o dwa łączniki: Kobierzyce i Długołęka (tab. 1), pozwalające na włączenie jej do istniejącego układu dróg krajowych. Na przeważającej długości została zaprojektowana jako autostrada o trzech pasach ruchu i pasie awaryjnym w każdej jezdni.

Tab. 1. AOW – długość poszczególnych odcinków planowanej inwestycji

Lp.	Odcinek	Długość [km]
1.	Łącznik Kobierzyce	2,394
2.	AOW – A8	26,765
3.	Łącznik Długołęka	6,235



Ryc. 1. Planowany drogowy układ komunikacyjny Wrocławia

¹ Prof. dr hab. inż., Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Zespół Badawczo-Projektowy MOSTY-WROCLAW s.c.

² Dr inż., Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Zespół Badawczo-Projektowy MOSTY-WROCLAW s.c.

³ Ten i pozostali autorzy: Zespół Badawczo-Projektowy MOSTY-WROCLAW s.c.

2. Obiekty mostowe

Na całym przebiegu AOW wraz z łącznikami zaplanowano 39 obiektów mostowych (tab. 2).

Tab. 2. Obiekty mostowe na AOW

Lp.	Typ obiektu	Liczba
1.	Wiadukty drogowe nad AOW	7
2.	Estakady i wiadukty autostradowe	20
3.	Mosty autostradowe	9
4.	Przejścia dla zwierząt	1
5.	Wiadukty w ciągu łącznic	2

Tab. 3. Duże obiekty mostowe w ciągu AOW

Lp.	Nazwa obiektu	Długość całkowita [m]	Stosowany materiał
1.	Wiadukt (WA 17) nad ul. Żernicką	300	beton sprężony
2.	Wiadukt (WA 19) nad ul. Kosmonautów	750	beton sprężony
3.	Wiadukt (WA 20) nad ulicami Królewicką, Rolną i Maślicką	350	beton sprężony
4.	Most (MA 21) nad Odrą w stopniu wodnym Rędzin	1742	beton sprężony
5.	Wiadukt (WA 22A) nad polami irygacyjnymi, linią PKP i ul. Pełczyńską	1595	beton sprężony

O złożoności przedsięwzięcia świadczy fakt, że sumaryczna długość wszystkich obiektów usytuowanych w ciągu AOW przekracza 6 km, co stanowi ponad 22% przebiegu trasy. W tabelicy 3 zestawiono mostowe obiekty autostradowe o długości powyżej 300 m – jest ich aż pięć, przy czym dwa osiągają długość powyżej 1500 m. Tak więc projektowanie i budowa AOW jest przedsięwzięciem skomplikowanym, o najwyższym stopniu trudności.

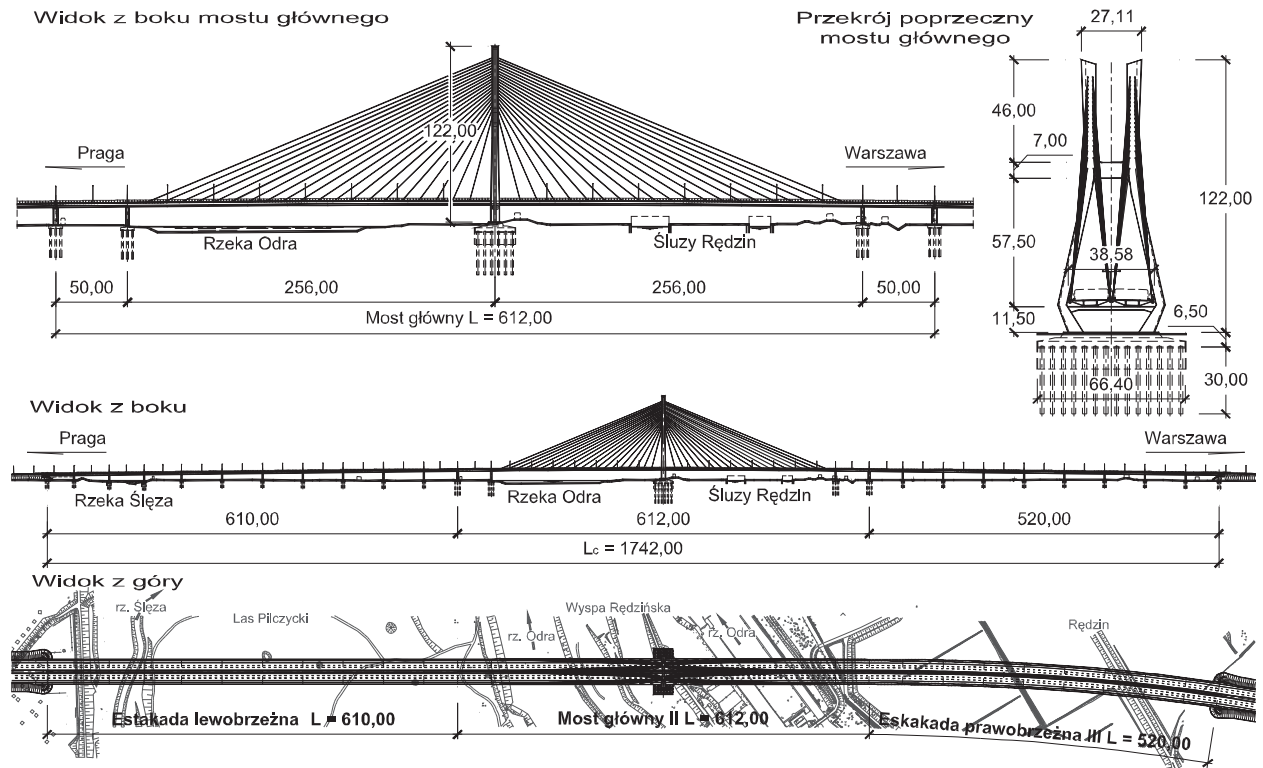
Wszystkie obiekty na AOW zaprojektowano z betonu (największe z betonu klasy C50/60 z dodatkiem mikrokrzemionki w ilości 6%). Przeniosą one obciążenie użytkowe klasy A według PN-85/S-10030.

