

Przebudowa mostu nad Wisłą w ciągu obwodnicy Krakowa

# Dźwigi na belkach VFT® i rzecznych barkach

Marcin Braś<sup>1</sup>

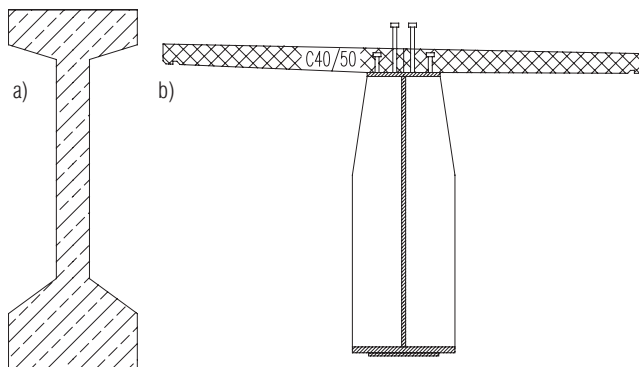


Gościem Mota-Engil Polska i kontraktu Balice – Opatkowice był 4 września 2008 r. prezydent Republiki Portugalii prof. Cavaco Silva. Przebywającego w Polsce z trzydniową wizytą prezydenta powitali w imieniu Mota-Engil Antonio Mota i dyrektor generalny Jorge Coelho. Podczas spotkania rozmawiano o udziale MEP w przedsięwzięciach budowlanych w Polsce, a Antonio Mota przedstawił uczestników MEP Academy, innowacyjnego projektu firmy, mającego na celu kształcenie młodej kadry inżynierskiej. Wizyta prezydenta Silvy podkreśliła znaczenie MEP na polskim rynku budowlanym i umocniła wizerunek firmy jako solidnego i rzetelnego partnera w branży.

Kluczową inwestycją realizowaną przez Mota-Engil Polska SA w ramach przebudowy autostrady A4 na odcinku Balice – węzeł Tyniecki – Opatkowice, była przebudowa mostu na Wiśle. Głównym celem przebudowy było dostosowanie parametrów mostu do wymagań autostradowych oraz podwyższenie jego parametrów wytrzymałościowych. Projekt wykonawczy zakładał przebudowę całego ustroju nośnego i zastąpienie go nowym, o konstruk-

cji zespolonej, w technologii VFT®. Dodatkowo postanowiono przebudować przyczółek mostu od strony Opatkowic. Decyzja ta była spowodowana nierównomiernym i nieprzewidywalnym osiadaniem starej podpory.

Nowy ustrój nośny pod każdą nitkę autostrady zaprojektowano jako pojedyncze przęsło, swobodnie podparte, o rozpiętości 35 m, oraz czteroprzęsłowy ustrój ciągły 35,5 + 36,0 + 36,0 + 35,5 m, z belek VFT®. Konstrukcja starego mostu wspierała się na belkach WBS o długości 35 m każda, jako pięciu przęsłach swobodnie podpartych. Nowy przyczółek mostu posadowiono na palach wielkośrednicowych  $\varnothing$  1500 mm o długości 18,0 m (ryc. 1).



Ryc. 1. Belka WBS i VFT®

	stary most	nowy most
konstrukcja	Płyta żelbetowa na belkach WBS (ciężar belki ~80 t)	Płyta zespolona na belkach VFT® (ciężar belki ~40 t)
długość przęsła	35 m	35–36 m
szerokość jezdni	900 cm (JL) – 910 cm (JP)	985 cm (JL i JP) bez ruchu pieszego

Tab. 1. Ważniejsze parametry płyty mostu

<sup>1</sup> Mota-Engil Polska SA.

<sup>2</sup> Kołakowski T., Marecki A., Lorenc W., Kubica E.: *VFT® - prefabrykowane dźwigi zespolone z aktywnym deskowaniem betonowym*. Konferencja Naukowo-Techniczna Mosty Małe: Problemy projektowania, budowy oraz utrzymania mostów małych i średnich rozpiętości. Wrocław, 2–3 grudnia 2004; Lorenc W., Kosecki W., Braś M., Marecki A.: *Przykład montażu mostu zespolonego z dźwigów ustawionych na prefabrykatkach VFT®*.

