

# Budowa mostu podwieszonoego przez Wisłę w Płocku



Fot. 1. Rury osłonowe z wprowadzonym splotem referencyjnym

Podstawową funkcją mostu jest przeprowadzenie ruchu z jednego brzegu rzeki na drugi, w założeniu most jest więc tylko drogą. Ale gdyby funkcja komunikacyjna była jedyną, którą budowniczowie biorą pod uwagę w projektowaniu i konstruowaniu mostów, nie byłoby dziś wielu wspaniałych obiektów, których konstrukcje zachwycają na całym świecie. Architekci i inżynierowie ogromny wysiłek wkładają w stworzenie obiektów ciekawych, intrygujących nietypowymi rozwiązaniami i zadziwiających pięknem. Wśród mostów najszerze pole do popisu ludzkiej wyobraźni dają właśnie mosty podwieszono i wiszące. Dzięki stosowanym przy ich budowie rozwiązaniom możliwe jest konstruowanie coraz dłuższych przeseł, umożliwiających przekraczanie coraz szerszych przeszkód.

W Polsce największą rozpiętością przeseła może poszczycić się most przez rzekę Wisłę w Płocku. Na całkowitą długość mostu – 1200 m – składają się: most dojazdowy o długości 585 m oraz 615-metrowy most główny z wyżej wspomnianym rekordowym przesełem nurtowym o długości 375 m.

Część dojazdową zaprojektowano jako pięcioprzesłową, o konstrukcji zespolonej stalowo-betonowej. Most główny jest natomiast w całości stalowy, o przekroju skrzynkowym. Po raz pierwszy w Polsce zastosowano tu podwieszenie pomostu w jednej, centralnej płaszczyźnie, co wyróżnia most w Płocku na tle powstałych w ostatnich latach obiektów i dodaje mu lekkości i smukłości.

## Montaż przeseł bocznych

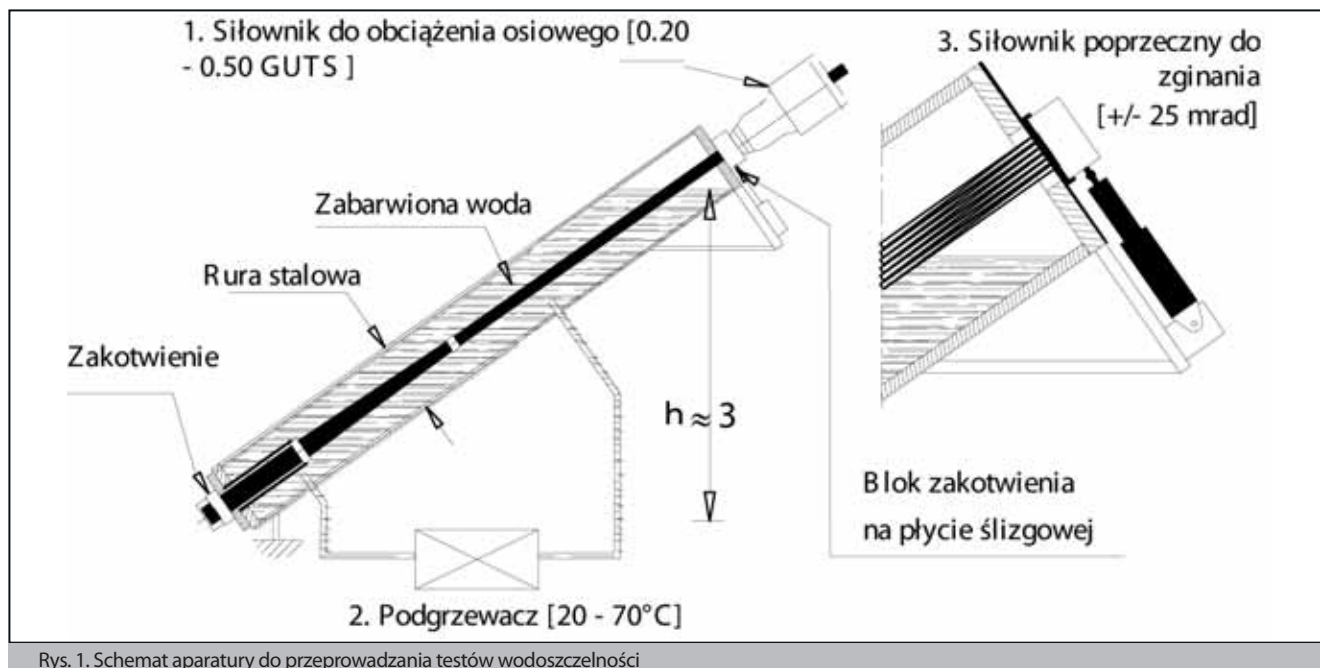
Cztery boczne przeseła mostu głównego zostały zbudowane na powierzchni terenu, bezpośrednio pod miejscami wbudowania. Kolejne podnoszone elementy, każdy o masie blisko 600 ton (długość 54 m i szerokość 27 m), podciągane były na linach do docelowego poziomu. Podnoszenie realizowane było za pomocą konstrukcji wsporczej z zainstalowanymi na



