

WZMOCNIENIE SKRZYNKOWEGO MOSTU TRAMWAJOWEGO IM. ROMANA DMOWSKIEGO NAD ODRĄ POŁUDNIOWĄ WE WROCŁAWIU¹

Jerzy BROŚ*, Grzegorz SIERKA*, Bartosz PLASZCZYK*,
Józef RABIEGA**

*)BPK Mosty s.c.

**)Politechnika Wrocławska

Mosty drogowo-tramwajowe im. Romana Dmowskiego, stanowiące przykład stalowych konstrukcji skrzynkowych z lat 80. XX wieku, zostały wykonane celem skomunikowania wyspy Kępa Mieszczańska z zachodnią częścią Wrocławia. Dotychczas, od połowy lat 80., eksploatowano wyłącznie oba obiekty drogowe. Most tramwajowy został włączony do zadania „Budowa trasy tramwajowej wzdłuż ul. Popowickiej – Starogrobłowej – Długiej od ul. Milenijnej do ul. W. Jagiełły (...)” jako element projektowanej linii tramwajowej. Projekt przebudowy przedmiotowego obiektu obejmował dostosowanie, wyłączonych z eksploatacji przez kilka dekad, przeseł tramwajowych do aktualnie obowiązujących przepisów normowych (uwzględniając m.in. wzrost nacisku na oś od obciążenia taborem tramwajowym ze 130 kN na 150 kN) oraz aktualnych wymagań funkcjonalnych stawianych przez Zamawiającego. Zakres przedsięwzięcia zakłada częściową przebudowę głowic podpór oraz wzmocnienie ustroju przeseł metodą „mieszana”, co pozwoli zachować istniejącą konstrukcję przeseł, redukując koszt ich ewentualnej wymiany. Błędy wykonawcze wytworzenia i montażu ustroju nośnego, uwarunkowania hydrologiczne oraz konieczność zaprojektowania pełnej zabudowy pomostu, umożliwiającej sporadyczny ruch pojazdów specjalnych, skutkowały doбором rozwiązań adaptowanych miejscowo na podstawie kryterium efektywności przyrostu nośności do ciężaru projektowanych elementów. W pracy przedstawiono zastosowane rozwiązania oraz ścieżkę decyzyjną prowadzącą do ich implementacji na etapie projektowania.

Słowa kluczowe: stalowy most tramwajowy, wzmocnienie, nakładki pasowe, sprzężenie zewnętrzne, lewarowanie przeseł, beton lekkie.

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2018.26.03

1. WPROWADZENIE

1.1. Dane ogólne

Mosty drogowo-tramwajowe im. Romana Dmowskiego przez rzekę Odrę Południową we Wrocławiu powstały wg dokumentacji projektowej sporządzonej w 1981 roku jako element korytarza transportowego (tzw. Trasy Mieszkańskiej N-II) łączącego zachodnią część miasta z jego centrum poprzez wyspę Kępa Mieszkańska. Montaż ustrojów nośnych, podzielony na kilka etapów, ostatecznie zakończył się wiosną 1986 roku. Z uwagi na zawieszenie działań inwestycyjnych w stosunku do planowanej trasy tramwajowej, zaniechano wykonania nawierzchni na moście tramwajowym oraz jego eksploatacji po dziś dzień (wiosna 2018 roku).

Wraz z ogłoszeniem w 2016 roku przetargu na przygotowanie dokumentacji projektowej dla zadania „Budowa trasy tramwajowej wzdłuż ul. Popowickiej, Starogrobłowej – Długiej (od ul. Milenijnej do ul. Jagiełły) (...)” powstała potrzeba włączenia do użytkowania przęseł tramwajowych przedmiotowego mostu. Biuro BPK Mosty s.c. jako podwykonawca firmy Systra S.A. podjęło się przygotowania dokumentacji projektowej dostosowania obiektów mostowych dla potrzeb prowadzenia ruchu w ciągu nowo projektowanej linii tramwajowej. W ramach zadania zaprojektowano również nowy wiadukt kolejowy nad ul. Długą z odpowiednim światłem pionowym. W toku prac sporządzono Koncepcję Programowo-Przestrzenną, Projekt Budowlany i Wykonawczy uwzględniające szereg analiz techniczno-ekonomicznych, prowadzących do przygotowania materiałów przetargowych dla obecnie trwającego przetargu na wykonanie robót budowlanych dla przedmiotowej inwestycji.