Szerokość obiektów autostradowych wynosi 17,72 m (dla każdej nitki) z wyłączeniem mostu podwieszzonego, gdzie jest ona równa 19,24 m dla każdej nitki. Wszystkie obiekty autostradowe zaprojektowano jako oddzielne konstrukcje dla obu pasów autostrady.

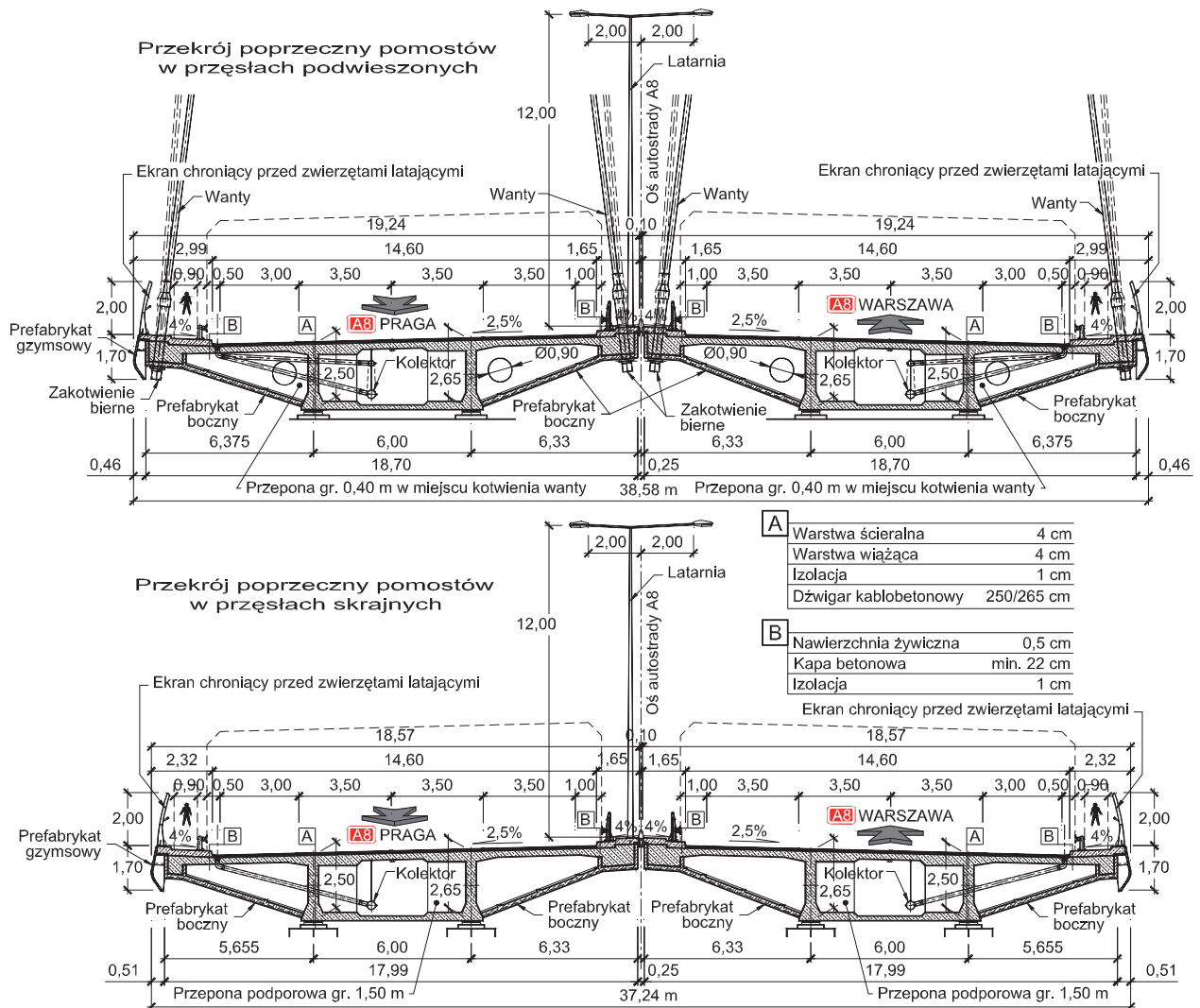
3. Most przez Odrę w ciągu AOW

3.1. Opis konstrukcji

Największym obiektem na odcinku projektowanej AOW jest most usytuowany nad stopniem wodnym Rędzin na Odrze.



Ryc. 2. Most autostradowy przez Odrę w ciągu AOW – podstawowe dane geometryczne



Ryc. 3. Przekroje poprzeczne mostu przez Odrę w ciągu AOW – A8



Ryc. 4. Widok mostu z brzegu rzeki w dzień scenarii, wizualizacja A. Kloc



Ryc. 5. Widok mostu z pozycji kierowcy nocą, wizualizacja A. Kloc

Przebieg autostrady przez obszar stopnia wodnego został wymuszony protestami społecznymi odnoszącymi się do innych, alternatywnych przebiegów trasy. Skutkuje to koniecznością budowy mostu o dużych rozpiętościach przęseł, pozwalających na swobodną modernizację stopnia wodnego Rędzin w przyszłości.

Most będzie się składać z trzech sekcji (ryc. 2):

