

Modernizacja linii kolejowej E59

Wrocław – Poznań na odcinku LotA – most kolejowy w km 5+845 nad rz. Odrą (most Poznański) – technologia przebudowy

Jerzy Broś, Grzegorz Sierka, Stanisław Bolanowski, Paweł Woźny, Rafał Brzózka

Wstępnie przedstawiono krótką charakterystykę linii kolejowej nr 271, przebieg, znaczenie w transporcie oraz zakres przewidywanych na niej prac. Następnie opisano sposób demontażu konstrukcji nośnych krótszych przęseł. W dalszej części przedstawiono uwarunkowania, które miały wpływać na dobór technologii demontażu dłuższego przęsła kratowego. Następnie przedstawiono proces nasuwu nowej konstrukcji nośnej przęseł mostów Poznańskich.



mgr inż. Jerzy Broś
BPK MOSTY S.C.
S.Biegański, J. Broś
jbroś@bpkmoty.pl



mgr inż. Grzegorz Sierka
BPK MOSTY S.C.
S.Biegański, J. Broś
gsierka@bpkmoty.pl



mgr inż.
Stanisław Bolanowski
BPK MOSTY S.C.
S.Biegański, J. Broś
sbolanowski@bpkmoty.pl



mgr inż. Paweł Woźny
BPK MOSTY S.C.
S.Biegański, J. Broś
pwozny@bpkmoty.pl



mgr inż. Rafał Brzózka
Przedsiębiorstwo Usług
Technicznych
INTERCOR Sp. z o.o.
rafal.brzozka@intercor.eu

Linia kolejowa E59 (linia nr271 Wrocław Gł. - Rawicz - Leszno - Poznań Gł.) jest częścią transeuropejskiego korytarza transportowego a tym samym stanowi nie tylko połączenie dwóch dużych polskich aglomeracji miejskich: wrocławskiej i poznańskiej, ale stanowi również fragment najkrótszego i najdogodniejszego połączenia krajów Europy Środkowej z obszarem basenu morza Bałtyckiego. Z uwagi na stan techniczny linii i konieczność spełnienia wymagań Unii Europejskiej w dziedzinie transportu kolejowego, w roku 2006 linia została przeznaczona do kompleksowej, wielobranżowej modernizacji. Oznaczało to konieczność m.in. dostosowania jej do wymogów umów międzynarodowych AGC/AGTC i podniesienia parametrów technicznych jej eksploatacji do $v=160$ km/h dla pociągów pasażerskich (docelowo do $v=200$ km/h – faza II) i $v=120$ km/h dla pociągów towarowych. Proces inwestycyjny, który zapewni niezawodność infrastruktury kolejowej, podniesienie poziomu bezpieczeństwa

ruchu kolejowego na wyższy poziom jak również spełnienie wymagań interoperacyjności, pozwoli na pełne otwarcie linii dla wszystkich operatorów kolejowych. Z uwagi na duży zakres inwestycji, została ona podzielona na trzy etapy.

Pierwszy etap modernizacji, oznaczony jako Lot A, obejmuje swoim zakresem modernizację linii a w tym obiektów inżynierskich na odcinku od p.odg. Wrocław Grabiszyn do granicy województwa dolnośląskiego (km 1+700 do km 59+697). W ramach tej inwestycji zaprojektowano między innymi przebudowę mostu Poznańskiego we Wrocławiu, zlokalizowanego w km 5+845. Most ten przeprowadza tory linii kolejowej nad korytem rzeki Odry i jej terenem zalewowym. Dotychczasowy kształt mostu był wynikiem odbudowy przeprowadzonej, po zniszczeniach wojennych, w latach 1947-1965. W każdym z dwóch torów znajdują się niezależne od siebie konstrukcje, stanowiące oddzielne obiekty inżynierskie. W obecnym etapie

przebudowy prowadzone są prace w torze nr 2 – zachodnim. W chwili rozpoczęcia modernizacji most w torze nr 2 składał się w strefie nurtowej z trzech przęseł stalowych, kratownicowych (61,80 m + 2x32,67 m) a w strefie zalewowej z wieloprzęsłowej estakady przęseł belkowych, żelbetowych, monolitycznych (28x10,64 m).

