

ZWIĄZEK MOSTOWCÓW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

POLISH SOCIETY OF BRIDGE ENGINEERS

Collective Member of
International Association for Bridge and Structural Engineering

BIULETYN INFORMACYJNY

nr 1 (71) 2014 r.

Droży Mostowcy

Z satysfakcją pragnę poinformować, że Uchwałą Zarządu Związku Mostowców Rzeczypospolitej Polskiej, zatwierdzoną przez Krajowy Zjazd Delegatów Związku 25. kwietnia 2013 roku, **18. dzień maja** ustanowiony został **Dniem Mostowca**.

To święto obchodzone przez ludzi wykonujących prace związane z projektowaniem, budową, nadzorem czy administrowaniem mostów.

W tym szczególnym Dniu proszę przyjąć życzenia dalszych sukcesów i osiągnięć w pracy zawodowej. Niech Państwa twórczy wysiłek spotyka się zawsze z uznaniem, wdzięcznością i wsparciem społeczeństwa oraz nadal pozostawia trwały ślad w krajobrazie Polski.

Życzę wszystkim Mostowcom szczęścia, dobrego zdrowia oraz wszelkiej pomyślności w życiu osobistym i rodzinnym.
Z wyrazami szacunku

Przewodniczący ZMRP
Janusz Szelka

Nagrody Związku Mostowców Rzeczypospolitej Polskiej

Tradycyjne nagrody ZMRP wręczono 18 września 2013 r. podczas Wieczoru Mostowego na Konferencji Naukowej w Krynicy. Gospodarzem był prof. *Janusz Szelka*. Laureaci otrzymali statuetki, medale i dyplomy, które wręczali: przewodniczący ZMRP poprzednich i obecnej kadencji, profesorowie: *Kazimierz Flaga*, *Wojciech Radomski*, *Kazimierz Furtak*, *Janusz Szelka*, oraz podsekretarz stanu w Ministerstwie Infrastruktury *Janusz Żbik*. Osiągnięcia laureatów prezentował przewodniczący Kapituły Dzieło Mostowe Roku prof. *Marek Łagoda*.

Nagrodę w kategorii „**wdrożenie nowych technologii realizacji, nowych rozwiązań konstrukcyjnych oraz nowych rozwiązań w zakresie elementów wyposażenia mostów – mających istotny wpływ na postęp w polskim mostownictwie**” otrzymała wstęgowa kładka pieszo-jezdna w Lubniu. Jest to pierwsza tego rodzaju kładka w Polsce i jedna z niewielu na świecie. Kładkę zaprojektowano jako obiekt jednoprzęsłowy długości 92,0 m i szerokości 5,5 m. Mogą się po niej poruszać samochody do 15 t. Wykonawcą kładki było Przedsiębiorstwo Inżynieryjne IMB Podbeskidzie Sp. z o.o. ze Skoczowa, projektantem *Bogusław Markocki* (DHV Polska), a inwestorem przetargu „Zaprojektuj i wybuduj” Urząd Gminy Lubień.

W kategorii „**obiekt o nowatorskich rozwiązaniach konstrukcyjnych i technologicznych, dobrze wpisujący się w otoczenie**” nagrodę uzyskał wiadukt WD-1 w ciągu trasy J. Słowackiego w Gdańsku. Wiadukt jest konstrukcją czteroprzęsłową długości całko-

witej 261 m. Konstrukcja składa się z przęsła belkowego rozpiętości 40 m, przęsła łukowego 120 m i dwóch przęseł belkowych 56 i 44 m. Główne przęsło wiaduktu jest podwieszane do rurowej konstrukcji łukowej, która składa się z dwóch identycznych łuków przesuniętych względem siebie wzdłuż obiektu o 4,0 m i skrzyżowanych poprzecznie. Betonowa skrzynkowa konstrukcja pomostu została sprężona podłużnie wewnętrznymi i zewnętrznymi kablami. Wykonawcą obiektu była



Wstęgowa kładka pieszo-jezdna w Lubniu



Wiadukt WD-1 w ciągu Trasy J. Słowackiego w Gdańsku

firma Budimex SA z Warszawy, projektantem *Krzysztof Topolewicz* (Top Projekt) i *Tymon Galewski* (GTI), a inwestorem Gmina Miasto Gdańsk, Gdańskie Inwestycje Komunalne.

W kategorii „za rehabilitację konstrukcji mostowej – obiekt na którym wdrożono nowe technologie i innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne oraz organizacyjne” nagrodę otrzymała przebudowa istniejącego mostu przez rzekę Bóbr oraz budowa bliźniaczego mostu drugiej nitki. Sześcioprzęsłowy obiekt żelbetowy o konstrukcji łukowej sklepionej znajduje się w Jeleniej Górze. Z uwagi na zabytkowy charakter obiektu, mającego niepowtarzalne walory architektoniczne i jego dobre wkomponowanie w otoczenie, utrzymano poprzednią formę architektoniczną przeprawy. Wykonawcą była Firma „Gotowski” z Bydgoszczy, projektantem *Krzysztof Kolasa* (Przedsiębiorstwo Inżynieryjnych Usług Projektowo-Technicznych) a inwestorem Miasto Jelenia Góra.



Przedstawiciel Firmy Gotowski, *Janusz Sochacki*, po odebraniu statuetki z rąk prof. *Kazimierza Furtaka*

Medal Związku Mostowców Rzeczypospolitej Polskiej „Za wybitne osiągnięcia w polskim mostownictwie” otrzymali kolejni: *Włodzimierz Bielski*, *Marek Jusik* i *Roman Michalczuk*.