- estakady południowej o długości 610 m, jest to 11-przęsłowa belka z betonu sprężonego o przekroju skrzynkowym, długości przęseł są następujące: 40 + 2 x 52 + 56 + 6 x 90 + 50 m;

- mostu głównego o długości 612 m, o konstrukcji podwieszanej do jednego pylonu; most zaprojektowano z betonu sprężonego, przęsła mają następujące rozpiętości: 50 + 2 x 256 + 50 m, pylon o wysokości 122 m jest wspólny dla obu konstrukcji pomostu, konstrukcję nośną przęseł podwieszono dwustronnie co 12,0 m; most główny może być realizowany w technologii betonowania lub montażu wspornikowego albo nasuwania podłużnego;

- estakady północnej długości 520 m w postaci 9-przęsłowej belki ciągłej z betonu sprężonego, przęsła 50 + 7 x 60 + 50 m.

Konstrukcję mostu posadowiono na palach prefabrykowanych (wbijanych) i wierconych o średnicy 1,5 m.

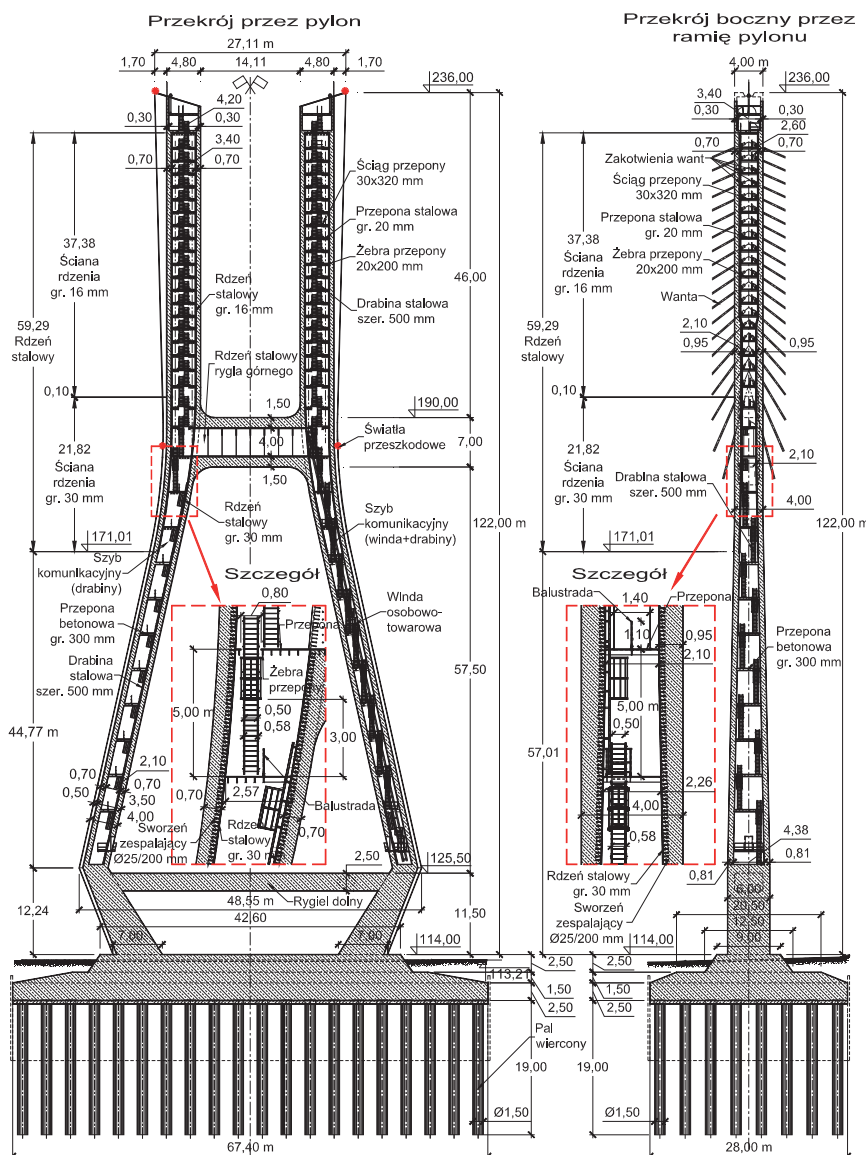
Trasa obiektu ma zmienny przebieg – prostoliniowy w przypadku estakady południowej oraz mostu głównego i krzywoliniowy – dla estakady północnej (ryc. 2). Niweleta mostu została zaprojektowana w łuku pionowym o promieniu 25 000 m i wierzchołku usytuowanym w osi pylonu. Spód konstrukcji wznosi się 15,5 m nad poziomem najwyższej wody żeglownej Odry.