Demontaż przęseł kratowych o rozpiętości 32,67m

Prace związane z demontażem dwóch, mniejszych przęseł kratowych (rys. 2) wykonano z poziomu terenu przy użyciu dźwigu hydraulicznego na podwoziu samochodowym.

Ustawienie żurawia drogowego w bezpośrednim zbliżeniu do demontowanej konstrukcji wiązało się z koniecznością wykonania sztucznego półwyspu w strefie korytarza rzecznej w postaci stabilnej podbudowy gruntowej w osłonie ścian szczelnych. Na odpowiednio przygotowanym podłożu ustawiono żuraw drogowy o udźwigu 250Mg, którego nośność na wymaganym ramieniu była dostateczna dla podniesienia konstrukcji kratowej o masie 81,0 Mg. Operacja demontażu została przeprowadzona w 2 fazach, oddzielnie dla każdej z kratownic, z jednym przestawieniem żurawia drogowego. Po demontażu i ułożeniu przęseł na lądzie, zostały one pocięte na mniejsze elementy i odwiezione celem utylizacji.



1. Stan mostu kolejowego przed przystąpieniem do robót (2004 r.)



2. Stalowe przęsła kratowe o rozpiętości 32,67 m

Koncepcje demontażu przęsła kratowego o rozpiętości 61,80 m

W początkowym etapie prac nad projektem technologicznym demontażu konstrukcji przęsła nurtowego nr 1 (rys. 3), rozważano kilka koncepcji. Wszystkie z rozpatrywanych wówczas wariantów musiały spełniać kilka podstawowych założeń. Do najważniejszych należały uwarunkowania związane z prowadzoną jednocześnie modernizacją wrocławskiego węzła wodnego i brakiem możliwości uzyskania znaczących zamknięć toru wodnego, intensywnie wykorzystywanego do transportu mas ziemnych do Janówka. Powyższe uwarunkowania eliminowały możliwość wprowadzenia stałych elementów konstrukcyjnych w koryto żeglowne rzeki Odry (tymczasowe podpory palowe z rur stalowych) a maksymalny czas zamknięć toru wodnego nie mógł przekraczać 3-5 dni.

Pierwsza koncepcja polegała na odcięciu węzłów podporowych i opuszczeniu przęsła kratowego na barki zacumowane na rzece, pod konstrukcją przęsła. Analiza statyczna – wytrzymałościowa przęsła wykazała jako niezbędną konieczność wykona-

nia wzmocnienia skrajnych poprzecznic przęsłowych. Z uwagi na stopień skomplikowania i czasochłonność operacji oraz z uwagi na konieczność wykonania dodatkowych prac wzmocniających w konstrukcji przeznaczonej do złomowania z przedmiotowej koncepcji zrezygnowano.

Druga z rozpatrywanych koncepcji polegała na odholowaniu (splawieniu) przęsła. Operacja ta miała się składać z czterech podstawowych czynności:

- podniesienie przęsła na podporach o około 10 cm,
- wykonania nadbudowy na trzech barkach i ich wpłynięciu pod przęsło,
- opuszczenie przęsła na zabudowane podpory na barkach,
- odholowanie (splawienie) całego układu i demontaż na mniejsze elementy gotowe do utylizacji.

Opcja ta wiązała się z pogłębieniem koryta rzeki w miejscu, gdzie odholowany zostałby zestaw „barki + przęsło”. Dodatkowo przewidziano konieczność ograniczenia przepływu wody w rejonie prac rozbiórkowych (poprzez regulację przepływu na jazach) celem zapewnienia stateczności całego układu. Ze

względu na wymagany zakres prac związanych z regulacją koryta rz. Odry oraz z uwagi na trudności w zapewnieniu pełnej synchronizacji układu trzech barek również i z tej koncepcji zrezygnowano.

Kolejną, trzecią koncepcją było wysunięcie przęsła na ląd poprzez zastosowanie podpory pływającej i toru wysuwowego, usytuowanego przed przyczółkiem nr 1 od strony południowej tj. od strony wiaduktu kolejowego nad Groblą Kozanowską i ta koncepcja została zatwierdzona do dalszych prac projektowych w ramach projektu technologicznego.

