

Lizboński most wiszący

ponte 25 de Abril



Lizboński most wiszący widziany od strony północnej

tekst i zdjęcia: **KRZYSZTOF DĄBROWIECKI**

Sukces Johna Roeblinga polegający na budowie mostu wiszącego przez Niagarę w 1855 r. dał przekonanie, że możliwe jest poprowadzenie linii kolejowej w tego typu konstrukcji. Kilka lat później zaprojektowanie przez Roeblinga mostu Brooklińskiego (ukończonego przez Washingtona i Emilię w 1883 r.), uważanego przez wielu za największe osiągnięcie inżynierii lądowej XIX w., otworzyło drogę do budowy mostów wiszących o długich przęsłach.



Estakada po stronie północnej

Talent inżynieryjny i wyobraźnia wielkich budowniczych, takich jak Modrzejewski, Steinman i Ammann, czy konstruktorów, jak Moisseiff i Ellis, w projektowaniu mostów wiszących w pierwszej połowie XX w. w USA, a w szczególności budowa Bay Bridge (1936) i Golden Gate (1937) w San Francisco, w znacznym stopniu inspirowały wybór typu przeprawy przez rzekę Tag w Lizbonie. Położenie Lizbony jest uderzająco podobne do okolic zatoki i miasta San Francisco. Wąskie gardło cieśniny Golden Gate, łączące zatokę z Pacyfikiem, przypomina zwężone po obu stronach wzgórzami ujście Tagu do Oceanu Atlantyckiego. Lizbona, obecnie ponad półmilionowa metropolia, będąca jednym z najstarszych miast europejskich, o historii sięgającej czasów preceltyckich, położona jest na wzgórzach po północnej stronie cieśniny.

Pierwsza propozycja budowy ponad dwukilometrowego mostu dla połączenia brzegów szerokiej rzeki pojawiła się w 1876 r. Inż. Miguel Pais zaproponował obiekt dwupoziomowy, kolejowo-drogowy, kratownicowy. Kilka lat później amerykański inżynier Lye sugerował budowę żelaznego mostu

łukowego. Z podobną propozycją wystąpiło dwóch inżynierów francuskich: Bartissol oraz Seyrig. Ich projekt mostu łukowego zakładał zróżnicowaną rozpiętość i wysokość usztywnień łuków. W 1919 r. firma H. Burnay & Cia zaoferowała wykonanie studium budowy tunelu łączącego brzegi rzeki. Dwa lata później hiszpański inżynier Alfonso Pena Boeuf przedstawił propozycję jednopoziomowego mostu kolejowo-drogowego. Jednak żadna z proponowanych wersji przeprawy nie uzyskała poparcia władz miasta i rządu Portugalii. W 1926 r. nastąpił przewrót wojskowy gen. António Óscara de Fragosa Carmona, który w 1928 r. powierzył funkcję ministra finansów, w 1932 r. tekę premiera, a w 1936 r. ministra wojny Antónioowi de Oliveirze Salazarowi, który przejął pełnię władzy. Zduszona została Pierwsza Republika Portugalii i zastąpiona władzą dyktatorską. Powstały reżim przetrwał aż do roku 1974, a do jego upadku przyczyniła się rewolucja goździków.

W latach 1933–1934 rozpisano konkurs na przeprawę mostową w Lizbonie, jednak wybuch II wojny światowej wstrzymał proces wyboru miejsca i rodzaju mostu. Dopiero w 1953 r. powrócono do koncepcji sprzed wojny i w tymże roku mianowano Barbosa Carmana szefem zespołu ds. lokalizacji przyszłej konstrukcji. Zespół wybrał rejon pomiędzy Lizboną i Belem po północnej stronie a Almadą po południowej. W 1958 r. rząd zatwierdził budowę i powołał inż. José do Canto Moniza na głównego inżyniera biura budowy mostu przez rzekę Tag. Zespół weryfikacyjny pod przewodnictwem Duarta Abecassisa rozpatrzył cztery nadesłane oferty, w tym dwupylonowego mostu podwieszonoego i trzech mostów wiszących. Z konkursem wiąże się interesująca historia, która w późniejszym okresie miała wręcz rewolucyjne konsekwencje w dziedzinie projektowania mostów. W tym konkursie Fritz Leonhardt przedstawił