Ustrój nośny mostu (ryc. 3) stanowią dwie oddzielne konstrukcje skrzynkowe z betonu sprężonego (każda pod jedną jezdnię autostrady), podwieszono do żelbetowego pylonu. Wysokość trójkomorowych dźwigarów skrzynkowych wynosi 2,50 m, co stanowi 1/100 rozpiętości przęseł.

Podpory mostu posadowiono w sposób zróżnicowany:

- przyczółki oraz filary estakad, na których zastosowano łożyska stałe, a także podpory mostu podwieszonego posadowiono

Zespolony stalowy rdzeń pylonu



Ryc. 6. Konstrukcja pylonu

Uczestnicy procesu inwestycyjnego

- Zamawiający: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, oddział we Wrocławiu
- Projekt budowlany: Arcadis-Profil Warszawa, BBKS Projekt Wrocław, Zespół Badawczo-Projektowy MOSTY-WROCŁAW i MOSTY KATOWICE, projekt konstrukcji mostu ZB-P MOSTY-WROCŁAW s.c.
- Projekt wykonawczy: konsorcjum ZB-P MOSTY-WROCŁAW s.c., Freyssinet Polska Sp. z o.o., Nadolny s.c.
- Doradztwo naukowe zamawiającego: konsorcjum Politechnika Warszawska i Politechnika Gdańska
- Nadzór: Egis Route – Scetauroute SA, oddział w Polsce, Biprogeo Projekt
- Wykonawca: Mostostal Warszawa SA i Acciona

na palach wierconych o średnicy 1,50 m i o różnej długości. Fundament pylonu stanowi 160 pali \varnothing 1,50 m, o długości 18,00 m, zwieńczonych stopą o wymiarach 28,00 x 67,40 x 4,00 m;

- pozostałe podpory posadowiono na wbijanych palach prefabrykowanych typu Aarsleff.