Mgr inż. ANDRZEJ KRUPA
Mgr inż. ROMAN ROGOWSKI
PI IMB Podbeskidzie Sp. z o.o.
Mgr inż. BOGUSŁAW MARKOCKI
DHV Polska



Medal ZMRP odlewany indywidualnie dla każdego laureata

Wśród osiągnięć zawodowych *Włodzimierza Bielskiego*, zwłaszcza w kontekście blisko czterdziestoletniej działalności w branży mostowej, można wymienić budowę obiektów przez Wisłę w Zakroczymiu, w Zadusznikach, mostu Świętokrzyskiego oraz mostu Sierkowskiego w Warszawie, mostu Sucharskiego w Gdańsku, liczne budowy mostów kolejowych oraz mostów na szkodach górniczych.

Marek Jusik jest niezwyklejnym mostowcem, który zawsze dbał i dba o to, aby projekty wykonywane były z należytą starannością, zgodnie ze sztuką inżynierską i najnowszymi osiągnięciami nauki. Dużą wagę przykłada również do estetyki obiektu. W swoim życiu zawodowym zaprojektował kilkadziesiąt obiektów inżynierskich. Do ważniejszych można zaliczyć most św. Rocha w Poznaniu, modernizację linii kolejowej do Zgorzelca, wiadukt kolejowy WK-5 nad autostradą A-2 południowego obojścia Poznania, wiadukt kolejowy o konstrukcji powłokowej nad ulicą Rubież w Poznaniu.

Roman Michalczuk od 1972 r. swoje życie zawodowe poświęca polskiemu mostownictwu. Ma na swym koncie kierowanie budową 30 obiektów, wkładając w realizowane dzieła swoją olbrzymią wiedzę i umiejętność. Rzetelność i uczciwość zawodowa dawały gwarancję poprawnej roboty. To pod jego okiem powstały 3 obiekty, które w poprzednich latach uzyskały statuetkę nagrody „Dzieło Mostowe Roku”: most przez rzekę Łobżonkę, kładka nad torami kolejowymi i Droga Gdyńska w Gdyni oraz wiadukt drogowy nad torami kolejowymi w ciągu ul. Gdańskiej w Bydgoszczy.

Nagrodę im. Mieczysława Rybaka za wybitne osiągnięcia w dziedzinie badań i rozwoju polskiej techniki mostowej otrzymał *Piotr Łaziński* z Politechniki Śląskiej. Sylwetkę laureata przedstawił przewodniczący Kapituły Nagrody im. M. Rybaka dr inż. *Andrzej Niemierko*.

Godny podkreślenia jest fakt, że tak statuetki, jak i medale wykonuje indywidualnie dla każdego nagrodzonego prof. *Stefan Dousa*, artysta rzeźbiarz z Politechniki Krakowskiej.

Piotr Rychlewski
wiceprzewodniczący ZMRP

Pierwsza w Polsce kładka pieszo-jezdna o konstrukcji wstęgowej z betonu sprężonego

Umiejscowienie obiektów mostowych w ważnych punktach widokowych, zarówno w kontekście zabudowy miejskiej, jak i w krajobrazie przyrodniczym stawia istotne wymagania funkcjonalne i konstrukcyjne. Obecnie od powstających kładek wymaga się nie tylko trwałości i estetyki, ale również zintegrowania z otoczeniem, bezpieczeństwa, wyrażania wartości społecznych i kulturalnych, nie pozostając przy tym obojętnym na obecne osiągnięcia technologiczne. Zróżnicowany charakter zabudowy i terenu przylegającego powoduje, że

każda z kładek jest rozwiązywana w sposób oryginalny. Postępujący rozwój materiałów budowlanych i rozwiązań technologicznych sprzyja powstawaniu ciekawych i nowatorskich projektów obiektów inżynierskich. Jednym z takich projektów jest zrealizowana w 2011 r. kładka pieszo-jezdna o konstrukcji wstęgowej z betonu sprężonego. Została ona zbudowana w miejscowości Lubień, 30 km na południe od Krakowa. Łączy ona brzegi rzeki Raby i wkomponowuje się w naturalny górzysty krajobraz Beskidu Wyspowego i Średniego. Kładka powstała

w miejscu mostu zniszczonego przez powódź w 2009 r. Podpory tego obiektu posłużyły do wykonania tymczasowej, prowizorycznej przeprawy przez rzekę służącej mieszkańcom.

Ogólna charakterystyka kładki

W maju w 2011 r. gmina Lubień rozpiła nieograniczony przetarg pt. „Zaprojektuj i wybuduj kładkę pieszo-jezdną przez rzekę Rabę km 90+962 w Lubniu”. Kryteria, które musiała spełnić oferta to:

- 1) kładka pieszo-jezdna przenosząca obciążenie klasy E (dopuszczalna masa przejeżdżającego samochodu do 15 t),
- 2) minimalne światło obiektu mostowego o parametrach:
 - rozpiętość co najmniej 71 m,
 - spód konstrukcji wzniesiony ponad rzędną 354,93 m n.p.m. (dla rzędnej wody miarodajnej rzeki Raby przy przepływie Q 1% rzędna 353,00 m n.p.m.),
- 3) minimalne wymiary pomostu zapewniające:
 - jezdnię szerokości 2,75 m,
 - jednostronny chodnik szerokości 1 m,
 - opaska bezpieczeństwa szerokości 0,25 m,
- 4) zakończenie budowy obiektu do 27.12.2011 r. (realizacja obiektu, włącznie z wykonaniem projektu, niecałe 7 miesięcy),
- 5) kryterium wyboru ofert – 100% cena.

Bardzo wysokie wymagania dotyczące światła kładki nad rzeką Raba oraz konieczność zamknięcia finansowania budowy obiektu jeszcze w 2011 r. spowodowały, że do przetargu zgłosiły się tylko trzy firmy. Zwycięzcą została firma budowlana IMB Podbeskidzie Sp. z o.o. z siedzibą w Skoczowie, która we współpracy z biurem projektów DHV Polska Sp. z o.o. zaoferowała najatrakcyjniejsze cenowo i jakościowo rozwiązanie. Konstrukcję nośną zaprojektowano jako wstęgową z betonu sprężonego o wysokiej wytrzymałości (rys. 1).