Operacja demontażu przęsła kratowego o rozpiętości 61,80m

Podczas wysuwania konstrukcji, przęsło prowadzone było na zestawie łożysk tocznych, jadących wzdłuż toru wysuwowego (rys. 4).

Położenie wysokościowe rygla górnego istniejącego wiaduktu nad ul. Grobla Kozanowska oraz konstrukcja toru wysuwowego zmusiły wykonawcę robót firmę PUT Intercon Zawiercie Sp. z o.o. do lewarowania przęsła na wysokość o 1,20 m wyższą od pierwot-



3. Stalowe przęsła kratowe o rozpiętości 61,80 m



4. Łożysko toczne na torze wysuwowym (grudzień 2012 r.)



5. Tor wysuwowy (grudzień 2012 r.)



6. Widok na stanowisko oporowe siłownika hydraulicznego

nego położenia. Dodatkowo, wiadukt nad ul. Grobla Kozanowska był nieznacznie węższy od rozstawu dźwigarów przęśla kratowego. Dla umożliwienia wysuwania przęśla po linii prostej należało podbudować tor wysuwowy od strony zachodniej i przebudować bramkę trakcyjną (rys. 5).

Tor wysuwowy wykonano z pary uźbrowanych dwuteowników walcowanych HEB300, ułożonych na zastabilizowanych, żelbetonowych płytach drogowych.

Operację lewarowania przęśla kratowego zdecydowano się zrealizować z zastosowaniem podnośników hydraulicznych o skoku 22 cm. Po każdym cyklu podkładano kolejną warstwę podkładów kolejowych, tworząc tym samym stabilny ruszt podporowy. Upřednio skuto i wyrównano górną powierzchnię podpór. Stanowisko oporowe, na którym zamontowany był siłownik hydrauliczny (rys. 6) zaprojektowano na końcu toru wysuwowego. Przęsło wysuwano ciągnąc je przy użyciu prętów wysokiej wytrzymałości, które jednym końcem zamocowane były do

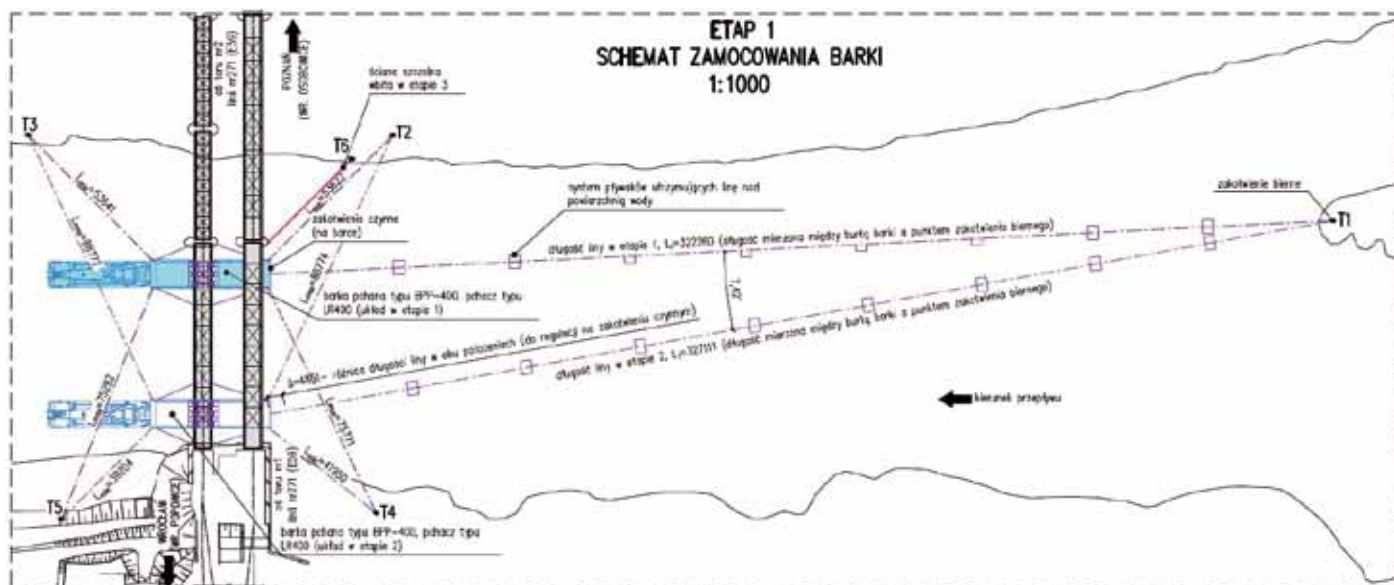
skrajnej poprzecznicy przęśla, a drugim do siłownika.