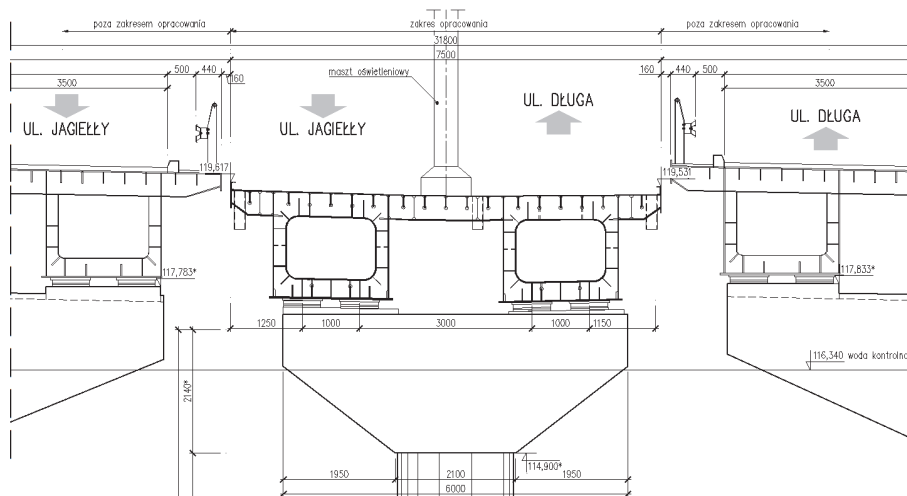
Rys. 1. Widok od strony południowej konstrukcji trzech mostów. W środku nieczynny most tramwajowy. Źródło: <http://maps.google.com>, dostęp: 24.04.2018 r.

1.2. Opis przedmiotowego obiektu – stan z etapu prac projektowych

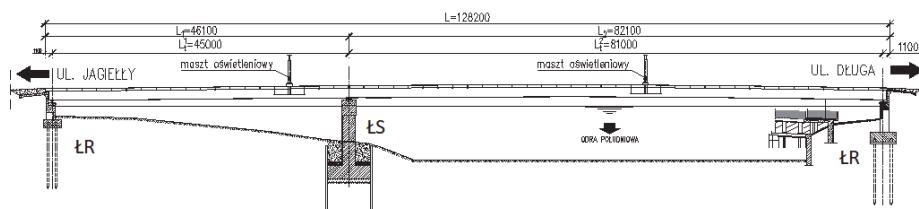
Mosty im. Romana Dmowskiego przekraczają południowe ramię rzeki Odry, będące elementem Wrocławskiego Węzła Wodnego. Ich układ funkcjonalny ukształtowano jako trójdzielny, z odrębnymi tokami prześł dla dwóch skrajnych mostów drogowych z ciągami pieszo-rowerowymi oraz docelowej, dwutorowej linii tramwajowej przewidzianej na środkowym obiekcie. Prześła mostów zaprojektowano jako ortogonalne, oparte na zdylatowanych przyczółkach o łamanej geometrii w planie oraz wydzielonych pod każdą część podporach pośrednich. Ustrój nośny przedmiotowego mostu tramwajowego stanowi stalowa, spawana konstrukcja o przekroju dwuskrzynkowym (z odrębnymi dźwigarami pod każdy tor) i schemacie statycznym dwuprzęsłowej belki ciągłej. Cechą charakterystyczną obiektu jest znacząca dysproporcja rozpiętości teoretycznych prześł, podyktowana usytuowaniem filarów poza korytem przeszkody. Przyczółki i ich ściany boczne (skrzydła równoległe) wykonano jako masywne, żelbetowe, monolityczne. Filar słupowy zrealizowano w osłonie rury stalowej $D_z = 2020 / 17,5$ mm, zwieńczony oczepem żelbetowym, monolitycznym.

Podstawowe parametry charakterystyczne obiektu tramwajowego:

- rozpiętość teoretyczna prześł 81,00 + 45,00 = 126,00 m,
- długość całkowita prześł 128,20 m,
- rozstaw osiowy dźwigarów głównych 4,00m,
- wysokość prześł 1,85–1,86 m,
- szerokość prześł 7,50 m,
- rozstaw poprzecznic 2,250 m.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny przez prześło mostu tramwajowego w stanie istniejącym



Rys. 3. Przekrój podłużny przez przęsło tramwajowe w stanie istniejącym.
Widok od strony wody dolnej

1.3. Prace przedprojektowe

W toku prac poprzedzających projektowanie stwierdzono zastosowanie niskostopowej stali o podwyższonej wytrzymałości w gatunku 18G2A dla elementów konstrukcyjnych przęseł. Wizje lokalne na obiekcie wykazały szereg uszkodzeń związanych z niewłaściwą realizacją i utrzymaniem obiektu. Wykazano m.in. niewłaściwe zabezpieczenie antykorozyjne stali konstrukcyjnej przęseł prowadzące do ognisk korozji powierzchniowej (rys. 4) oraz szereg błędów na etapie wytworzenia i scalenia ustroju nośnego mających znaczący wpływ na podejście projektantów wzmocnienia do sposobu dostosowania konstrukcji do stawianych wymagań. Stwierdzono błędy wykonawcze związane ze scaleniem międzydźwigarowych segmentów pomostu (rys. 6) oraz wyboczenie lokalne ściany skrzynki w strefie nad podporą pośrednią, będącą konsekwencją przeciążeń na etapie lewarowania konstrukcji. W miejscu utraty stateczności, w trakcie budowy wprowadzono program naprawczy mający na celu dodanie elementów zwiększających sztywność ścianki pionowej (rys. 5). Stan techniczny przęseł na dzień inwentaryzacji przęseł określono jako dostateczny.