Rys. 1. Kładka pieszo-jezdna w Lubniu

Podstawowe parametry projektowanej kładki:

- długość całkowita obiektu 91,40 m;
 - światło poziome 71,40 m.
- Szerokości elementów przekroju poprzecznego:
- ciąg pieszo-jezdny 2,75 m,
 - chodnik z krawężnikiem $2 \times 1,00 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$,
 - szerokość całkowita pomostu 5,54 m.

Obiekt zaprojektowano według PN-S-10030:1985 na obciążenie tłumem pieszych oraz obciążenie taborem samochodowym klasy E, o ciężarze 240 kN i obciążeniu równomiernie rozłożonym $q = 1,2 \text{ kN/m}^2$, z dopuszczeniem przejazdów po obiekcie pojazdów o masie do 15 t.

Zastosowano następujące materiały:

1. Beton w kładce

Element konstrukcyjny	Klasa wytrzymałości betonu według PN-EN 206-1:2003 PN-EN 1992-1-1:2005
Ustrój nośny	C 50/60
Przyczółek (bez łoża ślizgowego)	C 30/37
Łoże ślizgowe	C 50/60 niskoskurczowy
Beton wyrównawczy	C 12/15
CSM (Cutter Soil Miting)	>C8/10

2. Stal zbrojeniowa. Do zbrojenia konstrukcji przyjęto pręty zbrojeniowe ze stali BSt500S odpowiadającej stali klasy AIIIIN według klasyfikacji stali zbrojeniowej określonej w PN-S-10042:1991. Do zbrojenia konstrukcji baret wykonywanych w technologii CSM przyjęto również stal klasy AIIIIN.

3. Liny nośne i sprężające. Stal sprężająca o wytrzymałości $R_{wk} = 1860 \text{ MPa}$. Zbrojenie sprężające 12-, 19- i 24-splotowe (splot średnicy 15,7 mm)

4. Kotwy gruntowe. Stal wysokogatunkowa niskowęglowa.

Posadowienie

Konstrukcja wstęgowa kładki generuje bardzo duże siły poziome, które powstają w punktach zamocowania pomostu na przyczółkach i dalej są przenoszone przez korpus i ławę fundamentową na konstrukcję posadowienia. Mając duże doświadczenie w tym zakresie, główny wykonawca, firma IMB Podbeskidzie Sp. z o.o., zaprojektowała i wykonała posadowienie blokowe w technologii CSM (Cutter Soil Mixing) w postaci baret cementowo-gruntowych o wymiarach $0,55 \times 2,40/2,20 \text{ m}$ (rys. 2 i 3). Takie rozwiązanie doprowadziło do radykalnego poprawienia właściwości mechanicznych istniejącego podłoża gruntowego. W połączeniu z zaczynem cementowym grunt przybrał postać cementogruntu, którego gwarantowana wytrzymałość na ściskanie wyniosła nie mniej niż 15 MPa. Dzięki takiemu uformowaniu bloków fundamentowych zwiększa się opór od tarcia na powierzchniach bocznych oraz odpór gruntu w części frontowej fundamentu. Baryły zostały zwieńczone ławą fundamentową długości 16,7 m, szerokości 9,85 m i wysokości 1,4 m. W celu zapewnienia stateczności fundamentu zastosowano dodatkowo 12 kotew trwałych długości 18,5 m i nośności granicznej 1820 kN. Następnym etapem budowy podpór było wykonanie korpusu przyczółków oraz łoża przesuwne. Masywny korpus



Rys. 2. Korpus przyczółka z łożem ślizgowym



Rys. 3. Wykonywanie pali CSM

o długości 10,5 m, szerokości 5,54 m i wysokości 5,2 m wykonano segmentowo w dostosowaniu do technologii wykonania kładki. Łoże ślizgowe ustawione na cokołach z łożyskami elastomerowymi miało stałą konstrukcję podporową kabli nośnych.

W celu przyspieszenia prac podpory były wykonywane jednocześnie po obu stronach rzeki Raby.

Prefabrykacja

Przedsiębiorstwo Inżynieryjne IMB Podbeskidzie Sp. z o.o. ma własną halę przeznaczoną do produkcji prefabrykatów, wraz z węzłem betoniarskim. Ze względu na wymaganie dokładności montażu i duże siły występujące na stykach segmentów betonowych (rys. 4), każdy element musi charakteryzować się wysoką jakością wykonania. Dodatkowo bardzo smukły kształt utrudnia umiejscowienie wielu elementów nośnych i wyposażenia.



Rys. 4. Betonowanie segmentu w specjalnej formie

Ustrój nośny

Dzięki zastosowaniu konstrukcji w kształcie parabolicznej wstęgi o małej strzałce zwisu (1,40 m w stanie bezużytkowym) wyeliminowano w dużym stopniu momenty zginające, co pozwoliło na wykonanie lekkiej konstrukcji przenoszącej relatywnie duże obciążenia użytkowe. Zdecydowanie większą część ustroju nośnego stanowi 19 trzymetrowych prefabrykatów, zawieszonych na ośmiu 24-splotowych linach nośnych (rys. 5). Liny te zostały wprowadzone w stalowe rury zamocowane na tymczasowych rusztowaniach.



Rys. 5. Montaż wieszaków podtrzymujących element

Po wstępnym sprężeniu lin nośnych i zdemontowaniu rusztowań, można było przystąpić do montażu prefabrykatów. Kluczową rolę odgrywało precyzyjne ustawienie sytuacyjne i wysokościowe

elementów. Każdy segment musiał być idealnie dopasowany do poprzedniego i ustawiony prostopadle do osi podłużnej i poprzecznej mostu.

Z uwagi na duże odkształcenie lin pod sporym ciężarem prefabrykatów, montaż podzielono na kilka etapów. W pierwszym etapie zamontowano 7 prefabrykatów, po czym wykonano korektę naciągu lin nośnych, a w następnej kolejności zamontowano pozostałe 12 prefabrykatów i po raz kolejny naciągnięto liny nośne. Operacja ta również wymagała dokładności z uwagi na jednakowe rozłożenie sił w linach nośnych.