Kolejne stanowisko oporowe wykonano na cyplu rzeki Odry – punkt T1 (rys. 7). W celu zamontowania liny utrzymującej położenia barki wzdłuż osi rzeki, na cyplu wbito dalbę z grodziec stalowych. Lina utrzymująca miała długość około 320 m. Położenie barki w poprzek osi rzeki stabilizowano za pomocą systemu czterech lin prowadzących (punkty od T2 do T5). Ze względu na przesuw poprzeczny barki, podczas operacji wysuwu przęśla, każda z tych lin miała możliwość niezależnej regulacji długości. Kolejnym elementem systemu stabilizacji barki jako podpory pływającej był pchacz rzeczny, umiejscowiony za barką, od strony dolnej wody. Pchacz ten stanowił element asekuracyjny na wypadek zerwania liny utrzymującej a jego rola w trakcie operacji pozostawała bierna.

Podpora pływająca składała się z barki BP-500/II o nośności 490 Mg oraz wielosegmentowej klatki podporowej (rys. 8). Wielosegmentowa klatka podporowa podpira-

ła przęsło w sposób stabilny, przy jednoczesnym równomiernym rozłożeniu obciążeń na dno barki. Podporę pływającą ustawiono pod przedostatnim węzłem konstrukcji kratowej, opierając przęsło na podatnym łożysku drewnianym w celu utworzenia przegubu. Głównicę wielosegmentowej klatki podporowej wykonano z dźwigarów walcowanych HEB300 oraz HEB400, które jednocześnie przyjmowały reakcję pionową z przęśla oraz spinały cztery gałęzie podpory, wykonane z klatek ZBM. Podstawa klatki podporowej składała się z podwaliny, której rolą było równomierne rozłożenie obciążenia na dno barki.

Do obliczeń przyjęto założenia istotne z uwagi na unikalny charakter prac z użyciem podpory pływającej. Jednym z podstawowych założeń obliczeniowych było określenie możliwości realizacji operacji wysuwu przęśla na podporze pływającej przy wietrze nie przekraczającym $v=10$ m/sek. Dodatkowym warunkiem było ograniczenie do minimum ciężaru przęśla drogą usunięcia wszelkich zbędnych elementów jego wyposażenia.



7. Plan sytuacyjny operacji demontażu wraz z zaznaczeniem liny utrzymującej oraz lin stabilizujących



8. Widok na podporę pływającą



9. Wizualizacja mostów Poznańskich po przebudowie



10. Podpora F3 – zabezpieczenie stateczności



11. Zmontowana konstrukcja na torze nasuwowym przed nasuwem

Podczas analizy obliczeniowej uwzględniono zarówno sztywność konstrukcji barki jak i rusztu podwalinowego oraz wykonano pełną analizę stateczności całego układu. Poprawność obliczeń została zweryfikowana podczas operacji demontażu – wielkość rzeczywistego zanurzenia obciążonej barki, pracującej jako podpora pływająca, pokrywała się z wielkościami wyliczonymi z dokładnością do 5 cm.

Z uwagi na konieczność dokonywania korekty położenia barki po każdym skoku siłownika wysuwającego, proces wysuwu przęsła trwał ok. 13 godzin.

Operacja nasuwu nowego przęsła kratowego o rozpiętości 62,00+68,00=130,00 m

Przebudowa mostu polega na wymianie istniejących, stalowych przęseł kratownicowych nad korytem Odry na nowe konstrukcje oraz modernizacji i wzmocnieniu istniejących przęseł żelbetonowych nad terenem zalewowym. Po przebudowie obiekt w stre-

fie nurtu będzie stanowiła stalowa, spawana ze stali S355J2+N konstrukcja kratowa o schemacie statycznym dwuprzęsłowej belki ciągłej o rozpiętościach teoretycznych $L_t=62,000+68,000=130,000$ m (rys. 9). Styki montażowe scalające elementy wysyłkowe konstrukcji wykonano na palcu budowy w części jako spawane, a w części jako połączenia na śruby sprężające.