Głównym problemem podczas realizacji zadania był dobór właściwej technologii, która pozwoliłaby w możliwie najprostszy i najszybszy sposób na demontaż starych i montaż nowych belek oraz wykonanie w międzyczasie nowego przyczółka. Należy podkreślić, że w trakcie budowy obiektu (koniec lat 80. XX w.) Wisła płynęła starym korytem, a budowa była prowadzona „na sucho”.

W fazie przygotowania realizacji projektu analizowano kilka sposobów demontażu i montażu belek. Wstępnie planowano zastosować suwnice, za pomocą których wykonuje się obiekty w technologii belek prefabrykowanych o dużych rozpiętościach. Korzystając z siły wyporu, przeliczono fizyczne możliwości podniesienia całego przęsła (pięć belek WBS). Sprawdzono wszystkie możliwości ustawienia dźwigów na moście. Problemem jednak było przystosowanie każdego typowego rozwiązania do warunków rzeczywistych.

Głównym warunkiem doboru technologii stała się jednak kolejność wykonywania prac na całej obwodnicy Krakowa. Modernizację drogi A4 postanowiono rozpocząć od jezdni lewej (kierunek Balice). Most w ciągu jezdni lewej był umiejscowiony od strony wody i ograniczony stopniem wodnym. Organizacja ruchu na autostradzie i warunki dostępu pozwalały właściwie wyłącznie na montaż i demontaż przy wykorzystaniu remontowanego odcinka autostrady. Adaptacja suwnicy do wykonania zadania stała się zbyt czasochłonna i ekonomicznie nieuzasadniona. Po konsultacjach z projektantami konstrukcji belek VFT®, zdecydowano się na pionierskie rozwiązanie problemu. Założono wykorzystanie w odpowiedniej kolejności tandemu dźwigów 200 t, które będą ustawiane na płytach z belkami WBS i belkami VFT® jedynie z deskowaniem aktywnym (bez płyty). Dodatkowo obwarowania, jakie nałożyły na wykonawcę instytucję zarządzającą infrastrukturą otaczającą most, tj. MEW (Mała Elektrownia Wodna) oraz RZGW (Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej), były kolejnym utrudnieniem, które wykonawca musiał sprawnie rozwiązać, by móc kontynuować roboty.

Po szczegółowej analizie przyjętej technologii, do demontażu belek przy płynącej Wiśle i istniejącym stopniu wodnym „Kościszko” doszły problemy związane z konstrukcją mostu. Analiza belek WBS dostarczyła informacji o ich niewystarczającej wytrzymałości. Ustawienie tak dużych dźwigów (ciężar całkowity z balastem 100 t plus ciężar podnoszonej belki), groziło kata-

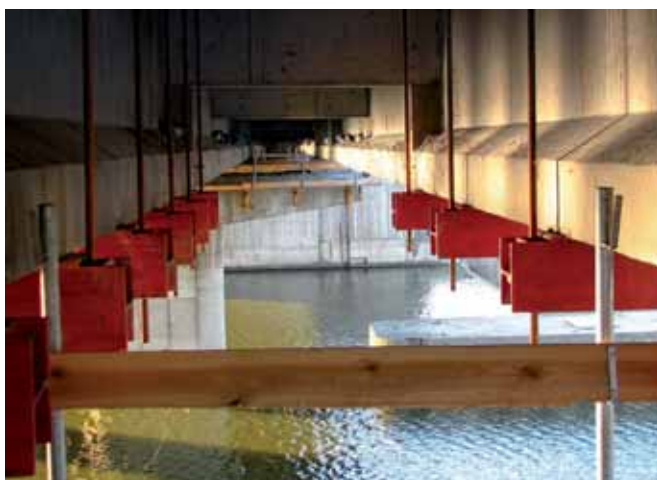
strofą budowlaną. Siły ścinające były zbyt duże i przekraczały możliwości belek. Dodatkowo siła skupiona, występująca pod najbardziej obciążoną łapą dźwigu, powodowała bardzo duże naprężenia skręcające w filarach mostu.