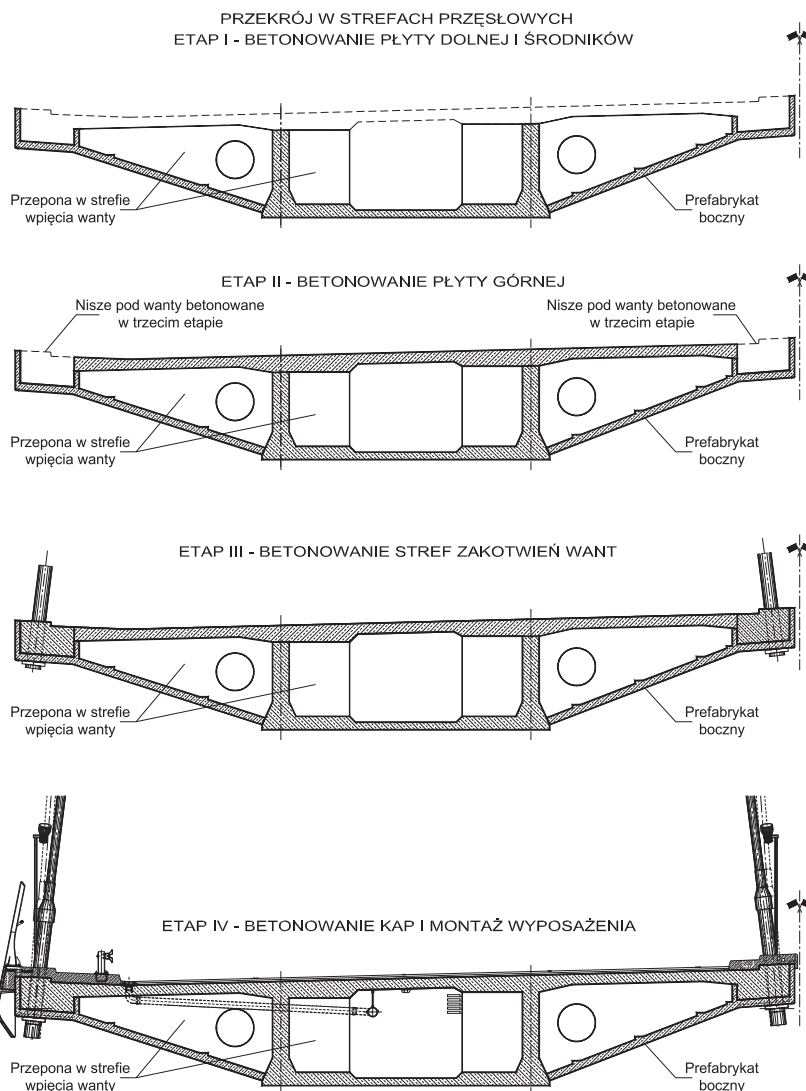
Starano się wkomponować most w atrakcyjny turystycznie obszar stopnia wodnego Rędzin, co zaowocowało wybraniem spokojnej architektonicznie formy obiektu i jasnej kolorystyki. Efekt prac projektowych przedstawiono na wizualizacjach pokazanych na rycinach 4 i 5. Zasymlowano most widziany z pozycji turysty idącego brzegiem rzeki i kierowcy samochodu przy nocnej iluminacji.

3.2. Wybrane rozwiązania konstrukcyjne

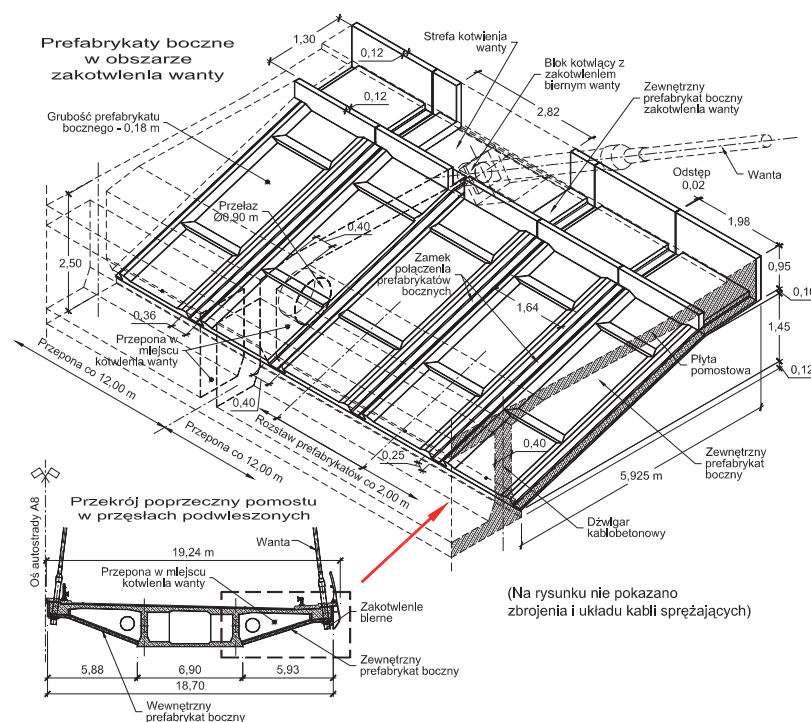
Zaprojektowano żelbetowy pylon typu H, wspólny dla obu konstrukcji nośnych. Wybrano takie rozwiązanie z uwagi na bardzo wąski pas terenu uzyskany pod budowę AOW. Wysokość pylonu wynosi 122,00 m. Ukształtowane architektoniczne gałęzie pylonu mają zewnętrzny obrys w postaci prostokąta, zmieniając się wraz z wysokością od 6,00 x 7,00 w płaszczyźnie fundamentu, 4,00 x 4,00 m na wysokości rygła górnego i 4,00 x 6,00 m na wierzchołku. Gałęzie pylonu powyżej pomostu mają skrzynkowy przekrój poprzeczny.