Ze względu na zmienną wysokość zwisu podczas montażu prefabrykatów, przyporowocowe elementy pomostu zostały wykonane „na mokro”, a deskowania zawieszano na kablach nośnych. Ta metoda gwarantowała płynne przejście z prefabrykatów na elementy betonowane. Po 7 dniach od zabetonowania odcinków przyporowocowych oraz wnęk pod kable nośne, przystąpiono do sprężania, które wymagało dużej precyzji, ponieważ siły w kablach sprężających wpływały bezpośrednio na odkształcenia kładki. Dlatego, aby kable były jednakowo naciągnięte, a odkształcenia konstrukcji nie przekroczyły zakładanej dokładności, operacja sprężania została wykonana w 3 etapach. Stosowano naciąg symetryczny dwóch kabli z jednej strony pomostu, wykonywany za pomocą dwóch pras naciagowych. Naciąg prowadzono do uzyskania docelowej strzałki ugięcia, przy zachowaniu jednakowych sił w kablach. Kolejnym etapem było zabetonowanie wnęk w przyczółkach w miejscu lokalizacji głowic kabli sprężających oraz doprężenie kabli za korpusem przyczółków. Następnie zabetonowano wnęki na głowice w korpusie przyczółków oraz przestąpiono do montażu wyposażenia. Całość robót związanych ze sprężeniem wykonała firma MEKANO4.

Ostatnim etapem prac było wykonanie nawierzchni jezdni i chodników. W związku z temperaturami ujemnymi, zaistniała konieczność wykonania namiotu ogrzewanego ciepłym powietrzem.



Rys. 6. Kładka wstęgowa w Lubniu

Po 5 miesiącach, w sprzyjających warunkach atmosferycznych inwestor, gminie Lubień, zakończyła wszystkie prace przy budowie omawianej kładki, w tym wykonanie najazdów (rys. 6).

Podsumowanie

Realizacja kładki wstęgowej w Lubniu dostarczyła projektantom oraz wykonawcom bardzo dużo cennych doświadczeń. Zastosowane rozwiązania pozwoliły na znaczne obniżenie kosztów wykonania pomostu oraz znacząco przyspieszyły czas jego realizacji, co było konieczne przy przyjętym bardzo krótkim czasie wykonania. Wejście na plac budowy (wykonanie CSM) nastąpiło pod koniec sierpnia 2011 r., a prace konstrukcyjne zakończono w listopadzie 2011 r. Rozwiązania przyjęte w omawianej kładce można stosować przy budowie lekkich mostów, uzyskując przy tym wysoką trwałość, estetyczny wygląd oraz niskie koszty i krótki czas realizacji.

Budowa wiaduktu Wd-1 w ciągu trasy Słowackiego w Gdańsku

Od sierpnia 2011 do grudnia 2012 r. firma Budimex zrealizowała III odcinek trasy Słowackiego w Gdańsku, wraz z wiaduktem łukowym nad terenami PKP. Złożone warunki gruntowo-wodne, inżynieria w tory górki rozrządowej w połączeniu ze złożoną geometrią konstrukcji okazały się wymagającym zadaniem inżynierskim. Kompleksową obsługę projektową wykonawcy zrealizowały firmy Top Projekt Krzysztof Topolewicz i GTI Tymon Galewski

Charakterystyka wiaduktu Wd-1

Wiadukt Wd-1 przeprowadza ruch samochodowy nad nową ul. Stadionową, terenami kolejowymi i ul. Jana Kochanowskiego. Wiadukt jest konstrukcją czteroprzęsłową o długości całkowitej 261 m, składającą się z przęsła belkowego rozpiętości 40 m, przęsła łukowego rozpiętości 120 m i dwóch przęseł belkowych rozpiętości 56 i 44 m.

Geometrycznie obiekt jest dosyć skomplikowany, ponieważ został zaprojektowany na łuku poziomym i pionowym, a szerokość jezdni jest zmienna. W przekroju poprzecznym konstrukcję pomostu stanowi skrzynka betonowa dwu- lub czterokomorowa, ze wspornikami podporowymi zastrzałami rurowymi.

Główne przęsło obiektu jest podwieszane centralnie do rurowej konstrukcji łukowej. Konstrukcja łukowa składa się z dwóch identycznych łuków przesuniętych względem siebie wzdłuż obiektu o 4,0 m i skrzyżowanych (patrzac na przekrój poprzeczny). Pomiędzy łukami zaprojektowano poprzeczki z rury mniejszej średnicy.

Betonowa skrzynka pomostu została sprężona podłużnie kablami wewnętrznymi 22-splotowymi i kablami zewnętrznymi 19-splotowymi. Poprzecznicę w przęsle łukowym zostały sprężone kablami 9-splotowymi, a sama płyta jezdni pojedynczymi splotami. Pomimo skomplikowanego systemu sprężania, zaprojektowania sprężenia pełnego i przęsła rozpiętości 120 m, wskaźnik sprężenia podłużnego wynosi 24,8 kg/m² obiektu.

Konstrukcja skrzynki betonowej została zaprojektowana w układzie ciągłym, z przęsłem głównym podwieszonym centralnie do stałej konstrukcji łukowej.

Elementem, którego w nie udało się zrealizować w ramach kontraktu, jest rekonstrukcja starej parowozowni kolidującej z obiektem. W zamyśle projektanta *Krzysztofa Topolewicza* było odrestaurowanie starej parowozowni, a w miejscu kolizji z przechodzącym przez nią obiektem celowe pokazanie wyburzenia fragmentów parowozowni. W starym odrestaurowanym obiekcie mogłyby funkcjonować puby i kawiarnie, będąc zapleczem zlokalizowanego w pobliżu stadionu PGE Arena. Efektem architektonicznym byłoby połączenie tradycji i nowoczesności. Niestety pomysł nie zyskał aprobaty, a parowozownia została rozebrana.