Po wykonaniu szeregu pomiarów geodezyjnych, uwzględniających dobowy cykl pracy konstrukcji od oddziaływań termicznych, uzyskano trójwymiarowy obraz odchyłek wykonawczych od teoretycznej geometrii, zawartej w dokumentacji archiwalnej. Niedokładność montażu pomostu oraz wymagania w zakresie projektowania niwelety tramwajowej już na etapie koncepcji wykluczały użycie rozwiązań zabudowy nawierzchni o stałym przekroju, dopasowanej do geometrii płyty pomostowej.

Wizję lokalną na obiekcie utrudniały niesprawne, przeznaczone dla całego obiektu wózki rewizyjne, podwieszane do przęseł mostów drogowych. Alternatywny dostęp do wnętrza dźwigarów skrzynkowych stanowi szczelina między ścianą żwirową i konstrukcją przęsła na przyczółku, która umożliwiła przeprowadzenie pełnych prac inwentaryzacyjnych dźwigarów skrzynkowych. Wewnątrz przęseł stwierdzono liczne ślady bytowania ptaków oraz osób postronnych.

Przegląd przyczółków i skrzydeł równoległych mostu tramwajowego wykazał zarysowania poziome spowodowane niewłaściwym wykonaniem styku przerw w betonowaniu, miejscową erozję i lokalne ubytki betonu, odsłonięcie

i korozję zbrojenia gzymsów, zacieki oraz zanieczyszczenia w rejonie niszy podłożyskowej. Stan przyczółków określono jako dostateczny a filarów – dobry.



Rys. 4. Wadliwie odtworzenie powłoki antykorozyjnej w ramach bieżącego utrzymania



Rys. 5. Strefa wzmocnienia wyboycznej, pionowej ścianki dźwigara skrzynkowego



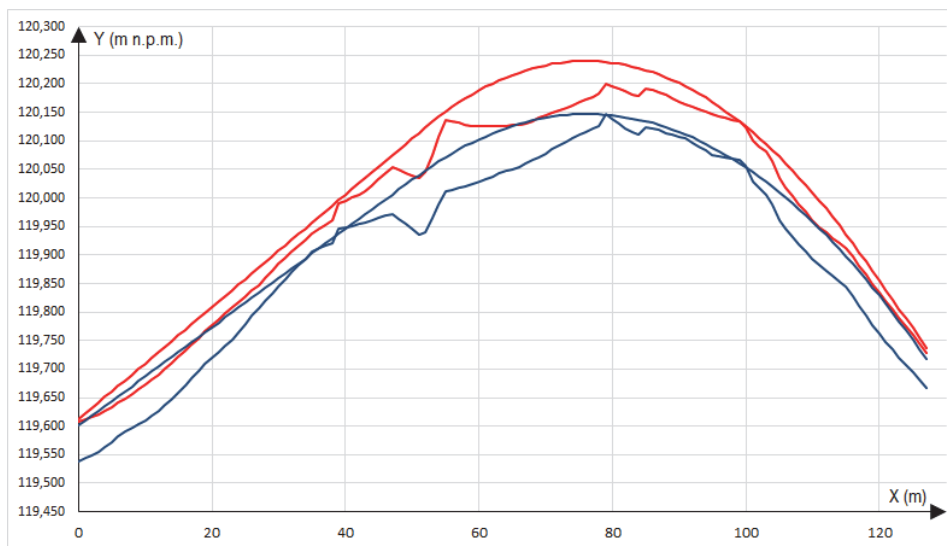
Rys. 6. Widok od dołu na poprzecznicy przęsłową o zaburzonej geometrii będącej konsekwencją błędów na etapie wytworzenia i montażu konstrukcji

2. ANALIZA KONSTRUKCJI I DOBÓR ROZWIĄZANIA

2.1. Ustalenie założeń do projektu wzmocnienia przęseł

Z uwagi na duży dystans czasowy dzielący planowane rozpoczęcie eksploatacji obiektu w części tramwajowej od momentu wydania pierwszej dokumentacji projektowej, na etapie oceny przydatności konstrukcji do dostosowania do prowadzenia na niej ruchu tramwajowego, uwzględniono zmiany, które nastąpiły w tym czasie w polskich normach i wymaganiach stawianych konstrukcjom mostowym. Wiążą się one m.in. z przyrostem oddziaływań eksploatacyjnych pochodzących od taboru tramwajowego i koniecznością zapewnienia możliwości wjazdu na przęśło służb ratunkowych i pojazdów obsługi, określonych na etapie uzgodnień z Inwestorem – spółką Wrocławskie Inwestycje Sp. z o.o. Ten ostatni warunek determinował zabudowę szyn tramwajowych w nawierzchni o charakterze pełnym, płytowym.