W gałęziach pylonu, w strefie mocowania podwieszenia want, zastosowano stalowe rdzenie (zespolone z płaszczem żelbetowym), przejmujące rozrywanie przekroju pylonu wywołane siłami pochodzącymi od zakotwień want (ryc. 6).

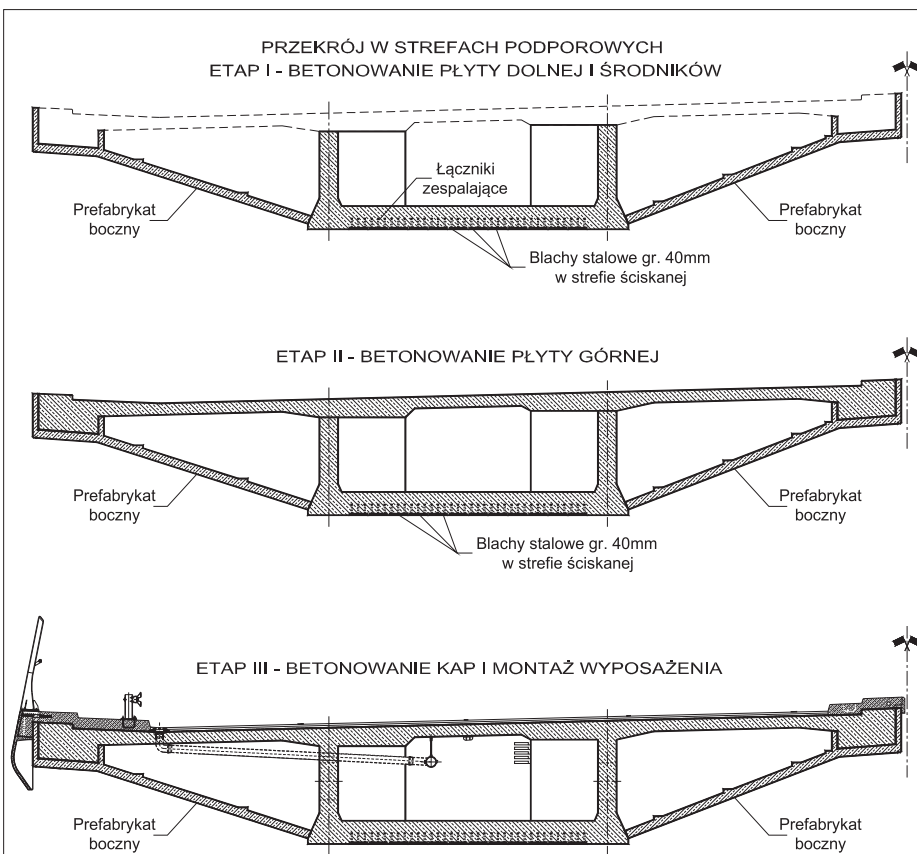
Rdzeń stalowy z blach grubości od 16 do 30 mm zostanie zmontowany z prefabrykowanych wcześniej segmentów o wysokości ok. 3,6 m i masie do 12 t. Segmenty rdzenia będą łączone przez spawanie. Po ustawieniu segmentu rdzenia i połączeniu go z wykonaną konstrukcją nastąpi zbrojenie i betonowanie segmentu płaszcza żelbetowego. Styki płaszcza i rdzenia są przesunięte względem siebie o 1500 mm. Połączenie stalowego rdzenia z płaszczem betonowym było realizowane za



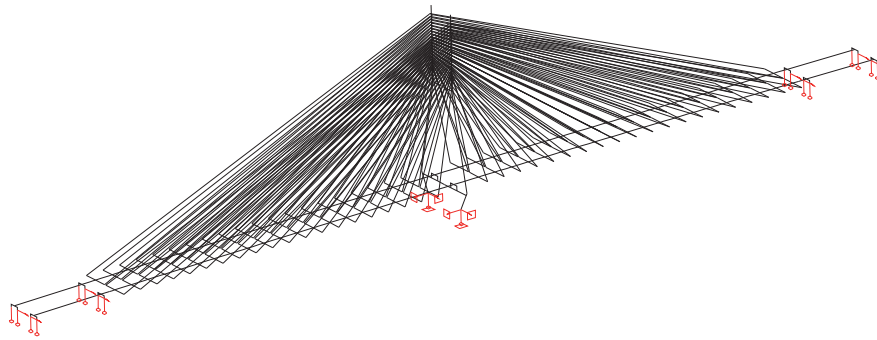
Ryc. 7. Kształtowanie konstrukcji przęsła w strefach przęseł podwieszonych (zastrzałowe prefabrykaty boczne rozciągane)



