

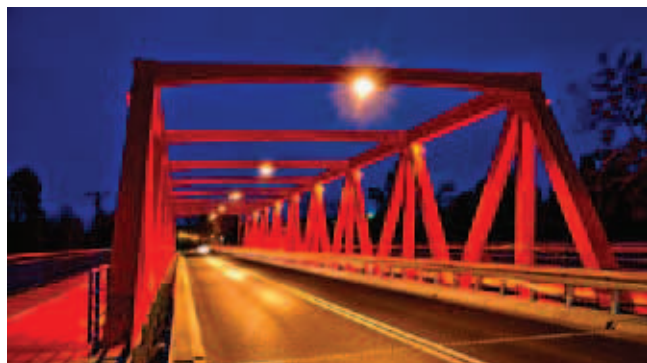
# Wyzwania i innowacje realizacyjne

Mgr inż. Marek Gotowski, mgr inż. Damian Wiluś, mgr inż. Włodzimierz Sokołowski, mgr inż. Janusz Sochacki, mgr inż. Karol Sokołowski, GOTOWSKI Budownictwo Komunikacyjne i Przemysłowe Sp. z o.o.

## 1. Wprowadzenie

Budownictwo mostowe stawia przed projektantami i wykonawcami szereg wyzwań, które wymagają nietypowych rozwiązań. Trudne zagadnienia inżynierskie wymuszają na budowniczych kreatywnej myśli technicznej i innowacyjności. Obiekty mostowe z uwagi na uwarunkowania terenowe i możliwości realizacyjne są często konstrukcjami niepowtarzalnymi. Lokalizacja nad przeszkodami takimi jak rzeki, drogi, linie kolejowe, gdzie mamy do czynienia z utrudnionym montażem, wymaga indywidualnego podejścia do każdego zagadnienia.

Wybór sposobu montażu podyktowany jest możliwościami wykonawczymi, szybkością realizacji oraz względami finansowymi. Najprostszym sposobem realizacji obiektu jest oczywiście montaż za pomocą dźwigów. Z powodu utrudnień terenowych oraz ciężaru montowanych elementów często dźwig tylko wspomaga montaż, a nie jest podstawowym narzędziem do ich przeprowadzania. Poniżej przedstawiono przykłady nietypowych, innowacyjnych realizacji obiektów mostowych.



Rys. 1. Widok mostu w ciągu ulicy Spornej w Bydgoszczy



Rys. 2. Widok na podporę tymczasową na pontonie ZYGMUNT

## 2. Most im. Żeglugi Bydgoskiej w ciągu ulicy Spornej w Bydgoszczy

Most w ciągu ulicy Spornej w Bydgoszczy spina oba brzegi Brdy. Pełni on ważną funkcję, umożliwiając komunikację między Bydgoszczą lewo- i prawobrzeżną we wschodniej dzielnicy przemysłowej, łącząc ul. Fordońską oraz Toruńską. W 2009 r. rozpoczęto generalną przebudowę ul. Spornej wraz z budową nowego mostu.

Konstrukcja nowo budowanego obiektu to stalowa kratownica z jazdą dołem z dźwigarami typu W, o rozpiętości podporowej 54,0 m. Całkowita długość mostu wynosi 55,16 m, a jego szerokość w obrysie zewnętrznych krawędzi gzymsów 16,14 m. Konstrukcję nośną oparto na żelbetowych przyczółkach posadowionych na palach wierconych. Przestrzeń żeglowna po rozbiórce starych filarów nurtowych została poszerzona do 4,6 × 40 m [1].

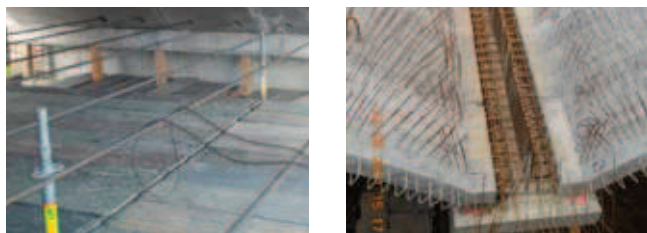
Podczas budowy największym wyzwaniem okazał się montaż obiektu. Wpłynęło na to wiele czynników między innymi trud-



Rys. 3. Montaż konstrukcji poprzez nasuwanie

ny teren, który uniemożliwiał zastawanie dźwigów do montażu mostu, oraz wymagany przez zamawiającego krótki czas wstrzymania ruchu na ul. Spornej. Po uwzględnieniu wszystkich czynników i obostrzeń zdecydowano się na dość nietypową metodę montażu.