Aktualne przepisy środowiskowe wymuszają odprowadzenie wód opadowych poza koryto przeszkody. Zaprojektowano system odwodnienia zakładający wpięcie kolektorów do sieci miejskiej. Stwierdzono obecność na płycie pomostowej obszarów bezodpływowych, które na etapie projektowanej przebudowy należy wyeliminować.



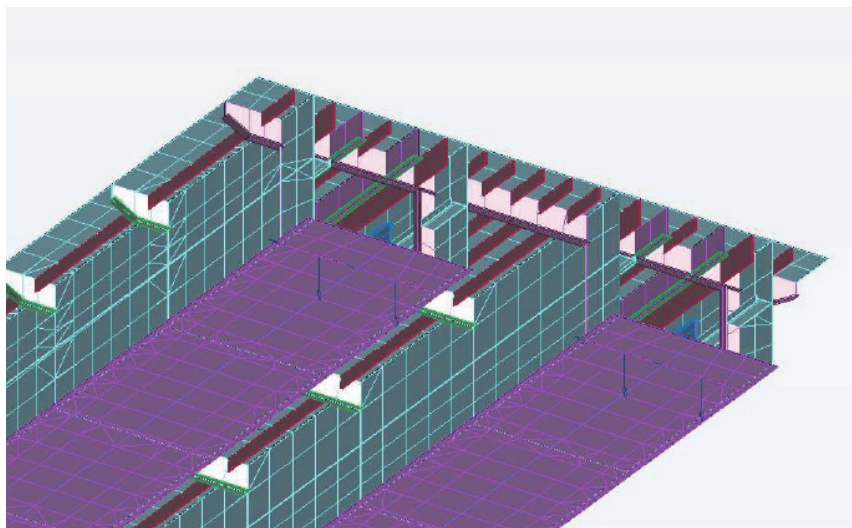
Rys. 7. Zestawienie projektowanej niwelety z minimalnymi, wymaganymi rzędnymi narzuconymi przez geometrię przęśla. Zestaw danych o wyższych rzędnym odnosi się do toru nr 1, niższy – toru nr 2. Punkt $X=0$ oś podparcia na przyczółku od strony centrum miasta Wrocław (krótszego przęśla)

Z uwagi na kwestie związane z zachowaniem wymagań żeglowności, reżimu hydrologicznego oraz bezpieczeństwa przeciwpowodziowego, rozważano wyłącznie rozwiązania nie pogarszające funkcjonalności przeszkody.

Celem nadrzędnym na etapie koncepcji programowo-przestrzennej było sprawdzenie możliwości wykorzystania istniejącej konstrukcji do stawianych wymagań normowych wg PN-85/S-10030. W ścisłej współpracy z branżą drogowo-torową ustalono możliwie najkorzystniejszą niweletę projektowanej linii tramwajowej, celem minimalizacji obciążeń ciężarem wyposażenia (rys. 7).

2.2. Wnioski z analizy statyczno-wytrzymałościowej

Kluczowy wpływ na uzyskiwane wyniki analiz ma rozkład nadładku materiału płyty pomostowej, związanego z koniecznością uzyskania pożądanej geometrii górnej powierzchni nawierzchni na obiekcie. Wieloiteracyjny i wielowariantowy proces projektowania m.in. w zakresie ukształtowania dojazdów do obiektu, a tym samym przesunięcia punktów stycznych proponowanej niwelety z krzywą minimalnych, wymaganych rzędnych, doprowadził do uzyskania optymalnej bryły nadładków z przesunięciem ich maksimum w kierunku ku podporze.



Rys. 8. Szczegół modelu przestrzennego zastosowanego dla celów analizy wstępnej

W toku analizy nośności istniejących prześleł wykonanej na modelu przestrzennym, bez dodatkowych elementów wzmacniających, wykazano znaczące przekroczenia stanów granicznych w każdym proponowanym wariantcie zabudowy pełnej nawierzchni torowiska tramwajowego. Stwierdzono zbliżone przekroczenia naprężeń w kilku kluczowych przekrojach, co wskazuje na optymalnie

zaprojektowany przekrój (wg wymagań z okresu powstania pierwotnej dokumentacji). W przypadku powszechnie stosowanego rozwiązania w systemie z płytami typu węgierskiego wykazano lokalne przekroczenia o 43% w przekroju przeszłowym i 38% w przekroju przypodporowym na filarze. Ponadto, dla koncepcji z belkami podszynowymi, uzupełnianymi in situ mieszanką betonową, stwierdzono lokalne niedobory nośności w zakresie żeber pomostu w strefie podszynowej.

2.3. Koncepcje wzmocnienia istniejącej konstrukcji przęseł

W toku poszukiwań optymalnego rozwiązania wzmocnienia ustroju nośnego, odwołano się do opracowania archiwalnego z 1995 roku [1], zawierającego 3 konkurencyjne metody wzmacniania przedmiotowego mostu dla potrzeb adaptacji do obowiązujących norm. Jako wiodące technologie przedstawiono tam: wzmocnienie poprzez dospawanie nakładek pasowych, sprzężenie ciągnami wysokiej wytrzymałości oraz zastosowanie podwieszenia.