Fot. 2. System Isotension



Fot. 3. Podnoszenie bocznego przeseła



Rys. 1. Schemat aparatury do przeprowadzania testów wod szczelności

niej 4 siłownikami hydraulicznymi Freyssinet SL 230 (fot. 3). Ostatnim etapem montażu każdego przęsła było precyzyjne dopasowanie i przyspawanie go do fragmentów ustroju zbudowanych uprzednio na podporach.

### Montaż przęsła nurtowego

Po zakończeniu montażu przęsła bocznych wzniesione zostały dwa pylony w kształcie I o wysokości 64 m, kotwione w pomoście, po czym możliwe było rozpoczęcie montażu przęsła głównego. W tym przypadku najkorzystniejszą, zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym, okazała się metoda wspornikowa (nawisowa). Metoda ta pozwoliła na uniknięcie budowy podpór tymczasowych w nurcie rzeki, dzięki czemu nie została zakłócona spławność rzeki.

Pod pylonami zastosowane zostały łożyska soczewkowe – jedno stałe i jedno jednokierunkowo przesuwne – o nośności 11 MN. Poprzez te łożyska przekazywane było całe obciążenie mostu wraz z ciężarem pylonów.

Do montażu przęsła nurtowego zastosowano, jak wcześniej wspomniano, montaż wspornikowy. Segmenty o długości 22,5 m, szerokości 27,0 m oraz masie 230 t powstawały w wytwórni oddalonej o ok. 3 km w dół rzeki, a następnie dostarczane były w miejsce wmontowania barką i podnoszone za pomocą lin zamontowanych w siłownikach (tych samych, które używane były do podnoszenia segmentów bocznych). Po dopasowaniu i regulacji położenia elementów podnoszonych do elementów zamocowanych na podporach, konstrukcje łączone są przez spawanie, a następnie podwieszane do pylonu (oprócz dwóch pierwszych segmentów). Cykl podnoszenia kolejnych segmentów był ściśle powiązany z cyklem montażu want, jako że odbywały się one równolegle. Podnoszenie segmentu odbywało się na przemian na lewym i prawym brzegu Wisły, co pozwoliło zachować ciągłość prac spawalniczych i montażu podwieszenia.

W ten sposób zainstalowano 16 segmentów, których połączenie pośrodku Wisły nastąpiło w lutym 2005 r.

### Opis podwieszenia

Podwieszenie mostu w Płocku stanowi 56 lin, rozmieszczonych parami, w odległości co 22,5 m. Długość tych lin wynosi od 50 do 190 m. Każda z nich składa się z wiązki równoległych splotów, każdy o nośności 279 kN. Liczba splotów

w linie wynosi od 47 do 84, liną o największej liczbie splotów ma więc nośność ponad 23 MN, co sprawia, że płocki most podwieszony jest na linach o największej nośności i masie spośród wzniesionych w Polsce obiektów podwieszonych.

Podstawowymi elementami systemu podwieszenia są: sploty równoległe, zakotwienia oraz osłony zewnętrzne.

Sploty są osłonięte dwuwarstwową rurą HDPE, od wewnątrz czarną, z zewnątrz – zielononiebieską. Kolorowe warstwy rur osłonowych przeszły pomyślnie szereg badań trwałości barwy, są odporne na utlenianie koloru wywołane działaniem promieni ultrafioletowych, a także na pęknięcie naprężeniowe. Osłony chronią sploty przed promieniowaniem UV oraz wilgocią, jednocześnie zapewniając stabilność aerodynamiczną.