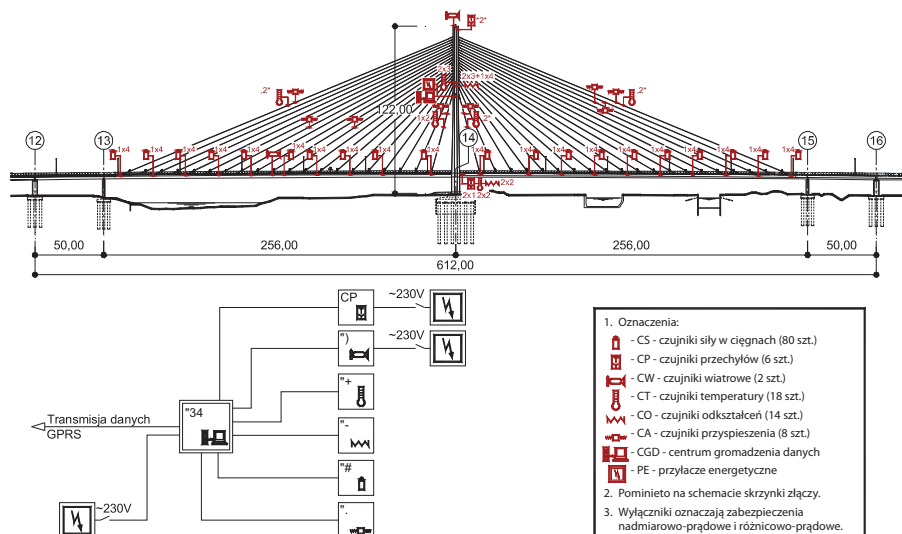
Ryc. 8. Układ prefabrykatów bocznych w strefach kotwienia want



Ryc. 9. Kształtowanie konstrukcji przęsła w strefach nadpodporowych (zastrzałowe prefabrykaty boczne ściskane)



Ryc. 10. Numeryczny model konstrukcji mostu (e1, p3)



Ryc. 11. Projekt ciągłego monitoringu mostu

pomocą dybli stalowych. Konstrukcja pylonu została pokazana na rycinie 6.

Oba ustroje nośne podwieszono do centralnie usytuowanego pylonu za pomocą 80 par want. Ciężna będą zamocowane w skrajnych belkach pomostów (ryc. 3), co 12,00 m i w gałęziach pylonów w rozstawie co 1,80 m. Zakotwienia czynne przewidziano w pylonie, a bierne w pomoście.

Podwieszenie stanowią kable firmy Freyssinet z siedmiodrutowych lin (L 15,7 mm) o wytrzymałości charakterystycznej 1860 MPa. Zabezpieczenie antykorozyjne stanowi galwanizacja drutów, osłona liny z HDPE i wypełnienie wolnych przestrzeni w osłonie woskiem. Liny stanowiące kabel (w liczbie od 31 do 55) będą poprowadzone w rurach zewnętrznych z HDPE, mających spiralne żebro zapobiegające wzbudzeniu deszczowo-wiatrowemu.

Ostatecznie przyjęto, że most będzie zbudowany metodą nasuwania podłużnego z użyciem podpór tymczasowych. Przy takim założeniu dokonano korekt konstrukcyjnych ustroju nośnego, dostosowując go do wymagań przyjętej technologii budowy.

Ustrój nośny będzie wykonywany w segmentach o długości 24 m. Inną geometrię i konstrukcję mają segmenty przęsłowe (ryc. 7), a inną niepodwieszone segmenty podporowe (ryc. 9). Na rycinach 7 i 8 pokazano sposób formowania pomostu przęsła podwieszonych.

Skrzynkowy, trzykomorowy dźwigar będzie formowany w trzech fazach z wykorzystaniem zastrzałowych (bocznych) elementów prefabrykowanych o szerokości 1,98 m.

Elementy zastrzałowe będą układane według schematu pokazanego na rycinie 8. W części podwieszonej będą one łączone szwem monolitycznym. W strefie wnikania wanty do belki skrajnej przewidziano monolityczną przeponę. Rury obsadowe want będą osadzone w trzecim etapie, po nasunięciu konstrukcji i ustawieniu jej w położeniu projektowym. Po uzyskaniu przez beton w strefach zakotwień wymaganej wytrzymałości nastąpi instalacja i napięcie want metodą na długość [1].

Sposób kształtowania segmentów podporowych pokazano na rycinie 9. Z uwagi na duże naprężenia ściskające, występujące w dolnej płycie, została ona wzmocniona zespoloną z nią wstawką stalową.

Końcowym etapem budowy będzie montaż wyposażenia.

3.3. Obliczenia statyczne i wymiarowanie

W projektowaniu mostu wykorzystano system komputerowy ROBOTv6. Na rycinie 10 pokazano podstawowy model konstrukcji mostu wykorzystany do analizy statycznej i dynamicznej w fazach budowy i eksploatacji. Konstrukcja została sprawdzona przez Konsultacyjne Biuro Projektowe K. Żółtowski przy zastosowaniu systemu SOFiSTiK.