Spośród założeń prowadzących do uzyskania puli wariantów wzmocnienia nacisk postawiono na największe możliwe odciążenie przekrojów przeszłowych (w szczególności przęsła nurtowego), usytuowanie elementów wzmocnienia możliwie daleko od osi bezwładności przekroju oraz umożliwienie wykonania prac możliwie niskim kosztem, bez ingerencji w przeszkodę rzeczną.

Istotne zagadnienie stanowi technologia montażu projektowanych elementów wzmocnienia. Ze względu na liczne przepony, obecność uźebrowania wewnętrznego dźwigarów skrzynkowych, zastosowanie systemów montowanych wewnątrz przekroju prowadziłyby do dużej ingerencji w istniejącą konstrukcję. Preferowane dla przedmiotowego ustroju nośnego połączenia spawane byłyby realizowane w zamkniętych przestrzeniach o ograniczonej dostępności, wpływającej na jakość wykonania połączeń. Obecność wysokiego stężenia produktów ubocznych spawania (gazów) stanowiłaby zagrożenie dla zdrowia pracowników. W związku z tym podjęto decyzję o ograniczeniu do minimum dodawanych elementów usytuowanych wewnątrz dźwigarów skrzynkowych.

Efektywność metody spawania nakładek pasowych zależy od stanu naprężeń w konstrukcji w momencie scalenia elementów ze wzmacnianą konstrukcją. W związku z powyższym często stosuje się wymuszenia poprzez lewarowanie ustroju na podporach technologicznych, bądź redukuje wpływ obciążeń stałych poprzez podparcie ciągłe na rusztowaniach stacjonarnych. W przypadku przęseł nurtowych efektywność opisywanej metody zależy od wykonania w nurcie podpór tymczasowych, bądź zabudowy odciągów linowych w systemie tymczasowego podwieszenia przęseł obiektu. Dodatkowym aspektem jest zapewnienie dobrego dostępu do miejsc układania spoin w pozycji pułapowej, przy realizacji odpowiedniego (liniowego, bądź wielopunktowego) docisku nakładek, co wiąże się z podwieszeniem dużej ilości pomostów roboczych i w konsekwencji dodatkowo redukuje korzyści powyższego rozwiązania.

Metoda wprowadzenia dodatkowych sił do konstrukcji poprzez montaż nad podporą pośrednią pylonu z ociągami wantowymi jest rozwiązaniem bardzo efektywnym pod kątem statycznym oraz ekonomicznym. Wymaga ono wykonstrowania odpowiednich bloków kotwiących i wzmocnienia ich stref. W przypadku mostu im. Romana Dmowskiego wariant ten wymagałby uzyskania wolnego obszaru w płaszczyźnie podwieszenia na międzytorzu tramwajowym. Dostępna do zabudowy przestrzeń, ograniczona przęsłami drogowymi, nie umożliwia relokacji słupów trakcyjnych, usytuowanych obecnie w osi przęseł tramwajowych.

System sprzężenia zewnętrznego ciągami ze stali wysokiej wytrzymałości wymaga odpowiedniej przestrzeni na trasowanie kabli oraz zabudowę dewiatorów i bloków kotwiących. W przypadku pomostów o zabudowie pełnej metoda ta, zastosowana na górnej płycie dźwigarów, skutkuje przyrostem grubości warstw nawierzchni oraz stwarza trudność wykonstrowania rewizji zakotwień ciągów dla celów bieżącego utrzymania. Konieczność zabezpieczenia lin przed dostępem wód opadowych, wpływem oddziaływań wyjątkowych np. od wykolejenia taboru, czy zagrożenia pożarem stanowi powód skłaniający do prowadzenia ciągów w przestrzeni wewnątrz dźwigarów, co zmniejsza wpływ efektu na stan naprężeń w ich konstrukcji.

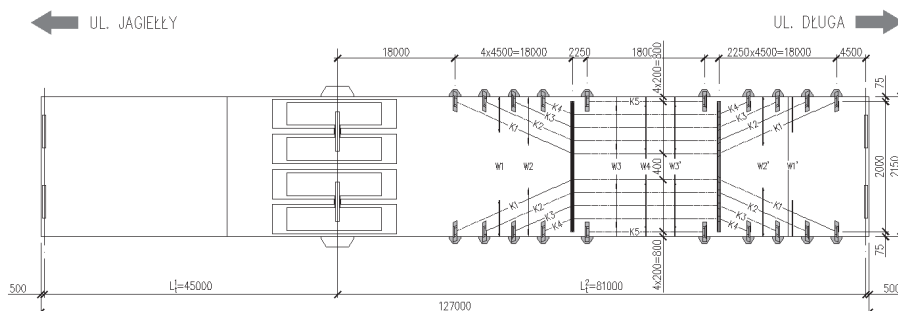
Alternatywnym sposobem kształtowania obwiedni sił przekrojowych w konstrukcji jest wprowadzenie trwałych przemieszczeń poprzez lewarowanie przęseł na podporach. Warto zauważyć, że dla ustrojów ciągłych oznacza to również zmianę wartości reakcji na podporach, co może skutkować koniecznością dodania wzmocnienia strefy podporowej dźwigarów głównych.

