

Most Szanghaj Chongming na rzece Jangcy



■ Krzysztof Dąbrowiecki

Delta rzeki Jangcy jest najbardziej rozwiniętą, uprzemysłowioną, dynamicznie rozwijającą się i jednocześnie jedną z najbardziej zaludnionych części Chin. Na obszarze ok. 110 tys. km² zamieszkuje blisko 100 mln ludzi. To tak, jakby na terenie trzy razy mniejszym niż obszar Polski mieszkało dwa i pół razy więcej osób. W okresie ostatnich kilkudziesięciu lat fabryki i zakłady delty były i w dalszym ciągu są niekwestionowanym „złotym” źródłem krajowej gospodarki Chin, przynoszącym rocznie blisko 20% dochodu narodowego, absorbując przy tym prawie połowę wszystkich zagranicznych inwestycji.

Drogi, mosty, porty morskie i lotniska, będące tylko częścią ogromnej produkcyjnej infrastruktury, stanowią niezwykle ważną sieć komunikacji międzyregionalnej i międzymetropolitalnej (Szanghaj, Suzhou, Hangzhou, Nanjing czy Ningbo). Charakterystyczne jest to, że prawie wszystkie megacentra delty znajdują się po prawej, południowej stronie Jangcy, natomiast lewobrzeżna, północna strona rzeki pozostaje w dalszym ciągu nisko rozwiniętym i relatywnie słabo zaludnionym terenem rolniczym. W związku z budową tamy na Jangcy, a w konsekwencji spiętrzeniem poziomu wody w rzece, rząd Chin zdecydował o przesiedleniu setek tysięcy mieszkańców z terenów Trzech Przełomów (Three Gorges) m.in. na tereny północnej delty, na wyspy Chongming, Changxing i Hengsha.

W 2004 r. wyspy te, leżące u ujścia Jangcy do Morza Wschodniocchińskiego, zostały włączone w terytorium administracyjne Szanghaju. Teren Chongming, jednej z największych wysp kraju (1267 km²), stał się eldorado inwestycyjnym i strategicznie idealnym terytorium ekspansji miasta w kierunku północnym, poza granice Jangcy. Niewątpliwie główną zaletą wyspy jest jej położenie, w odległości pół godziny jazdy samochodem od centrum. Ten słabo zamieszkały, jak na warunki delty, obszar jest dwa razy większy niż dzielnica Szanghaju, Pudong. Teren wyspy, na której dominują głównie gospodarstwa rolne i ogrody, dzisiaj przypomina Pudong na progu rozbudowy przed 20 laty. Pierwszym krokiem władz administracyjnych Szanghaju w celu szybkiego zintegrowania wyspy z miastem była decyzja o budowie dogodnej komunikacji drogowej przez południowy i północny kanał ujścia Jangcy.

Na zlecenie zarządu miasta, Shanghai Urban Construction Design and Research Institute w latach 2001–2003 wykonał wiele opracowań i wydał rekomendacje dotyczące 25-kilometrowego połączenia drogowego w rejonie kanału południowego, pomiędzy Pudong a wyspą Changxing, i w rejonie kanału północnego, pomiędzy wyspami Changxing i Chongming. Rozważano dwa warianty usytuowania połączenia, główny oraz alternatywny, który miał być odsunięty o kilkanaście kilometrów w górę rzeki. W propozycji głównego ciągu pojawił się obok tunelu m.in. wariant budowy dwóch mostów, wiszącego i podwieszonoego. Proponowany most wiszący o wymiarach 700 + 2300 + 700 m



Oświetlenie mostu

nad kanałem południowym, ze względu na pobliski port kontenerowy i stocznie budowlane i remontowe, musiałyby gwarantować przestrzeń żeglugową o długości 1990 m i prześwit 68 m ponad wodą. Portalowe pylony o wysokości 296 m podtrzymywałyby dwie liny nośne i ustrój nośny, którym miał być ortotropowy, stalowy dźwigar skrzynkowy. Jako kontynuację przeprawy przewidywano betonowy, wysoki wiadukt i most podwieszony. W alternatywnym ciągu drogowym zaprojektowano most podwieszony o wymiarach 600 + 1200 + 600 m, połączony z belkowym, betonowym wiaduktem od strony wyspy Changxing.