Konstrukcję mostu zmontowano na dojeździe od strony prawego brzegu Brdy (od strony ulicy Toruńskiej) na specjalnym torze nasuwczym zaopatrzonym w stalową bieżnię, następnie za pośrednictwem wózków montażowych została przesunięta w kierunku rzeki do momentu osadzenia lewobrzeżnego końca na podporze tymczasowej, zmontowanej wcześniej na pontonie roboczym ZYGMUNT (rys. 2). Kolejnym etapem było przemieszczenie obiektu w poprzek rzeki za pomocą wciągarek linowych zamocowanych na pontonie, których liny



**Rys. 4.** Po lewej: układ ściągów; po prawej: węzeł podporowy

zakotwione były na lewym brzegu rzeki. Po osiągnięciu przez przęsła ciosów obu podpór docelowych mostu jego konstrukcja została zestawiona z wózków montażowych i osadzona na łożyskach docelowych. Cała operacja nasuwania trwała dwa dni. Zastosowana metoda nasuwania przęsła mostu była optymalną ze względu na rodzaj przeszkody i ciężar konstrukcji. Wykorzystanie przemieszczanej w poprzek rzeki podpory pływającej pozwoliło w całości wyeliminować udział ciężkich dźwigów do operacji montażu mostu i jednocześnie umożliwiła transport prawie w całości zmontowanego przęsła na miejsce docelowego wbudowania.

### 3. Most nad rzeką Bóbr

Kolejnym przykładem jest przebudowa istniejącego mostu na rzece Bóbr zlokalizowanego ciągu ul. Wincentego Pola w Jeleniej Górze oraz budowa bliźniaczej konstrukcji dla przeprowadzenia równoległej jezdni. Istniejący obiekt jest pięcioprzęsłowym, żelbetowym mostem drogowym o konstrukcji łukowej. Rozpiętości teoretyczne przęsła, mierzone w osi obiektu, wynoszą odpowiednio: 10,41 + 10,33 + 10,33 + 10,33 + 10,41 m. Konstrukcję nośną obiektu stanowią monolityczne żelbetowe łuki, które wspierają się na masywnych podporach obmurowanych ciosami granitowymi. Obiekt ten był wielokrotnie przebudowywany i jest najstarszym mostem czynnym w Jeleniej Górze. Zachowane podpory pochodzą z osiemnastego wieku, a obecna konstrukcja przęsła (po ostatniej częściowej odbudowie) z 1946 r. Ze względu na zabytkowy charakter obiektu należało zachować kształt i charakter przeprawy. Dla przyspieszenia prac i uniezależnienia się od „kaprysów” rzeki Bóbr, która wraz z dobową zmianą poziomu wody porывała rusztowania, opracowano technologię wykonania obiektu bez rusztowań. W tym celu zaprojektowano prefabrykowane łupiny żelbetowe (szalowanie tracone) opierane wprost na filarach i uciągane poprzez zespolenie z warstwą nadbetonu układanego w kolejnej fazie realizacji (rys. 4). Wypełnienie przestrzeni pomiędzy sklepieniem a pomostem zmieniono z betonu keramzytowego (przyjętego w projekcie pierwotnym) na bloki styropianowe – stanowiące jednocześnie rusztowanie i szalowanie spodu żelbetowej płyty pomostu. Zmniejszono w ten sposób obciążenia działające na prefabrykowane łupiny. W celu zapewnienia niezmienności geometrycznej łupin oraz zmniejszenia ilości ich zbrojenia zastosowano ściągę stalowe, demontowane w kolejnej fazie realizacji obiektu.