2.4. Przyjęte rozwiązanie i technologia realizacji wzmocnienia

Ze względu na brak technicznej możliwości realizacji systemu podwieszenia, zrezygnowano z propozycji ociągów wantowych. Centralnie zlokalizowana płaszczyzna podwieszenia kolidowałaby ze słupami pełniącymi funkcję podwieszenia trakcji i oświetlenia oraz wymagałaby zabudowy wysokich poprzecznik, poprawiających stateczność elementów pomostu oraz współpracę płyty ortotropowej z dźwigarami głównymi.

Zdecydowano się na jednoczesne zastosowanie trzech metod wzmocnienia, których wpływ na przyrost momentów zginających od ciężaru własnego jest możliwie mały. Nad podporą pośrednią zastosowano system nakładek pasowych, zlokalizowanych na płycie pomostowej oraz pod płytą dolną dźwigara. Z uwagi na obecność punktu stycznego niwelety w strefie nad filarem, zdecydowano się na rozłożenie nakładek po szerokości pomostu, co wymagało analizy wpływu szerokości współpracującej przekroju zespolonego na udział dodanych elementów w pracy przekroju dźwigarów skrzynkowych.

Prowadzenie kabli sprężających pod obiektem wymusiło docelowe podniesienie przęsła do poziomu zapewniającego dotychczasowe światło pionowe pod obiektem. W związku z tym zaprojektowano nadbudowy podpór.



Rys. 11. Widok z dołu na schemat układu sprężenia oraz dolne nakładki pasowe dźwigara skrzynkowego (w skali skażonej)

Nie mniej istotnym aspektem od dodania elementów wzmocnienia jest technologia ich realizacji. Dla potrzeb częściowego włączenia do współpracy nakładek od obciążeń ciężarem własnym, zdecydowano się na podparcie technologiczne przęsła w miejscach początku i końca dolnych nakładek w strefie filara. Ponadto, celem zachowania odpowiedniej rezerwy nośności w dodanych pasach, zdecydowano się na wykonanie sprężenia po realizacji montażu nakładek. Zabieg ten pozwoli również uniknąć nagłego uplastycznienia się pasów, w przypadku awarii kabli sprężających. Problem „wstawiania” pasów podczas procedury sprężania ograniczono poprzez zmniejszenie ich szerokości, a tym samym zwiększenie nośności połączeń spawanych w tym zakresie. Ostatnim elementem mającym wpływ na kształtowanie rozkładu sił wewnętrznych w konstrukcji stanowi opuszczanie przęsła z podpór technologicznych, które należy zrealizować przy stałej kontroli reakcji na wszystkich, docelowych punktach podparcia. Finalnie, należy uzyskać stan naprężeń przewidziany w Projekcie Wykonawczym i Technologicznym.

Pełne zestawienie kolejności realizacji robót przy wzmocnianiu przęsła mostu podano poniżej:

ETAP 1 (wprowadzenie stałych elementów technologicznych w strefę pod przęsłem):

- wykonanie podpór tymczasowych w strefie przyczółków i filara (wielosegmentowe klatki z oczepem z kształtowników stalowych),
- lewarowanie przęsła na założone w projekcie technologicznym rzędne,
- wykonanie pomostów roboczych podwieszonych pod przęsłem,
- rozbiórka górnych części i nadbudowa istniejących podpór,
- spawanie nakładek pasowych w strefach podporowych i przęsłowych,

- spawanie bloków kotwiących, dewiatorów, stabilizatorów (dla potrzeb sprężenia przęsła),
- spawanie elementów wzmacniających konstrukcję przęsła (m.in. dodatkowe żebra podłużne, żebra wzmacniające strefy podporowe),
- odtworzenie zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcji stalowej przęsła,
- sprężenie konstrukcji,
- osadzenie konstrukcji na nowo projektowanych łożyskach.

ETAP 2 (brak konieczności wprowadzania stałych elementów technologicznych w strefę pod przęsłami):

- wykonanie poziomej izolacji przęsła i zabezpieczenia antykorozyjnego przęsła i podpór,
- zabudowa pomostu przęsła (płyta żelbetowa), ułożenie torowiska tramwajowego,
- roboty wykończeniowe (m. in. montaż systemu odwodnienia, wykonanie przejść dylatacyjnych).