Wyjściem z tej sytuacji było wykonanie specjalnych wzmocnień samych belek WBS i filarów. Stare belki opasano w kilku rzędach (zgodnie z osobnym projektem) i wprowadzono naprężenia ściskające o wartości 540 kN na każdy pręt sprężający (ryc. 2). Wzmocnienie filarów mostu (ryc. 3) polegało na wykonaniu odpowiednich zastrzałów, które miały przenosić siły skręcające na trzon filara. Każde z tych zadań należało wykonać przed rozpoczęciem właściwego demontażu belek.



Ryc. 3. Wzmocnienie filaru mostu – lewa jezdnia (kierunek Balice)

Jak już wspomniano, budowę jezdni lewej wykonano za pomocą dźwigów 200 t. Konstrukcja belek VFT® z cienką płytą, o grubości 10–12 cm (ryc. 4), posłużyła jako ustrój nośny. Belki zostały specjalnie przystosowane do takiego typu obciążenia. W trakcie wykonywania deskowania aktywnego na belkach stalowych pozostawiono specjalne gniazda, w miejsce których była montowana platforma (ryc. 5, 6), umożliwiająca ustawienie dźwigu w odpowiedniej pozycji. Czoła belek zostały odpowiednio wzmocnione (ryc. 7). Dodatkowo zamontowano specjalne podkłady pod łapy, które rozkładały siłę na dwie belki VFT®.



Ryc. 2. Wzmocnienie belek WBS prętami Macalloy



Ryc. 4. Belki VFT® na polu prefabrykacji



Ryc. 5. Platforma najazdowa dla dźwigu na VFT®





Ryc. 6. Dźwig w trakcie najazdu na platformę



Ryc. 7. Wzmocnienie belek VFT® pod tapy dźwigu

Opisane rozwiązanie zastosowano pierwszy raz przy realizacji obiektów w tej technologii. Belki VFT® okazały się wystarczająco wytrzymałe i sztywne. Warto podkreślić, że wszelkie zmiany w konstrukcji belek wykonano w wytwórni. W gestii wykonawcy na placu budowy zostało jedynie pozostawienie gniazd do osadzenia elementu najazdowego dla dźwigów. Minusem tego rozwiązania były koszty, jakie należało ponieść na wytworzenie platformy, która ze względów konstrukcyjnych prawdopodobnie nie znajdzie zastosowania w innych realizacjach.

Tę prezentację ważniejszych asortymentów robót koniecznych do wykonania zadania warto jeszcze uzupełnić o konstatację, że priorytetem w tak trudnych projektach jest bezpieczeństwo pracowników. Dlatego wokół każdego filara wykonano specjalne

podesty robocze (ryc. 8), które zabezpieczały przed upadkiem z wysokości i dawały większe pole manewru w trakcie przygotowywania podparć tymczasowych i deskowań poprzecznic belek VFT®. Poniżej przedstawiono w punktach technologię rozbiórki oraz montażu jezdni lewej.



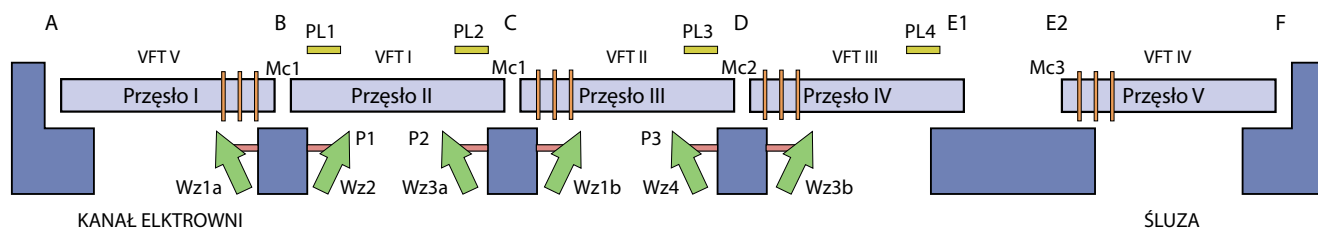
Ryc. 8. Platforma najazdowa dla dźwigu

Technologia rozbiórki / montażu jezdni lewej (ryc. 9):