Uwarunkowania budowy

Z pozoru proste warunki realizacji okazały się bardziej złożone niż można by się tego spodziewać.

Po pierwsze tereny PKP, nad którymi znajduje się obiekt, charakteryzują się niestabilnym podłożem gruntowym. Tory są ułożone na warstwie nasypu „plywającego” na około 3 m warstwie torfów. Przeprowadzono szereg dodatkowych badań i obliczeń, które wykazały że pełne rusztowanie bez bramek przejazdowych można było posadzić bezpośrednio. Niestety w miejscach bramek przejazdowych siły pionowe były na tyle duże, że torfy pod warstwą nasypu rozplynęłyby się na boki. W związku z tym podpory rusztowań do betonowania konstrukcji musiały być posadowione poniżej warstwy torfów.

Położenie podpór tymczasowych było realizowane metodą prób i błędów z uwagi na gęstą sieć instalacji kolejowych, z których spora część nie była wykazana na mapach PKP lub była w innych miejscach niż w dokumentach.

Kolejnym argumentem za tym, żeby podpory na terenie PKP były odpowiednio silne była konieczność montażu łuku. Zespół projektowy



zaproponował wykonawcy możliwość wjazdu żurawiami na przęsło podparte na podporach (rusztowaniach). Dało to znaczne oszczędności w wielkości zastosowanych żurawi. Montaż żurawiami ustawianymi na konstrukcji był dodatkowo pożądanym z uwagi na zachowanie ruchu na torach pod obiektem.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na organizację i przebieg całej budowy była bliskość stadionu PGE Arena w Gdańsku i realizacja robót w trakcie EURO 2012. Trzeba tutaj stwierdzić, że niektóre założenia organizacyjne okazały się niewykonalne z uwagi na konieczność oddania przed EURO pewnych elementów ciągów komunikacyjnych, które były potrzebne miastu w związku z organizacją imprezy.

Zrealizowana technologia robót

Projekt wykonawczy zakładał realizację obiektu metodą nasuwania podłużnego. Niestety faktyczne warunki, w których wykonawca musiał przystąpić do pracy, okazały się odmienne od założonych w projekcie.

Po pierwsze obszar nasypu za obiektem od strony stadionu PGE Arena, który był pierwotnie przeznaczony na wytwórnię konstrukcji, wypadł na węzle drogowym typu harfa, który miał być przejezdny na EURO 2012.

Po drugie realizacja obiektu metodą nasuwania trwałaby dłużej niż tradycyjną metodą na pełnym rusztowaniu. Wynikało to z konieczności realizacji nasypów po zakończeniu nasuwania i braku możliwości realizacji wszystkich przęseł na raz, a nie tylko po kolei. Wykonawca był świadomy, że realizacja obiektu metodą nasuwania może nieść ryzyko niedotrzymania terminu realizacji robót.

Po licznych konsultacjach z PKP i uzyskaniu pozwoleń na większy niż pierwotnie zakładano zakres podpór na terenie górki rozrządowej, udało się zarezerwować wystarczającą ilość terenu na realizację obiektu w sposób tradycyjny. Decyzja wykonawcy wiązała się ze zwiększeniem kosztów podpór rusztowań, większą ilością prac przy ich posadowieniu, większymi kosztami odtwarzania torów i innych urządzeń PKP, ale miała też kilka istotnych zalet, zwłaszcza możliwość:

– równoczesnej realizacji robót żelbetowych na wszystkich odcinkach; kolejno odkrywano w gruncie instalacje PKP doprowadziły do zatrzymania robót na przęsle łukowym w kluczowym momencie budowy; sprawne reagowanie na ciągle zmieniającą się sytuację przez kierownika budowy *Jacka Szymańskiego* zapewniło, że znajdujące się na budowie brygady pracowały bez przestojów na dwie zmiany na odcinkach, które w danym momencie odblokowywały się,

– wprowadzenia żurawi do montażu łuków na płytę wiaduktu stojącego na podporach montażowych; dzięki temu równocześnie z dokańczaniem robót żelbetowych było możliwe prowadzenie prac montażowych przy konstrukcji łuku,

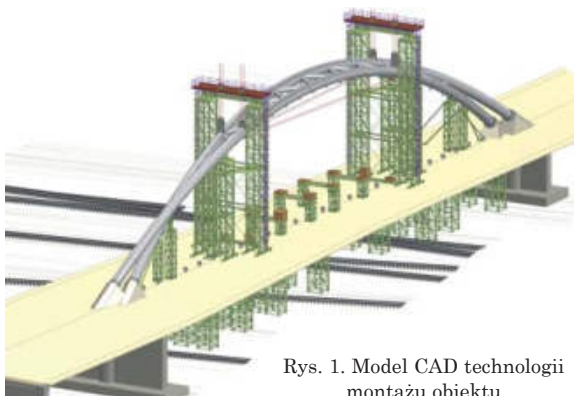
– dokończenia nasypów i robót drogowych niezależnie od prac na obiekcie,

– realizacji robót wykończeniowych na przęsłach belkowych jednocześnie z montażem łuku i naciąganiem wieszaków.

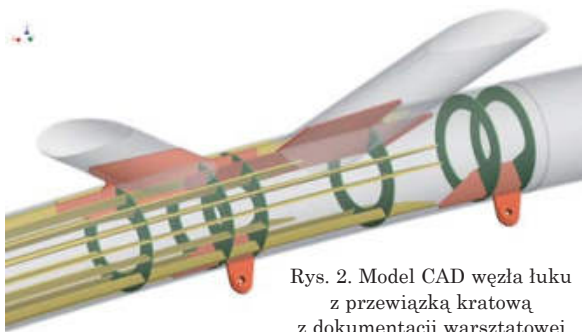
Obliczenia konstrukcyjne

W celu opracowania prawidłowej i bezpiecznej technologii montażu wiaduktu przeprowadzono analizę statyczno-wytrzymałościową.