3. ZABUDOWA PŁYTY POMOSTOWEJ

Pomimo całej gamy zabiegów prowadzących do zwiększenia nośności przedmiotowego obiektu, w wariantcie zabudowy nawierzchni tramwajowej z płyt typu węgierskiego wykazano kilkunastoprocentowe przekroczenia wytrzymałości obliczeniowej stali. Dalsze zwiększanie siły sprężającej prowadziło do powstania trudnych do rozwiązania problemów natury konstrukcyjnej, które związane są m.in. z rozmieszczeniem cięgien w dewiatorach oraz przewodzie niepożądanych wpływów nad uzyskanym efektem. Przyrost grubości nakładek pasowych drastycznie zwiększa efekty statyczne od obciążeń stałych oraz generuje problemy związane ze spełnieniem warunków konstrukcyjnych. Dla pierwotnie zakładanego wariantu nawierzchni, wykazano brak technicznych możliwości dalszej rozbudowy wzmocnienia przęsła i zakwalifikowano je do wymiany.

Wzrost ewentualnych kosztów w ramach wykonania nowych ustrojów nośnych mostu im. Romana Dmowskiego przyczynił się do poszukiwań sposobów redukcji ciężaru wyposażenia. Zdecydowano się na ograniczenie do minimum elementów wsporczych instalacji obcych, utrzymanie funkcjonalności istniejących gniazd słupów oświetleniowych oraz wypracowanie rozwiązania lżejszego typu nawierzchni na obiekcie.

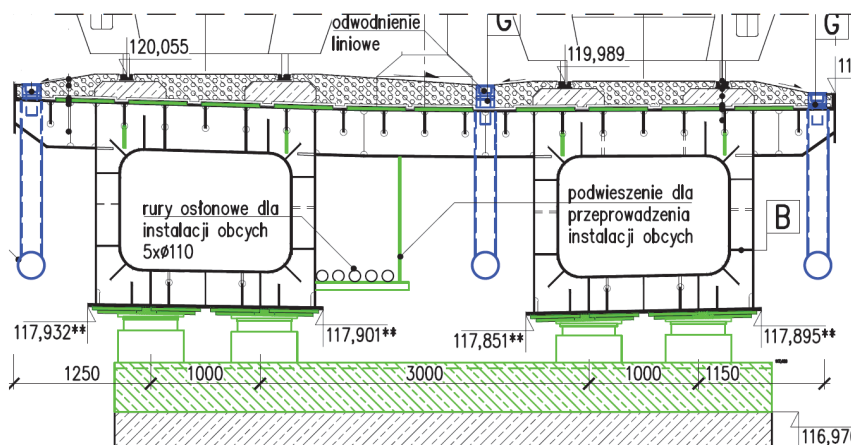
W porozumieniu z interesariuszami przedsięwzięcia zastosowano nawierzchnię bazującą na betonie lekkim klasy LC25/28 F150 o ciężarze objętościowym nie przekraczającym 13 kN/m^3 , zbrojonym giętymi siatkami z prętów #12. Mieszanka z betonu lekkiego stanowi wypełnienie płyty pomostu w zakresie przestrzeni między wykonanymi wcześniej belkami żelbetowymi z betonu klasy C35/45, które stanowią podbudowę dla szyn blokowych. Układ warstw

przedstawiono w tabeli 1 oraz na rys. 13. Dobór szerokości żelbetowych belek podszytowych podyktowano warunkami rozkładu obciążeń, celem właściwego przekazania oddziaływań na żebra pomostu.

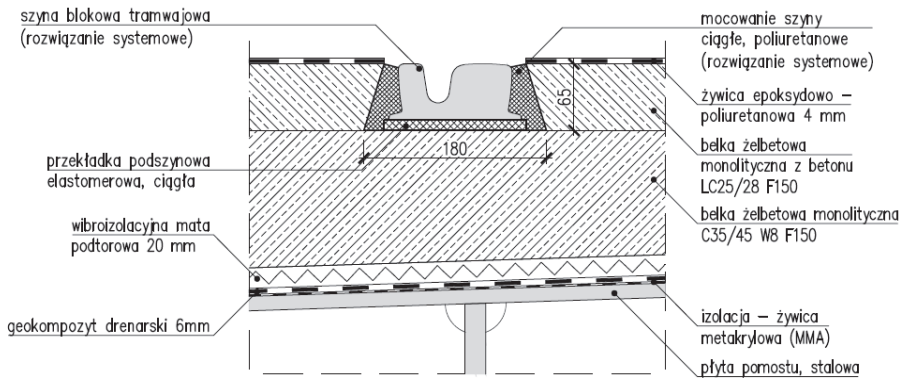
Tabela 1. Układ warstw projektowanej nawierzchni tramwajowej

Układ warstw w osi szyn		Układ warstw poza strefą szyn	
Nazwa warstwy	Grubość (mm)	Nazwa warstwy	Grubość (mm)
Szyna blokowa tramwajowa Lk-1	55	–	–
Przekładka podszytowa elastomerowa, ciągła	10	Żywica epoksydowo-poliuretanowa	4
Belka żelbetowa monolityczna C35/45 W8 F150	min. 115	Płyta żelbetowa monolityczna z betonu LC25/28 F150	zmienna
Wibroizolacyjna mata podtorowa	20	Wibroizolacyjna mata podtorowa	20
Geokompozyt drenarski	6	Geokompozyt drenarski	6
Izolacja – żywica metakrylowa	2	Izolacja – żywica metakrylowa	2
Nakładki wzmacniające, płyta pomostu		Nakładki wzmacniające, płyta pomostu	

Dobór minimalnej klasy betonu lekkiego podyktowany był koniecznością zapewnienia warunków wykonania badań przyczepności i wytrzymałości na rozciąganie wierzchniej warstwy z żywicy epoksydowo-poliuretanowej. Górną część nawierzchni ukształtowano w spadku poprzecznym, zapewniającym dogodne odprowadzenie wód opadowych do projektowanego, liniowego systemu odwodnienia.