Za tę realizację firma GOTOWSKI otrzymała nagrodę w konkursie „Dzieło Mostowe Roku 2012” w kategorii „Rehabilitacja konstrukcji mostowej – obiekt, na którym wdrożono



**Rys. 5.** Po lewej: most przed remontem; po prawej: most po oddaniu do użytkowania

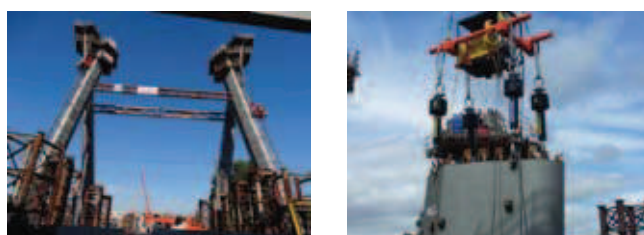
nowe technologie i innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne oraz organizacyjne”.

### 4. Most Uniwersytecki w Bydgoszczy

Most w ciągu Trasy Uniwersyteckiej w Bydgoszczy jest obiektem o charakterystycznej budowie i odbiega od tradycyjnych rozwiązań z zakresu budowni mostowych. Stalowy pomost z żelbetową płytą nośną jest podwieszony do stalowego pylonu za pomocą 16 want o zmiennej liczbie splotów (od 72 do 109) [2, 3]. Pomost ma zmienną szerokość (od 20,10 m do 31,37 m) oraz kształt zakrzywiony zarówno w planie, jak i w profilu podłużnym. Pylon o wysokości 68,7 m, jest wykonany z dwóch przenikających się części w kształcie greckich liter  $\Lambda$  i  $\Omega$  (rys. 4). Przekroje poprzeczne obu części pylonu mają owalny, rurowy kształt, wykonane z blach giętych na zimno, o grubości 30–80 mm. Całość została podzielona na 154 segmenty montażowe o długości do 2,5 m, z uwagi na dostępne gabaryty handlowe blach. Montaż stalowej konstrukcji rozpoczął się od wykonania czterech startowych fragmentów pylonu. Prefabrykaty te stanowiły podstawę do realizacji obu górnych części. Odcinki startowe miały długość 10,5 m i były zabetonowane w blokach



**Rys. 6.** Widok ogólny konstrukcji mostu



**Rys. 7.** Po lewej: tymczasowe stężenia kratowe; po prawej: system wspomagania pozycjonowania SynHoist firmy Enerpac



**Rys. 8.** Montaż prefabrykowanego segmentu zwieńczającego część pylonu w kształcie litery  $\Omega$

fundamentowych. Następnie pozostałe, dolne (prostoliniowe) prefabrykowane segmenty pylonu były montowane sukcesywnie, jeden za drugim i scalane poprzez spawanie. Górne, krzywoliniowe fragmenty łączone były najpierw w wielkogabarytowe sekcje montażowe, a następnie montowane i również spawane. To właśnie

ten etap był największym wyzwaniem technicznym ze względu na duże gabaryty i masy poszczególnych elementów prefabrykowanych (od 15 do 120 ton), skomplikowaną geometrię pylonu (odchylenie od pionu w dwóch płaszczyznach) oraz nietypowy przekrój poprzeczny. Projekt montażu, opracowany w pracowni projektowej firmy GOTOWSKI, wyeliminował konieczność stosowania przestrzennych rusztowań. Wykorzystano w tym celu stateczność własną pylonu i znaczną sztywność zastosowanych przekrojów rurowych i nielicznych płaskich stężeń kratowych (rys. 5). Przyjęty sposób montażu elementów pylonu, wymagał zastosowania urządzeń hydraulicznych SynHoist firmy Enerpac (rys. 5), służących do precyzyjnego, przestrzennego wspomaganie pozycjonowania montowanych segmentów. Docelowe położenie podnoszonych elementów było konfigurowane za pomocą systemu czterech sterowanych, długoskokowych siłowników o udźwigu 87 ton każdy, zaczepionych na zawieszach dźwigowych o stałej długości. Ten innowacyjny system montażu przynosi szczególne korzyści w przypadku montażu konstrukcji o skomplikowanym, przestrzennym kształcie. Niewralgiczną operacją przy budowie pylonu było spięcie obu części  $A$  i  $\Omega$  odcinkami rur wzniesionymi na wysokość około 70 m n.p.t. (rys. 6).