Po wybraniu przez wykonawcę asortymentu cięgien do sprężania i systemu wieszaków dokonano ponownego przeliczenia całej konstrukcji w poszczególnych fazach realizacji. Jednym z kluczowych elementów opracowanego od początku układu sprężenia było zapewnienie możliwości wjazdu żurawia na płytę pomostu na czas montażu łuków.



Rys. 1. Model CAD technologii montażu obiektu



Rys. 2. Model CAD węzła łuku z przewiązką kratową z dokumentacji warsztatowej

W celu wykonania obliczeń opracowano pełny model obliczeniowy konstrukcji wiaduktu, wraz z osprzętem montażowym, takim jak podpory rusztowań do montażu łuków. Do obliczeń zastosowano program Sofistik. Konstrukcję kablabetonową wymodelowano elementami powłokowymi typu Quad, belki elementami belkowymi, a pręty podwieszenia elementami cięgnowymi.

Dzięki pełnemu modelowi konstrukcji możliwe było zwymiarowanie sprężenia w poszczególnych fazach, określenie faktycznych sił na podpory rusztowań od ruchu na obiekcie, opracowanie optymalnego sposobu mocowania tych podpór do płyty pomostu, opracowanie sposobu montażu łuku oraz, co najważniejsze, naciąg wieszaków łuku.

Oprócz modelu całej konstrukcji opracowano szereg modeli wycinkowych dotyczących złożonych detali konstrukcyjnych. Najbardziej spektakularny jest model węzła łuku rurowego z przewiązką kratową rurową. Konieczność opracowania takiego modelu wystąpiła, kiedy po wspólnych naradach z wytwórcą konstrukcji stalowych Vistal stwierdzono, że opracowany w pierwotnej dokumentacji wykonawczej sposób konstruowania węzła wymaga zmian ze względu na trudności technologiczne wykonania. Zespół projektowy zaproponował konstrukcję węzła wzmocnionego żebrami i wręgami drobnowymiarowymi. Złożona geometria węzła wywoływała burzliwe dyskusje dotyczące tego, jak taki węzeł powinien być konstruowany. Obliczenia MES węzła, wymodelowanego elementami powłokowymi, doprowadziły po kilkunastu próbach do konfiguracji wzmocnień, która jednoznacznie dawała dobrą nośność oraz była geometrycznie i technicznie wykonalna.

Przebieg realizacji obiektu

Realizację betonowego pomostu zakładano metodą przesła po przesłach. W pierwszej kolejności przewidywano wykonanie i sprężenie przesła łukowego, a następnie jednego przesła od strony ul. Marynaraki i dwóch przesła od strony ul. Hallera. Do takiej kolejności dostosowano w projekcie system sprężenia wewnętrznego.

Trudności przy uzgodnieniach na terenie kolejowym, a następnie przy wykonywaniu posadowienia podpór montażowych, spowodowały że wszystkie przesła zostały wykonane w tym samym czasie. Sprężenie i uciąganie wszystkich części wymagało pozostawienia przerw betonowania umożliwiających wewnętrzne sprężenie konstrukcji pomostu zgodnie z projektem.

Po częściowym sprężeniu pomostu spoczywającego na podporach montażowych było możliwe rozpoczęcie prac montażowych łuku. Na płytę pomostu mogły wjechać żurawie o udźwigu 100 t. Montaż konstrukcji łukowej rozpoczął się od osadzenia skrajnych elementów na śrubach wystających z węzłowi. Jednocześnie montowano wieże do podparcia części skrajnych i podciągnięcia części środkowej.

Projekt montażu oraz rysunki warsztatowe były wykonane w trójwymiarowym systemie CAD. Zapewniło to bezbłądność geometryczną wytwarzanej konstrukcji oraz podanie pełnego zestawu danych dla geodetów do kontroli wytwarzania i montażu. Na każdym etapie montażu były kontrolowane współrzędne w układzie globalnym, a wszystkie odchyłki i korekty były wyznaczane w układzie trójwymiarowym. Bez pełnej obsługi pomiarowej we współrzędnych X,Y,Z realizacja konstrukcji byłaby niemożliwa.

Wytwarzanie konstrukcji stalowej łuku rozpoczęło się w Niemczech, gdzie z arkuszy blach zostały uformowane 12-metrowe odcinki rury średnicy 1500 mm i grubości ścianki 30 mm. Następnie rurę przetransportowano do Wielkiej Brytanii, gdzie została wygięta według dwóch promieni. Kompletnie elementy montażowe zostały wykonane w kraju.

W trakcie montażu łuku, po ułożeniu na podporach montażowych skrajnych sekcji, z których każda składała się z czterech odcinków rur, rozpoczęto scalanie środkowej części łuku długości 48,0 m. Środkową część konstrukcji łukowej podnoszono przy wykorzystaniu prętów wysokiej wytrzymałości. Łuki w takim układzie mogły pracować jako belka, jednak zostały dodatkowo sprężone poziomymi cięgnami zaczepionymi do uszu wieszaków w celu uzyskania prawidłowej geometrii podczas montażu. Faza ta budziła największe zainteresowania ze względu na swoją widowiskowość.

Po podniesieniu części środkowej sprawdzono i skorygowano geometrię całej konstrukcji i przystąpiono do spawania sekcji skrajnych i sekcji środkowej. Niezspawanych pozostało kilka przewiązek. Kolejnym trudnym elementem montażu było osadzenie dolnych łuków na węzłowiach i wykonanie podlewek. Ze względu na złożony sposób pracy, wynikający z geometrii, rury zostały podczas montażu oparte na węzłowiach na łożysku centralnym umożliwiającym zmianę kąta, a dolna rura łuku w miejscu oparcia na węzłowi była dodatkowo oparta na podkładce dystansowej. Do zwolnienia podkładki, osadzenia dolnych rur łuku i właściwego ustawienia konstrukcji wymagane były operacje siłowe w miejscu oparcia łuku na wieżach. Po wyjęciu podkładek, osadzeniu dolnych rur na węzłowiach, można było zwolnić na wieżach podparcia pionowe. Łuki wciąż opierały się poprzecznie, wywierając na wieże siłę razem około 400 kN. Po sprawdzeniu geometrii wykonano podlewkę. Bardzo złożoną geometrycznie realizacją łuku przebiegła bez zakłóceń dzięki dobrze opracowanym danym geometrycznym montażu, a przede wszystkim dzięki bardzo dobrze zorganizowanej grupie montażowej z firmy Vistal Mosty, kierowanej przez inż. *Lukasza Wysockiego*.