Rys. 12. Przekrój poprzeczny przez przęsło z przyjętym wariantem nawierzchni z betonu lekkiego



Rys. 13. Szczegóły osadzenia szyny blokowej

4. PODSUMOWANIE

W toku wykonanych prac projektowych, osiągnięto cel polegający na adaptacji istniejących prześłów tramwajowych do aktualnych wymagań normowych. Stwierdzono maksymalny pułap przyrostu nośności przy zastosowanych rozwiązaniach wzmocnienia sięgający około 35-40% pierwotnego poziomu. Przyrost efektów statycznych od wpływu imperfekcji, błędów wykonawcy obiektu, wymagania zabudowy nawierzchni pełnej oraz przyrostu oddziaływań normowych w stosunku do przepisów z początku lat 80. XX wieku przekroczył uzyskany na drodze wzmocnienia przyrost nośności. Zredukowano dodatkowe oddziaływania od wyposażenia poprzez zastosowanie materiałów o mniejszym ciężarze objętościowym, przy zachowaniu wymagań dotyczących funkcjonalności, wytrzymałości i trwałości projektowanej nawierzchni tramwajowej. Połączenie wszystkich rozwiązań (nakładki pasowych, sprężenia zewnętrznego, lewarowania prześłów oraz redukcji ciężaru wyposażenia) pozwoliło spełnić założenia projektu, tj. uzyskać nośność mostu zgodnie z aktualnymi przepisami normowymi, bez konieczności wymiany prześłów.

LITERATURA

1. Rabięga J., *Koncepcje ułożenia nawierzchni i wzmocnienia prześłów mostu tramwajowego przez Odrę we Wrocławiu*, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej. V Seminarium: Współczesne metody wzmocniania i przebudowy mostów, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 1995.
2. Rabięga J., *Nowe przeprawy mostowe na Odrze w ciągu trasy N-II w Wrocławiu*, Inżynieria i Budownictwo 4-5/1993.
3. Rabięga J., *Projekt konstrukcji usztywnienia stalowych prześłów mostu tramwajowego przez Odrę przy ul. Długiej w ciągu trasy N-II we Wrocławiu*, BSIPKiIM we Wrocławiu, 1986.

4. Rabeiga J., *Opinia o projektowanych nowym sposobie scalania i montażu mostu przez Odrę w ciągu trasy N-II przy ul. Długiej we Wrocławiu*, Raport Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej serii PRE-39/90, 1990.
5. Rabeiga J., *Aktualizacja zmian konstrukcji przęseł i podpór stalowych mostów drogowych i mostu tramwajowego przez Odrę przy ul. Długiej we Wrocławiu zaistniałych w trakcie dotychczasowej realizacji*, BSiPKiIM we Wrocławiu 1989.
6. Rabeiga J., *Awaryjne uszkodzenie belki głównej stalowego mostu drogowego w czasie montażu*, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej. III Seminarium: Współczesne metody wzmocniania i przebudowy mostów, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 1993.
7. Rabeiga J., *Nowe nawierzchnie bitumiczne z izolacją na mostach stalowych*, III Konferencja naukowo-techniczna: Problemy projektowania, budowy i utrzymania mostów małych, Wrocław - Szklarska Poręba 1994.

ADAPTATION TO HIGHER LOAD CAPACITY REQUIREMENTS OF BOX GIRDER ROMAN DMOWSKI BRIDGE OVER ODRA POŁUDNIOWA RIVER IN WROCLAW

Summary

Roman Dmowski Bridges are examples of steel box girder bridges built in 1980s to connect the Kępa Mieszczńska Island with western part of city of Wrocław. The tram bridge, which have not been utilised so far, is a key part of currently being developed tramway within Popowicka Street - Jagiełło Street. The redevelopment design of unused for over 35 years tram spans included adaptation to higher requirements and presently obligatory regulations. The abutments and pillars are intended for partial rebuilding, the span for strengthening using mixed methods to provide higher carrying capacity. Due to redevelopment cost optimalization, designers decided to remain existing superstructure. Past construction errors during carrying out the steel structure and it's assembling, hydrological demands as well as requirement of plate, concrete deck, determined selection of solutions with highest effectiveness to weight ratio. This article consists of design outcomes presentation as well as the decision path leading to them.