## 5. Kładka dla pieszych w Mikołajkach

W 2016 roku w Mikołajkach realizowano projekt kładki znajdującej się nad przesmykiem łączącym jezioro Mikołajskie i Tałty. Konstrukcję stanowi pomost w formie płyty ortotropowej podwieszony do pylonu za pomocą 8 par lin stalowych. Pylon zbudowany został z dwóch słupów rurowych o wysokości 33,69 m pochylonych w kierunku krótszego przęsła kładki. Sam pomost składa się z dwóch przęseł o długości 27,6 i 56,9 m i oparty jest na istniejących przyczółkach oraz ryglu poprzecznym pylonu. Szerokość pomostu wynosi 5,75 m. Podczas demontażu starej kładki i montażu nowej wykonawca musiał spełnić szereg warunków stawianych przez zamawiającego. Poza krótkim czasem realizacji najtrudniejszym wyzwaniem było utrzymanie ruchu żeglugowego pod kładką przez cały czas budowy. Z tego względu wykonawca zdecydował się na wykorzystanie starego obiektu podczas prac montażowych. W tym celu pierwotną konstrukcję podparto na podporach pływających, po czym zdemontowano stary pylon. Następnie na pomoście istniejącego obiektu ustawiono i przyspawano tzw. stoliki montażowe, na których później ustawiano i scalano segmenty nowej kładki. W celu zniwelowania zanurzenia podpór pływających po ustawianiu kolejnych elementów



**Rys. 9.** Iluminacja wykonanej kładki



**Rys. 10.** Montaż nowego pylonu

montażowych wykonawca za pomocą siłowników hydraulicznych zamocowanych na podporach pływających regulował siłę wyparcia starego obiektu w celu dopasowania się do niwelety nowego przęsła. Po zastabilizowaniu podpór następowo było zespawanie przęsła w całość [4, 5].

Równoległe do prac wykonywanych na pomoście prowadzono montaż oraz scalanie segmentów pylonu. Po zakończeniu scalania zamontowano oraz wyregulowano liny podwieszające, a następnie zdemontowano pomost starej kładki i podpory technologiczne.

## 6. Podsumowanie

Przedstawione w artykule przykłady obrazują rozwiązania wprowadzone przez firmę GOTOWSKI podczas realizacji obiektów mostowych: z jednej strony są to innowacje sprzętowe, z drugiej zaś nowatorskie technologie montażu konstrukcji. Wszystkie były podyktowane utrudnieniami, z jakimi musiał się zmierzyć wykonawca, tj. krótki czas realizacji, skomplikowane warunki terenowe, czy nietypowa geometria wykonywanej konstrukcji.

Przykłady zaprezentowane w artykule pokazują, jak ważna jest ścisła współpraca pomiędzy projektantem a wykonawcą przez cały okres realizacji obiektu mostowego. Dzięki temu możliwa jest analiza różnych technologii budowy i przyjęcie takiego rozwiązania, które gwarantuje w rezultacie sukces przedsięwzięcia inwestycyjnego.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Sokołowski W., Projekt nasuwania stalowej części konstrukcji niosącej mostu przez rzekę Brdę w ciągu ulicy Spornej w Bydgoszczy, GOTOWSKI, 2010
- [2] Stefanowski T., Budowa ulicy Ogińskiego w Bydgoszczy wraz z obiektami inżynierskimi i dojazdami, Transprojekt Gdańsk, 2010
- [3] Sochacki J., Sokołowski W., Gotowski M., Chróścielewski J., Miśkiewicz M., Pyrzowski Ł., Wilde K., Montaż Mostu Uniwersyteckiego w Bydgoszczy, Mosty 03/2015, str. 24–28
- [4] Wiluś D., Projekt montażu przęsła mostu Uniwersyteckiego w Bydgoszczy, GOTOWSKI
- [5] Wiluś D., Projekt montażu konstrukcji stalowej kładki dla pieszych nad jeziorem Mikołajskim w Mikołajkach, GOTOWSKI, 2016
- [6] <http://mosty.elamed.pl/material> [29533] 10.02.2018 r.