Następnie rozpoczęto zakładanie i naciąganie wieszaków. Po naciągu pierwszych ośmiu wieszaków konstrukcja łukowa „wstała” z wież i od tego momentu była już samostabilna. Tym samym montaż konstrukcji stalowej się zakończył, a klatki zostały usunięte z pomostu. Łuk został odsłonięty zza rusztowań i nabrał oczekiwanego kształtu.

Kolejne naciąganie wieszaków pozwoliło na stopniowe przenoszenie ciężaru pomostu na łuk. Naciąganie wieszaków wymagało zastosowania ośmiu pras, które jednocześnie mogły dać spodziewany efekt naciągu. Całą operację przeprowadzono w trzech etapach. Pierwszym był naciąg siłowy, drugi miał za zadanie wyrównać pracę łuku i jak najbardziej odciążać podpory montażowe, a trzeci był już etapem kontrolnym i regulacyjnym. Pomiędzy etapami kontrolowano pełną geometrię łuku oraz mierzono siły w wieszakach.

Do pomiaru wieszaków zaproponowano metodę dynamiczną, polegającą na pomiarze częstotliwości drgań własnych wieszaków. Do określenia siły w linie wystarczyłoby prosty wzór na drgania struny, jednak dla wieszaków prętowych wymagane było uwzględnienie sztywności belkowej wieszaka i sztywności zamocowania jego na sworzniach. Do analizy uwzględniano pierwsze trzy częstotliwości drgań, uwzględniając obliczeniowo powyższe parametry.

Po wykonaniu prac wykończeniowych przeprowadzono próbne obciążenie obiektu, które dało pozytywne wyniki i dużą zgodność parametrów pomiarowych z przewidywaniami obliczeniowymi.

Podsumowanie

Trudności realizacji zadania wymagały wszechstronnego analizowania realizowanych robót. Znaczna ilość niespodzianek, takich jak

odkrywane na bieżąco w gruncie instalacje kolejowe, wymagała ścisłej współpracy wykonawcy z zespołami projektowymi. Najlepszym dowodem na sukces zrealizowanych prac jest fakt, że wykonawca decydując się na opracowanie ponowne projektów wykonawczych zmieścił się w przewidzianym terminie na realizację zadania.

Warto dodać, że zdaniem autorów artykułu przeprowadzona realizacja dobitnie wykazuje sensowność systemu „zaprojektuj i buduj”. Jest to szczególnie widoczne w konstrukcjach sprężanych i ciągnowych, gdzie dobór systemu sprężania determinuje rozwiązania konstrukcyjne, a zmiana technologii realizacji pociąga za sobą konieczność przeprojektowania konstrukcji obiektu. Pozostawienie projektu wykonawczego w gestii wykonawcy upraszcza proces budowy i umożliwia wygrwanie przetargów tym, którzy mają najlepszy pomysł na sposób realizacji a nie tym którzy szukają oszczędności w niskiej jakości robót.

Śp. Profesor Jerzy Marian Grycz (1931-2014)

Profesor *Jerzy Marian Grycz* zmarł 5 lutego 2014 r. W swej aktywności naukowej koncentrował się na różnych aspektach zastosowań zaawansowanej matematyki do problemów inżynierskich. Na Politechnice Warszawskiej pracował jako asystent w katedrze prowadzonej przez prof. *Franciszka Szelągowskiego*. Współpracował z prof. *Zbigniewem Wasiutyńskim*, który skierował Go do prof. *Witolda Nowackiego* w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w celu przygotowania rozprawy doktorskiej. Następnie był zatrudniony w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie. Od 1973 r. związał się z Politechniką Lubelską, gdzie m.in. trzykrotnie pełnił funkcję dziekana Wydziału w latach 1973-1981, 1984-1990, 1999-2002. Był autorem i współautorem 149 publikacji naukowych, w tym 7 monografii i 2 skryptów akademickich.

Został odznaczony Srebrnym Krzyżem Zasługi (1971), Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski (1977) oraz wyróżniony Medalem Komisji Edukacji Narodowej (1979), Złotą Odznaką „Za Zasługi dla Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej” (1987), Złotą Odznaką „Zasłużonego dla Miasta Lublina” (1988) oraz wieloma innymi wyróżnieniami za osiągnięcia w dziedzinie drogownictwa i transportu.

Największym osiągnięciem naukowym i dydaktycznym było ponad 20-letnie prowadzenie przez prof. *Jerzego Grycza* wykładów z wytrzymałości materiałów oraz teorii sprężystości i plastyczności w notacji tensorowej. To oryginalne podejście było jedynym w Polsce i bardzo rzadkim w świecie. Niestety, mimo tego że planował, nie zdążył napisać podręcznika z tego zakresu, a rękopisy są teraz w posiadaniu rodziny zmarłego.