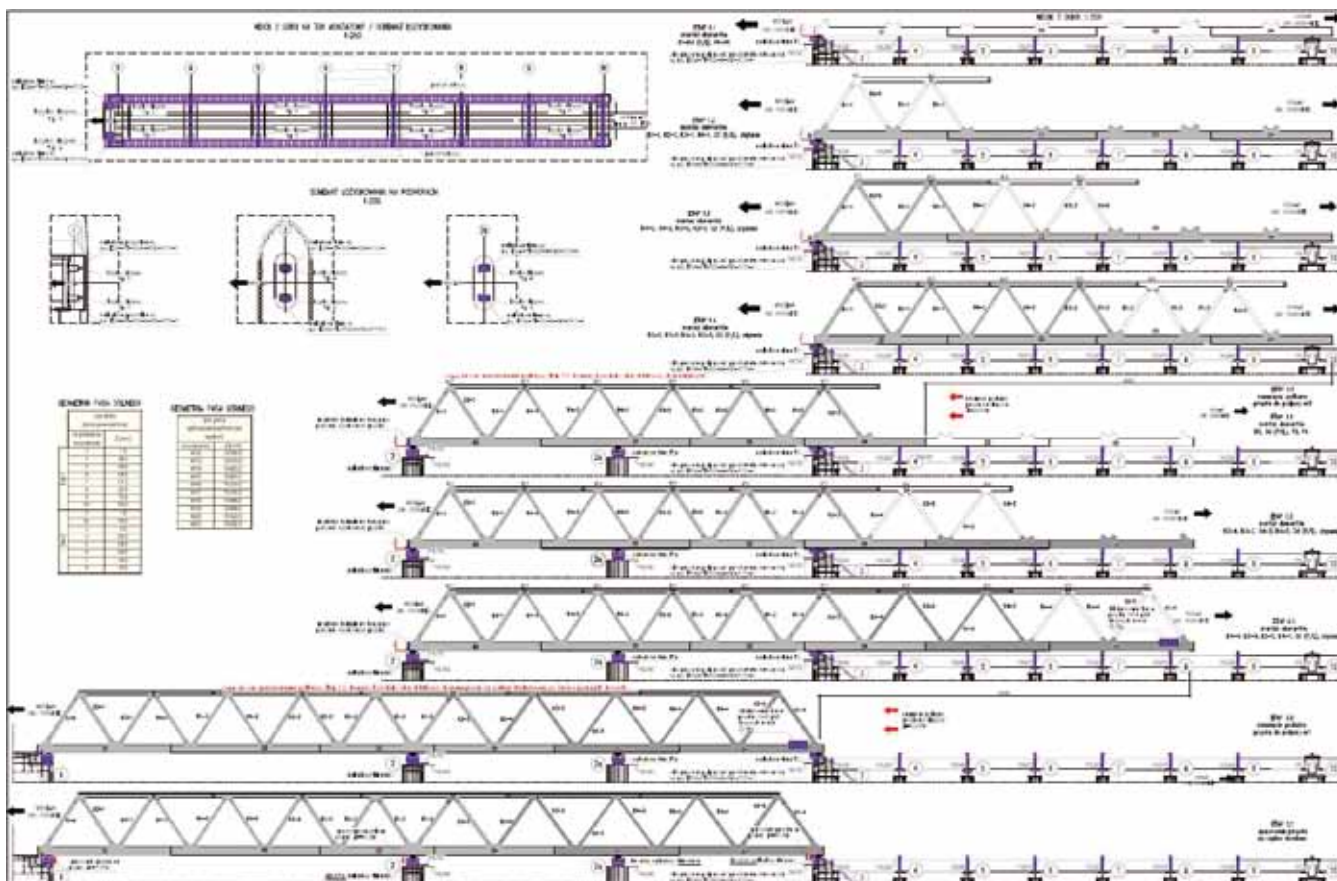
Filar F2a, który na czas nasuwu nowej konstrukcji przęsła wykorzystany został jako podpora technologiczna zostanie docelowo rozebrany.