Konsultantem zespołu projektowego w zakresie posadowienia pylonu było biuro GEOSYNTEX prof. E. Dembickiego z Gdańska.

Postawiono wymaganie, by logarytmiczny dekrement tłumienia drgań dla want był większy od 3%, co wymaga zastosowania tłumików. Wykonano obliczenia obiektu, zakładając budowę obiektu metodą nasuwania podłużnego. Zastosowany model konstrukcji przedstawiono na rycinie 10. Dokonano identyfikacji środowiska wiatrowego w rejonie przeprawy, która stanowiła podstawę do analiz aerodynamicznych.

3.4. Monitoring konstrukcji mostu

Zaprojektowano system stałego monitoringu elektronicznego stanu konstrukcji (ryc. 11). System będzie wyposażony w czujniki pomiaru sił w wantach, akcelerometry do pomiaru przyspieszeń ruchu want, inklinometry do pomiaru wychyleń gałęzi pylonu i pomostu, czujniki pomiaru prędkości i kierunku wiatru, czujniki do pomiaru temperatury konstrukcji i otoczenia, tensometry do pomiaru odkształceń w pylonie i pomoście; powstanie także centrum gromadzenia danych.

W projekcie systemu monitoringu wykorzystano doświadczenia z eksploatacji podobnego systemu zainstalowanego na moście podwieszonym w Płocku [2].

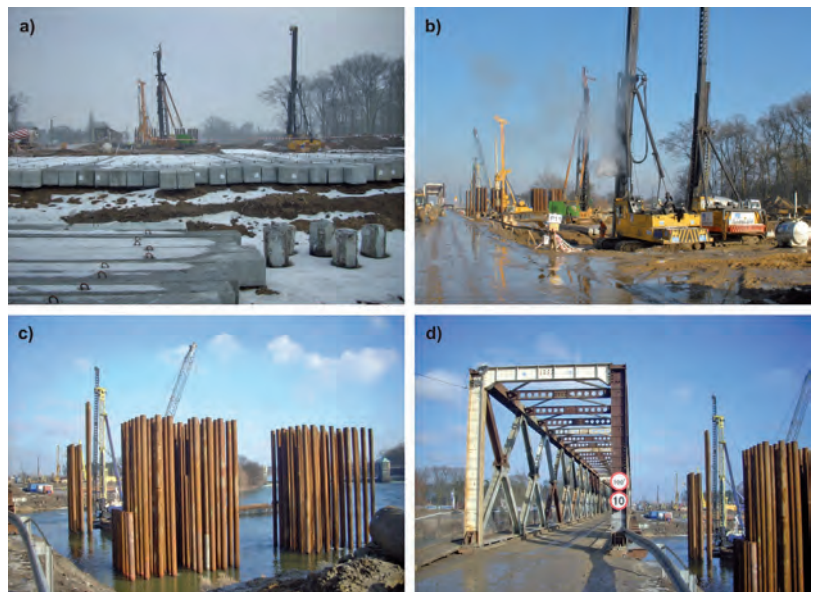
Dane o stanie konstrukcji będą automatycznie przesyłane do centrum zarządzania AOW i analizowane przy pomocy specjalnego oprogramowania. Nieprawidłowości w pracy konstrukcji będą natychmiast sygnalizowane.

4. Zakończenie

Obecnie trwa budowa AOW i mostu (ryc. 12 i 13). Wydaje się, że wznoszony obiekt jest nowatorski w formie [1, 3, 4] i pod względem zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych.

Literatura

1. Biliszczuk J.: *Mosty podwieszane. Projektowanie i realizacja*. Warszawa 2005.
2. Biliszczuk J., Hildebrand M., Barcik W., Hawryszków P.: *System obserwacji ciągłej mostu podwieszanego przez Wisłę w Płocku*. „Inżynieria i Budownictwo” 2006, nr 7–8.
3. Biliszczuk J., Onysyk J., Węgrzyniak M., Prabucki P., Rudze J., Szczepański J.: *Rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w projekcie estakady w ciągu Obwodnicy Śródmiejskiej Wrocławia*. „Inżynieria i Budownictwo” 2002, nr 9.
4. Biliszczuk J., Onysyk J., Sadowski K., Barcik W., Prabucki P., Rudze J., Szczepański J., Sułkowski M.: *Obiekty mostowe w ciągu autostradowej obwodnicy Wrocławia*. „Inżynieria i Budownictwo” 2008, nr 1–2.



Ryc. 12. Wbijanie pali prefabrykowanych pod podpory estakad dojazdowych – a), b), c) budowa podpór montażowych w nurcie Odry, d) most technologiczny nad Odrą



Ryc. 13. Budowa podpór posadowionych na palach wierconych