W wykładach podkreślał konieczność prowadzenia wnikliwej analizy zagadnień mostowych. Temat belki *Timoshenki* i związane z nim zadanie projektowe miały w tytule zapisane – belki mostowe o dużej sztywności na ścinanie. Przy zagadnieniach z dynamiki wielokrotnie dyskutował potrzebę właściwej interpretacji współczynnika dynamicznego, który podczas procesów falowych rozchodzenia się odkształceń może powodować, szcze-

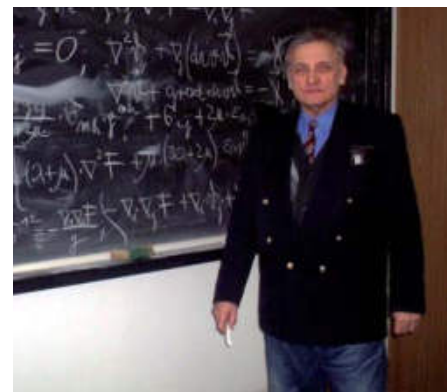
gólnie w kratownicach, poza zmianą swej wartości bezwzględnej, także zmianę znaku.

Przez cały czas pracy zawodowej był związany z konstrukcjami mostowymi. Wielokrotnie wracał pamięcią do analizy statycznej mostu w Kobiernicach przez Sołę. Ten most został wybudowany z udziałem jego ojca – *Jerzego Grycza*. Jest to most łukowy o pomoście ze zmienną wysokością przy filarach, sprężony poprzecznie. Profesor *Jerzy M. Grycz* powiązał prace projektowe z rozpatrywanym wcześniej na Politechnice Warszawskiej zadaniem określenia wpływu sztywności tarczowej pomostu na sztywność integralną konstrukcji. Tu po raz pierwszy korzystał z maszyny cyfrowej. Most ten jest, po remoncie, dalej eksploatowany.

Pracując w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów stał się współautorem skeczowej sytuacji, która przetrwała jako *ever green*. Około 30 lat temu pewien most badali pracownicy IBDiM: *Juliusz Cieśla*, który prowadził pomiary deformacji mostu podczas próbnych obciążeń oraz *Jerzy Grycz*, który był odpowiedzialny za analityczne rozpoznanie konstrukcji. Gdy zaprezentowali wyniki swoich badań okazało się, że występuje pełna zgodność literalna wartości ugięcia mostu w obu opracowaniach. Początkowo zaistniała sytuację określano jako podejrzaną, jednak z czasem oswojono się z tą szczególną koincydencją. Gdy prof. *J. Grycz* opowiadał o tym wydarzeniu, podsumował to tak – dawniej badano i analizowano mosty bardzo starannie.

Również pracując na Politechnice Lubelskiej prof. *J. Grycz* prowadził liczne badania mostów na Lubelszczyźnie, w szczególności w zakresie infrastruktury drogowej przy uruchamianiu kopalni węgla w Bogdanie. Uczestniczył też w tego rodzaju badaniach, już jako obserwator i konsultant, będąc na emeryturze.

Śród wielu podręczników kilka jest stricte mostowych. Skrypt „Podstawowe wiadomości o projektowaniu mostów betonowych” (współautorzy: *Z. Bzymek, W. Marks*; Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1966, stron 486), jest wykorzystywany i cytowany do dzisiaj. Kolejnym opracowaniem są tablice izolacji powierzchni wpływu płyt, zatytułowa-



Profesor *Jerzy Grycz* podczas wykładu

ne „Ukośne płyty ciągłe: tablice do obliczeń statycznych”, przetłumaczone z niemieckiego przez *Jerzego Grycza* (Arkady, 1969). W monografii „Budownictwo betonowe” (tom XIV, część 2. Arkady, 1973) *J. Grycz* zamieścił rozdział „Analiza statyczna”, który jest rezultatem jego pracy habilitacyjnej. Rozpatrzono tam układy belkowo-płytowe z poprzecznkami, odpowiadające ustrojom nośnym mostów swobodnie podpartych i ciągłych. Wzajemne oddziaływania pomiędzy elementami uwzględniono przez nadliczbowe. Sporządzono program na maszynę cyfrową ODRA, który prof. *J. Grycz* później wielokrotnie wykorzystywał podczas badań mostów. Jako ilustrację skuteczności programu zamieszczono kilka obrazów powierzchni wpływu. Rozwinięciem analizy był opublikowany w „Archiwum inżynierii Lądowej” (zeszyt 1/1973) przypadek ukośnych ustrojów mostowych z równoległymi krawędziami bocznymi, o modelu płyty *Hencky'ego*. Rozwiązanie otrzymał na drodze sprzężenia analizy harmonicznej i transformaty *Carsona*.

Prowadził kilka prac doktorskich. Dwie z nich dotyczyły zagadnień mostowych (*Z. Bzymek, S. Karas*). W obu był zastosowany rachunek operatorowy, przy czym do wyznaczania retransformat korzystano z twierdzenia o residuach według metody opracowanej przez prof. *J. Grycza*; uzyskano wyniki zgodne z rezultatami innych analiz.

Odszedł od nas wybitny Profesor, człowiek wielkiego formatu. Taki zostanie w naszej pamięci.

Sławomir Karas
Politechnika Lubelska

Budownictwo inżynieryjne



PRZEDSIĘBIORSTWO INŻYNIERYJNE
IMB-PODBESKIDZIE Sp. z o.o.

Fundamenty specjalne:
pale, kolumny żwirowe, DSM jet grouting, CSM

Geoinżynieria



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Regionalny Program Operacyjny Województwa Śląskiego – realna odpowiedź na realne potrzeby
Realizujemy projekty współfinansowane przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu
Rozwoju Regionalnego w ramach
Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013

Produkcja prefabrykatów

Zrealizowaliśmy projekty współfinansowane przez UE.



ul. Górny Bór 31a, 43-430 Skoczów, tel./fax (33) 853 25 65
e-mail: biuro@imbpodbeskidzie.pl, www.imbpodbeskidzie.pl



Redakcja „Biuletynu Informacyjnego Związku Mostowców Rzeczypospolitej Polskiej”

03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80, tel. 22 39 00 172, fax 22 39 00 193

e-mail: biuletyn@zmrp.pl, prychlewski@ibdim.edu.pl, www.zmrp.pl

Redaktor: mgr inż. Piotr Rychlewski Współpraca: Łukasz Górecki

Wydawca: Fundacja PZITB Inżynieria i Budownictwo, 00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14