Siłowniki hydrauliczne niezbędne do nasuwu nowej konstrukcji zostały umieszczone na filarze grupowym F3. Analiza zmienionego charakteru pracy filara F3, obciążonego dodatkowymi siłami poziomymi, wskazała na konieczność stabilizacji jego stateczności, którą to stateczność zapewniono stosując rozparcie o filar F4, przy użyciu dźwigarów walcowanych HEB300 w pakietach (rys. 10).

Proces montażu i scalania elementów wysyłkowych, transportowanych z wytwórni konstrukcji stalowych na plac budowy trans-

portem samochodowym, wykonano na torze montażowym, który był jednocześnie torem przewidzianym do operacji nasuwu podłużnego konstrukcji (tor nasuwowy). Tor montażowy został zlokalizowany na przęsłach żelbetonowych, pomiędzy podporami F3 i F10 (rys. 11).

Proces nasuwu przęsła, ze względu na fazy scalania nowej konstrukcji kratowej, podzielony został na trzy zasadnicze etapy. W pierwszym etapie scalony został fragment konstrukcji umożliwiający bezpieczny nasuw i czasowe łożyskowanie fragmentu konstrukcji na podporze F2. Następnie na torze nasuwowym zmontowano pozostałą część konstrukcji i rozpoczęto proces nasuwu w docelowe położenie. Ze względów bezpieczeństwa należało przed rozpoczęciem nasuwu konstrukcji w drugim etapie dobalastować nowo scaloną konstrukcję, zabezpieczając w ten sposób zachowanie jej stateczności w trakcie operacji nasuwu. Ze względów statyczno-wytrzymałościowych należało również wzmocnić fragment pasa dolnego dodatkowymi, wewnętrznymi nakładkami prze-



12. Nasuw podłużny (fragment Projektu Technologicznego)

kroju skrzynkowego. Zabieg ten pozwolił na rezygnację z montażu, przewidywanej pierwotnie, konstrukcji awanbeku.

Analiza modelowa konstrukcji nasuwanej pozwoliła na określenie przemieszczeń pionowych jej swobodnego końca na ok. 170 mm. Zrealizowane w trakcie operacji nasuwu precyzyjne pomiary geodezyjne wykazały, że w chwili występowania największego od wspornika (tuż przed wjazdem przęsła na

przyczółek P2) przemieszczenie pionowe wyniosło max. 145 mm.

Po zakończeniu operacji nasuwu i usytuowaniu konstrukcji przęsła nad docelowym miejscem łożyskowania, rozpoczął się trzeci i ostatni etap – opuszczanie konstrukcji na docelową rzędną z jednoczesnym, docelowym jej łożyskowaniem. Rysunek nr 12 przedstawia fragment Projektu Technologicznego, z podziałem na poszczególne fazy.

Podsumowanie

Technologia budowy tak dużych obiektów mostowych stanowi zawsze ciekawe wyzwanie inżynierskie zarówno dla projektantów, jak również dla bezpośrednich wykonawców robót. Zaprojektowana przez BPK Mosty s.c. i zrealizowana przez PUT Intercom Sp. z o.o. technologiczna operacja demontażu i montażu przęsła pozwoliła na szybkie, oszczędne i bezpieczne wykonanie prac bez konieczności wprowadzenia zamknięć torowych w sąsiednim torze nr 1 i przy znikomym ograniczeniu możliwości żeglugi na rz. Odrze.

Zrealizowana dotychczas operacja demontażu istniejących konstrukcji kratowych oraz montażu nowej konstrukcji kratowej w torze nr 2 mostu w km 5+845 linii kolejowej nr 271 i zdobyte w tym czasie doświadczenia Projektanta i Wykonawcy Robót pozwolą na ewentualne usprawnienie i przyspieszenie prac nad, planowanymi w okresie grudzień 2013 - czerwiec 2014, demontażem i montażem konstrukcji w torze nr 1 przedmiotowego mostu. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Dokumentacja projektowa BPK Mosty s.c., 2009,
- [2] Dokumentacja fotograficzna BPK Mosty s.c., 2012,
- [3] Dokumentacja fotograficzna PUT INTERCOR Sp. z o.o., 2013.
- [4] Dokumentacja fotograficzna Grzegorz Kilian, 2013



13. Widok z lotu ptaka nowej konstrukcji, po jej nasuwie w położenie docelowe