Na zewnętrznej stronie rury osłonowej znajduje się specjalne spiralne żebro, redukujące zjawisko drgań wiatrowo-deszczowych. Podwójna linia śrubowa zaburza spływ wody wzdłuż wanty, dzięki czemu skutecznie zapobiega utracie stabilności, która może wystąpić na skutek działania wiatru i deszczu. Kształt uźbrowania oraz skok linii śrubowej, która jest formowana na osłonie kabla, są wynikiem badań w tunelach aerodynamicznych laboratoriów wielu instytucji.

Zastosowano podwieszenie systemu Freyssinet HD 2000, a naciąg wykonano metodą Isotension, z wykorzystaniem lekkich siłowników (ważących około 16 kg) i odpowiedniej aparatury sterującej.

System HD 2000 jest oparty na całkowitej niezależności każdego splotu, a więc umożliwia oddzielny montaż i naciąg, oraz wymianę każdego splotu. Pojedynczy splot jest potrójnie zabezpieczony antykorozyjnie: przez galwanizację każdego z siedmiu drutów, wypełnienie przestrzeni wokół i wewnątrz splotu kompozycją woskową oraz otoczenie powłoką HDPE.

Wszystkie sploty przechodzą wnikliwą kontrolę jakości, zarówno podczas produkcji (m.in. badania wod szczelności, przyczepności, wytrzymałości na uderzenia), jak również przed zastosowaniem (badania wytrzymałości zmęczeniowej, odporności na działanie promieni UV).

Cechą charakterystyczną zastosowanych zakotwień systemu HD 2000 jest sposób ich połączenia z konstrukcją mostu – jedynie kontakt odciążu z konstrukcją następuje poprzez płytę oporową. Rozwiązanie to znacznie ułatwia instalację, ponieważ tylko w tym jednym miejscu należy zachować wszelkie



Zastosowanie naciągu systemu Isotension umożliwia wyjątkowo szybkie i precyzyjne wykonanie podwieszenia - od momentu przeprowadzenia pomiarów geodezyjnych montowane były cztery liny w ciągu zaledwie czterech dni – a także ciągłe kontrolowanie sił w linach i wprowadzanie naciągu.

Istota metody Isotension polega na naciąganiu kolejnych spłotów jednej liny do siły istniejącej w splocie naciąganym jako pierwszy. Jest to tzw. spłot referencyjny (fot. 1), pomierzony w wytwórni z dużą dokładnością, przy odpowiedniej temperaturze.

Siła w tym splocie zmniejsza się wskutek zbliżania się do siebie zakotwień podczas procesu naciągu. Kolejne spłoty naciąga się do siły wskazywanej przez czujnik umieszczony na splocie referencyjnym. W wyniku takiego postępowania siły we wszystkich splocach jednej liny są jednakowe.

## Tłumienie drgań

Długość lin podwieszających zastosowanych na moście w Płocku waha się w granicach 50 m - 190 m. Długość kabli osiąga poziom, przy którym zaleca się stosowanie tłumików drgań. Układ olinowania mostu w Płocku zaprojektowano tak, aby w razie potrzeby można było zastosować tłumiki, zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne.

Czynnikiem wpływającym w znacznym stopniu na zmęczenie lin podwieszających są ich drgania, które w pewnych warunkach mogą charakteryzować się dużymi amplitudami, szczególnie, gdy są poddane regularnemu wzbudzeniu. Wymieniane są dwa główne powody drgań:

- przemieszczenia konstrukcji w miejscu zakotwień pod wpływem ruchu pojazdów lub obciążenia wiatrem,
- bezpośredni wpływ wiatru na liny.

Drgania te rzadko stwarzają zagrożenie konstrukcji, powodują jednak dyskomfort użytkowników mostu. Ponieważ liny podwieszające charakteryzują się niewielką zdolnością tłumienia drgań własnych, opracowano różnego rodzaju tłumiki wewnętrzne i zewnętrzne, zmniejszające lub eliminujące drgania.