- 1) Wykonanie podestów zabezpieczających wokół filarów (P1, P2, P3)
- 2) Wykonanie wzmocnienia filara B i filara C (Wz1a, Wz1b)
- 3) Wykonanie wzmocnienia belek WBS (Mc1)
- 4) Rozbiórka i demontaż przęsła B-C
- 5) Montaż przęsła VFT® B-C
- 6) Montaż platformy na VFT® (PL1)
- 7) Wykonanie wzmocnienia filara B (Wz2)
- 8) Rozbiórka i demontaż przęsła A-B
- 9) Wykonanie wzmocnienia belek WBS (Mc2)
- 10) Montaż platformy na VFT® (PL2)
- 11) Wykonanie wzmocnienia filara C i filara D (Wz3a, Wz3b)
- 12) Rozbiórka i demontaż przęsła C-D
- 13) Montaż przęsła VFT® C-D
- 14) Wykonanie wzmocnienia belek WBS (Mc3)
- 15) Montaż platformy na VFT® (PL3)
- 16) Wykonanie wzmocnienia filara D (Wz4)
- 17) Rozbiórka i demontaż przęsła D-E1
- 18) Montaż przęsła VFT® D-E1
- 19) Montaż platformy VFT® (PL4)
- 20) Rozbiórka i demontaż przęsła E2-F
- 21) Montaż przęsła VFT® E2-F
- 22) Montaż platformy VFT® (PL1)
- 23) Montaż przęsła VFT® A-B

Rozbiórka, demontaż i montaż belek mostu jezdni lewej zostały podzielone na 23 etapy. Wszystkie roboty przygotowawcze zostały wykonane przy pomocy barek (wykonanie wzmocnień i podestów roboczych). Rozbiórkę płyty spinającej belki WBS wykonano za pomocą młotów hydraulicznych na koparkach.

Roboty dla jezdni lewej dobiegły końca na początku maja 2008 r. Do zakończenia kontraktu pozostawało zaledwie sześć miesięcy. Technologia demontażu jezdni lewej nie miała zastosowania dla jezdni prawej ze względów na czas trwania poszczególnych etapów. W linii krytycznej realizacji zadania pojawił się przyczółek od strony Opatkowic. Nowe możliwości rozbiórki dawało usytuowanie jezdni prawej nieco dalej od stopnia wodnego. Istniała możliwość swobodnego poruszania się pod płytą mostu, bez kolizji z urządzeniami wodnymi. Wykorzystano to do zmiany technologii na „demontaż za pomocą barek” (ryc. 10).



Ryc. 9. Technologia rozbiórki / montażu jezdni lewej



Ryc. 10. Demontaż belek WBS



Ryc. 11. Transport dźwigarów WBS



Ryc. 12. Najazd na barki



Ryc. 13. Zabezpieczenie dźwigów i belek balastowych na barkach



Ryc. 14. Barki w czasie demontażu belek WBS



Ryc. 15. Montaż ostatniego przęsła belek VFT®

Podstawowym założeniem było rozpoczęcie demontażu od przęsła I, a następnie V. Po demontażu belek przęsła V, zamontowano belki VFT®. Roboty te wykonano analogicznie, jak dla jezdni lewej. Po tej fazie prac, przęsła II, III i IV zostały odcięte od strony przyczółków. Aby umożliwić komunikację po remontowanym moście, wykonano platformy, które dawały możliwość wjazdu i zjazdu na czynny sąsiedni obiekt. Za pomocą tak przygotowanych ciągów komunikacyjnych na płyty wprowadzono ciężki sprzęt do ich rozkucia. W pierwszej kolejności zajęto się przęsłem III. Demontaż belek WBS z tego przęsła był ostatnim etapem prac wykonywanym według założeń projektu dla z jezdni sąsiedniej (tzn. demontaż przez dźwigi ustawione na starych płytach).

Na moście pozostało tylko 10 belek WBS w osiach B-C oraz D-E1, które musiano zdemontować „z wody”. W tym celu przystosowano dwie barki, o wyporności 750 t każda, do pracy z dźwigami o maksymalnym udźwigu do 250 t (ryc. 12, 13). W pobliżu żwirowni przygotowano specjalną rampę najazdową / zjazdową dla dźwigów (ryc. 11). Adaptacja berek została ściśle określona w specjalnym opracowaniu, które wymagało akceptacji Polskiego Rejestru Statków w Gdańsku. Ustawienie oraz zamocowanie dźwigów do pokładu berek podlegało bezpośrednio nadzorowi przez uprawnionego przedstawiciela PRS i zostało bezpośrednio odebrane przed rozpoczęciem operacji podnoszenia belek.