Przedstawione propozycje były nowatorskie i zawierały wiele nowych, niesprawdzonych jeszcze w praktyce rozwiązań technicznych. Dotyczyły one głównie rekordowych rozpiętości przęseł, ich usztywnień i aerodynamicznych zachowań w istniejących na tym terenie złożonych warunkach geologiczno-meteorologicznych. W konkluzji zalecono dalszą kontynuację badań i studiów nad charakterystyką mostów o długich przęsłach. Jako optymalne rozwiązanie zarekomendowano budowę tunelu pod kanałem południowym¹ do wyspy Changxing, a następnie między wyspami Changxing i Chongming mostu podwieszonoego, włączonego w ciąg wiaduktów. W 2004 r. ostatecznie przyjęto projekt przeprawy tunelowo-mostowej jako rozwiązanie o niskim stopniu ryzyka technicznego i wkrótce rozpoczęto budowę. Pod koniec 2009 r. otwarto tunel pod kanałem południowym i most łączący wyspy nad kanałem północnym.

Całkowita długość przeprawy wodnej nad kanałem północnym Jangcy wynosi 16,5 km. Wybudowany most ma sześć pasów ruchu, po trzy pasy i pobocze o szerokości 4,2 m w każdą

¹ Zwierzchowska A., Mogielska M.: *Rekordowy tunel w Szanghaju*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2008, nr 1 (16), s. 14, 15.

ze stron. W przyszłości na poboczu ma być poprowadzona linia kolejowa, która połączy Szanghaj z wyspą Chongming. W skład przeprawy wchodzi most podwieszony o wymiarach $92 + 258 + 730 + 258 + 92$ m i betonowe wiadukty dojazdowe. Po wybudowaniu most ten stał się jednym z 10 największych pod względem długości głównego przęsła mostów podwieszonych na świecie. Montażu prefabrykowanych na lądzie i przetransportowanych na barkach ortotropowych sekcji pomostu podjęła się firma Dorman Long Technology (DLT). Specjalizuje się ona m.in. w projektowaniu i budowie sprzętu do podnoszenia ciężkich elementów konstrukcyjnych i w inżynierskich usługach dźwigowych, szczególnie w zakresie montażu mostów. Przy instalacji mostu Szanghaj Chongming zastosowano sprawdzoną wcześniej, wspornikową metodę łączenia (Orinoco River Bridge, Suton Bridge) i przesuwane linowo-hydrauliczne urządzenia do podnoszenia fragmentów pomostu. Składanie elementów odbywało się równocześnie po obu stronach pylonów. Spawane części pomostu były kolejno podczepiane do want pylonów.

Przekrój poprzeczny mostu jest zbliżony wymiarami i kształtem do przekroju Stonecutters (2009) w Hongkongu. Ustrój nośny tworzą dwa skrzynkowe dźwigary o wysokości 4 m i całkowitej szerokości 52 m, rozdzielone w środku nieciągłą szczeliną o szerokości 10 m. Nad pomostem wznoszą się dwa pojedyncze, betonowe pylony o całkowitej wysokości 210 m. Charakterystyczna jest ich zwężająca się ku górze sylwetka, której wizualnej smukłości dodają ścięte krawędzie boczne. Pod pomostem pylony mają kształt odwróconej litery V. Ich szeroko rozstawione nogi stoją na opływowych w kształcie fundamentach, podpartych wbitymi w dno rzeki 60 palami o długości 105 m i średnicy 2,5 m.

Szerokość głównego kanału żeglugowego wynosi 585 m z prześwitem 53 m ponad wodą. Umożliwia on dwustronny ruch statków towarowych do wyporności 50 tys. t. Dwa boczne kanały żeglugowe mają odpowiednio wymiary 146 m i 36 m.

Wachlarzowy układ 192 want rozchodzących się od pylonów ma standardowy, 2,3-metrowy rozstaw zamocowań na pylonach i 15 m na pomoście. Każde cięgno składa się ze splotów ocynkowanych, stalowych i równoległych drutów o średnicy 7 mm, o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie (1770 MPa). Liny wantowe pokryte są polietylenową warstwą ochronną.