Tłumiki wewnętrzne eliminują drgania o wszystkich amplitudach, zapobiegając w ten sposób zmęczeniu i niestabilności lin, a dzięki ukryciu ich wewnątrz rury prowadzącej nie wpływają na estetykę obiektu. Istnieją dwa rodzaje wewnętrznych tłumików: hydrauliczny oraz elastomerowy. Mają one kształt pierścieniowy i są umieszczane wokół lin podwieszających, wewnątrz rury prowadzącej sztywno połączonej z konstrukcją.

W przypadku mostu w Płocku zastosowano tłumiki wewnętrzne obu rodzajów: na czterech najdłuższych wantach tłumiki hydrauliczne, na pozostałych – tłumiki elastomerowe.

Tłumiki IHD (Internal Hydraulic Damper – Wewnętrzny Tłumik Hydrauliczny) działają na zasadzie tarcia lepkościowego, podobnie jak tłumik tłokowy. Metalowy cylinder zaciśnięty jest wokół

kabla. Pierścieniowy tłok, zbudowany z polietylenu wysokiej gęstości (HDPE), styka się z wewnętrzną powierzchnią rury prowadzącej. Pomiędzy tłokiem i cylindrem umieszczona jest przepona, wypełniona olejem o lepkości dobranej tak, by uzyskać wymagane tłumienie w zależności od charakterystyk kabla podwieszenia.

Tłumiki IED (Internal Elastomeric Damper – Wewnętrzny Tłumik Elastomerowy) pracują poprzez odkształcenie specjalnie opracowanego neoprenu. Materiał ten działa jak przepona w tłumikach IHD.

## 7. Monitoring mostu

Projektując i budując nowe podwieszane obiekty mostowe, zakłada się okres eksploatacji przekraczający 100 lat, dlatego ogromnego znaczenia nabiera technologia budowy, zapewniająca wysoką odporność zmęczeniową i korozyjną konstrukcji, z możliwością prowadzenia przeglądów i robót utrzymaniowych bez zakłócania ruchu na obiekcie. Zastosowanie zaawansowanych technologii nie zwalnia jednak administratora od prawidłowego utrzymywania obiektu, dzięki czemu osiągnięta zostaje zamierzona żywotność przy możliwie niskich kosztach eksploatacyjnych. Zapewnienie prawidłowej pracy konstrukcji przekłada się bezpośrednio na bezpieczeństwo użytkowników obiektu. Należy więc odpowiednio wcześniej rozpocząć działania utrzymaniowe, aby w razie potrzeby rozpoznać elementy konstrukcji wymagające szczególnej ochrony.

Standardowe metody obliczeniowe sprawdzają się najlepiej w konstrukcjach prostych, mało skomplikowanych, typowych, dla których dokładnie znane są modele matematyczne działania obciążeń.

W związku z tym należy wykorzystać inną metodę oceny pracy konstrukcji. Jedną z metod szeroko stosowanych na świecie, pozwalającą na ocenę właściwości i charakterystyk istniejących konstrukcji, jest zastosowanie monitoringu. Celem tej metody jest zrozumienie mechanizmu i odpowiednio wczesne dostrzeżenie ryzyka zniszczenia konstrukcji, a następnie przygotowanie projektu inspekcji, utrzymania i systemu monitorowania, które zapewnią trwałość i niezawodność działania konstrukcji przy zachowaniu minimalnych kosztów. Dzięki stałej kontroli zachowania obiektu, administrator szybko wychwytuje wszelkie nieprawidłowości pracy konstrukcji oraz na bieżąco je koryguje i naprawia – nie czekając, aż wystąpią poważne usterki czy wręcz katastrofa. Poza oszczędnością pieniędzy, uzyskuje się w ten sposób oszczędność czasu (co ilustruje rys. 4) i tzw. kosztów społecznych, związanych z zamykaniem obiektu dla ruchu.

autor

mgr inż. Anna Ołdziejewska  
mgr inż. Andrzej Berger  
FREYSSINET Polska Sp. z o.o.



S. i A. Pietrucha Sp. z o.o.  
ul. Szkolna 29  
95 054 Ksawerów  
tel. (+48) 42 212 84 84  
fax (+48) 42 212 84 87

[www.pietrucha.pl/grodzice](http://www.pietrucha.pl/grodzice)

# Grodzice winylowe

wieloletnie, ekologiczne, tanie rozwiązanie nie wymagające konserwacji



chętnie nawiążemy współpracę agencyjną z zainteresowanymi osobami lub firmami z branży