Tak przygotowanym zestawem wykonano demontaż: odpowiednio przęsła IV i II, montaż belek VFT®, odpowiednio przęsła IV, III, II. Ostatnie przęsło nowych belek VFT® zostało zamontowane za pomocą dwóch dźwigów ustawionych na stałym lądzie w okolicach nowego przyczółka A (ryc. 14). Poniżej w punktach przedstawiono technologię rozbiórki oraz montażu jezdni prawej.

Technologia rozbiórki / montażu jezdni prawej (ryc. 16):

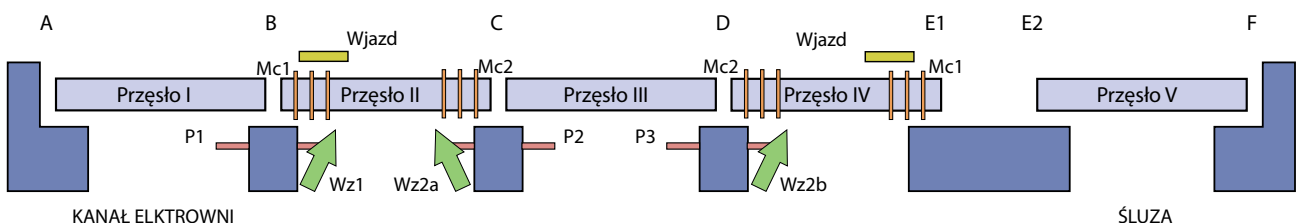
- 1) Wykonanie podestów zabezpieczających wokół filarów (P1, P2, P3)
- 2) Wykonanie wzmocnienia filara B (Wz1)

- 3) Wykonanie wzmocnienia belek WBS (Mc1)
- 4) Rozbiórka i demontaż przęsła A-B
- 5) Rozbiórka i demontaż przęsła E2-F
- 6) Montaż przęsła VFT® E2-F
- 7) Wykonanie wzmocnienia belek WBS (Mc2)
- 8) Wykonanie wzmocnienia filara C i D (Wz2a, Wz2b)
- 9) Rozbiórka i demontaż przęsła C-D
- 10) Rozbiórka i demontaż przęsła D-E1 (barka)
- 11) Rozbiórka i demontaż przęsła B-C (barka)
- 12) Montaż przęsła VFT® D-E1 (barka)
- 13) Montaż przęsła VFT® C-D (barka)
- 14) Montaż przęsła VFT® B-C (barka)
- 15) Montaż przęsła VFT® A-B (ryc. 15)

Technologia dla jezdni prawej zawiera tylko 15 etapów robót. Wszystkie prace wyburzeniowe i zabezpieczające były wykonywane w taki sam sposób, jak dla jezdni lewej. Różnica polegała tutaj głównie na rezygnacji z wykorzystania belek VFT® do kolejnych montażi / demontaży, zmniejszeniu robót dodatkowych (wzmocnienia konstrukcji) oraz na możliwości wykorzystania dźwigów ustawionych na barkach po stronie wody górnej mostu.

Realizacja przebudowy mostu nad Wisłą w ciągu drogi A4 niosła w sobie nietypowe i jedyne w swoim rodzaju podejście do problemów inżynierskich poprzez wykorzystanie nowych, smukłych belek VFT® jako ustroju nośnego do pracy dźwigów o masie całkowitej 100 t (po raz pierwszy na świecie) oraz adaptację berek, przeznaczonych do przewozu kruszywa rzeczno, do pracy z 250-tonowymi dźwigami na Wiśle.

Roboty wykonywane na jednostkach pływających przez tak duże żurawie samojezdne są rzadko realizowane na terenie Polski. Mnogość przeszkód pojawiających się w trakcie realizacji, przy wyjątkowo specyficznych rozwiązaniach, wymagała szybkiego i trafnego podejmowania decyzji. Most na Wiśle jest przykładem nowatorskiej realizacji w dążeniu do celu, jakim jest powodzenie całego kontraktu.



Ryc. 16. Technologia rozbiórki / montażu jezdni prawej