Pomost połączony jest z pylonami, oprócz olinowania, układem FVD (*Fluid Viscous Device*) amortyzatorów firmy Taylor o sile tłumienia ± 2400 kN i przemieszczeniu wzdłużnym ± 600 mm. Ma on za zadanie zredukowanie wibracji konstrukcji mostu poddanej siłom wiatru, trzęsienia ziemi oraz drgań przejeżdżających samochodów, a w przyszłości również pociągów. Zastosowanie amortyzatorów FVD w niektórych obiektach sprawdziło się podczas silnego trzęsienia ziemi w prowincji Sichuan w 2008 r. (8 stopni w skali Richtera). W rezultacie coraz więcej inżynierów i administratorów mostów jest przekonanych o nieodzowności wykorzystania w wielkich konstrukcjach wiszących pasywnej kontroli drgań wywołanych trzęsieniami i wiatrami.

Na konferencji IABSE w Szanghaju (2009) przedstawiono m.in. raport z badań modelowych dotyczących stabilności aerodynamicznej mostów wiszących i podwieszonych o superdługich przęsłach. W konkluzji stwierdzono, że dla tradycyjnych mostów wiszących faktyczny limit długości głównego przęsła ze względu na stabilność aerodynamiczną sięga 1500 m. Powyżej tego limitu konstrukcja mostu powinna być udoskonalona przez modyfikację olinowania, wprowadzenie pionowych lub poziomych stabilizatorów oraz szczelin w ustroju nośnym. Dodatkowo konstrukcje



Montaż sekcji pomostu, źródło: DLT



Montaż segmentów pomostu, źródło: DLT



Urządzenie do podnoszenia segmentów pomostu, źródło: DLT



Zamocowanie cięgna w pomoście



Pylon południowy

powinny być wyposażone w pasywne i aktywne urządzenia kontrolne. Ponadto badania modelowe wykazały, że wprowadzając szczeliny szerokie (40 m dla całkowitej szerokości przęseł 80 m) lub szczeliny wąskie (14 m dla szerokości przęseł 50 m) i odpowiednie stabilizatory, mosty wiszące o długości przęsła głównego 5000 m osiągają wystarczająco wysoki parametr prędkości krytycznej wiatru dla spełnienia wymagań aerodynamicznych w większości huraganowych obszarów na świecie.

Na podstawie praktycznych doświadczeń, wyniesionych z już wybudowanych mostów podwieszonych bijących rekordy długości przęseł (Sutong, Stonecutters, Hubei, Tatar, Normandy) ustalono, że mosty o wielopłaszczyznowym, wachlarzowym układzie want i stalowej, skrzynkowej konstrukcji dźwigara mają wystarczająco wysokie parametry krytycznej prędkości samowzbudzących oscylacji (flutter). Natomiast głównym problemem są wibracje długich cięgien spowodowane pręd-

kością wiatru z deszczem. W podsumowaniu stwierdzono, że wprowadzając odpowiednie zabezpieczenia dla złagodzenia wibracji kabli, w nieodległej przyszłości można spodziewać się zwiększenia długości przęseł mostów podwieszonych.

Przewidywania modelowe zdaje się potwierdzać praktyka. We Władystoku w trakcie budowy jest most podwieszony Russky Bridge o wymiarach $60 + 72 + 3 \times 84 + 1104 + 3 \times 84 + 72 + 60$ m. Pobije on kolejny rekord długości głównego przęsła, ponieważ będzie o 16 m dłuższy od mostu Sutong (1088 m). Termin zakończenia budowy został ustalony na trzeci kwartał 2012 r.

Literatura

1. Shao C., Deng O., Lu Y.: *The Shanghai Yangtze Bridge*. Hongkong 2006.
2. Gu Y., Xiang H.: *Aerodynamic Challenges of Major Chinese Bridges*. Shanghai 2009.
3. *A Pre-feasibility Study Report on Chongming Rivercrossing Project*. Shanghai Urban Construction Design and Research Institute. Shanghai 2001.
4. *A Feasibility Study Report on Chongming Rivercrossing Project*. Shanghai Urban Construction Design and Research Institute. Shanghai 2003.
5. Wang K., Li Q., Wei H.: *Passive Control System of a Steel Truss Girder Cable-Stayed Bridges*. Shanghai 2003.
6. Yongqi C., Liangzhe M., Tiezhu C., Schneider R., Winters C.: *Shock Control of Bridges in China Using Taylor Devices, Fluid Viscous Devices*. Beijing 2008.
7. Materiały firm Dorman Long Technology oraz China Taylor Devices.



Zamocowanie amortyzatorów do pomostu i pylonu

ZDJĘCIA: KRZYSZTOF DĄBROWIECKI ORAZ DORMAN LONG TECHNOLOGY (DLT)