nowoczesną wersję mostu wiszącego, stosując bardzo cienki, opływowy ustrój nośny, podczepiony do diagonalnie rozmieszczonych wieszaków zamocowanych na pojedynczej linii. Proponowane rozwiązanie ustroju nośnego znacznie redukowało siły wiatru i tłumilo powstawanie wirów powietrznych. Zostało ono w pewnym zakresie potwierdzone wcześniej przez Fredericka Burta Farquharsona w jego badaniach w tunelu aerodynamicznym po katastrofie mostu Tacoma Narrows, a także przez Leonhardta podczas badań w National Physical Laboratory (NPL) w Teddington. Przedłożony przez Leonhardta projekt mostu był jednak zbyt nowatorski i niesprawdzony w pełnej skali, dlatego wydawał się zbyt ryzykownym rozwiązaniem, w dodatku niegwarantującym dodania w przyszłości linii kolejowej. Koncepcja płytkiego, aerodynamicznego ustroju nośnego Leonhardta doczekała się jednak realizacji kilka lat później przy budowie mostów Severn (1966), First Bosphorus (1973), Humber (1981) czy wiszącego mostu Carquinez (2003) w Kalifornii. Niedawno oddany do użytku trzeci most, Yavuz Sultan Selim (2016) przez cieśninę bosforą, zaprojektowany przez Jeana-François Kleina i Michela Virlogeux, można zaliczyć do kategorii mostów hybrydowych, wisząco-podwieszonych, zawierających wiele technicznych innowacyjności, m.in. płytki, opływowy ustrój nośny podtrzymywany przez wanty i wieszaki, nawiązujący w znacznym stopniu do pierwotnej koncepcji Leonhardta. Liny wieszakowe są podczepione do dwóch kabli nośnych w części centralnej przęsła środkowego. Zaprojektowana szerokość mostu 58,4 m umożliwiła poprowadzenie ośmiu pasów samochodowych i dwóch linii kolejowych, co przy rekordowej rozpiętości 1408 m pomiędzy pylonami jest niewątpliwie wielkim osiągnięciem inżynieryjnym w skali światowej.

Wycieczkowiec wypływający z portu w Lizbonie

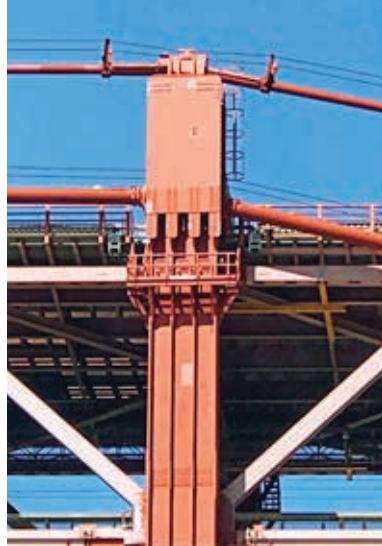




Filar 7 z blokami kotwiącymi dodatkową parę lin nośnych



Dźwigar nośny z widocznymi cięgami powietrznymi



Nadbudowa słupa dla dodatkowej liny nośnej



Fundament słupa

Ostatecznie zespół weryfikacyjny wybrał projekt mostu wiszącego firmy American Bridge Company, czyli sprawdzoną amerykańską technologię mostową z głębokim, kratownicowym dźwigarem nośnym. Wydaje się, że podobnie jak w San Francisco, zdano sobie sprawę ze znaczenia tak ogromnej konstrukcji nie tylko jako bezpiecznego elementu w miejskim ciągu komunikacyjnym, ale jej roli w kształtowaniu przestrzeni. Most stał się nierozdzielną częścią organizmu miasta, a niekiedy także jego symbolem i atrakcją przyciągającą rzesze mieszkańców i turystów. Jan Biliszczuk w książce *Mosty podwieszane*, potwierdzając tezę Santiago Calatravy o jedności inżynierii i sztuki, stwierdza, że mosty, które stały się takimi symbolami, „to dzieła trwale wpisane w świadomość znacznej liczby mieszkańców Ziemi i mają znaczenie dla kultury światowej”.

Do realizacji zaakceptowano most w wersji podstawowej, czyli jednopoziomowy, wiszący, drogowy, z możliwością dodania w przyszłości drugiego poziomu dla lekkiej linii kolejowej. Wiązało się to z zaplanowaniem szerszej odległości pomiędzy słupami pylonów i umieszczeniem lin głównych poza krawędzią dźwigara o rozpiętości 23,5 m. W rezultacie zaplanowano przejście dźwigara przez pylon, wprowadzając jego nieprzerwaną ciągłość. W przyszłości rozważano wzmocnienie dźwigara przez zastosowanie dodatkowego wantowego układu podwieszenia, które ostatecznie zarzucono. American Bridge Company, subsydiowana przez US Steel Company, miała bogatą historię i ogromne doświadczenie w budowie mostów różnego typu, a w szczególności wiszących, takich jak m.in. Bay Bridge nad zatoką San Francisco, Mackinac (1957) w Michigan czy w tamtym czasie będącego w budowie Verrazano Narrows (1964) w Nowym Jorku. Rok po wyborze projektu podpisano z firmą kontrakt. Projekt mostu przygotowała ceniona firma inżynierska Davida Steinmana – Boynton, Gronquist & London. David Steinman (1886–1960) był wtedy jednym z największych autorytetów i budowniczych mostów w USA. Biuro projektowe Robinson & Steinman, a później Steinman, Boynton, Gronquist & London zaprojektowało ponad 400 mostów w różnych miejscach na świecie, z których największym osiągnięciem był most wiszący Mackinac o długości środkowego przęsła 1158 m.

Budowa mostu wiszącego w Lizbonie trwała cztery lata, a uroczyste otwarcie nastąpiło w sierpniu 1966 r. Nadzór sprawowała uznana firma T.Y. Lin International, która później prowadziła m.in. takie budowy, jak Hoover Dam Pass z mostem łukowym czy unikatową, samokotwiąco-wiszącą (self-anchored suspension – SAS) konstrukcję wschodniej części

mostu Bay Bridge. Lizboński most otrzymał imię Salazara, ówczesnego premiera i dyktatora Portugalii, jednak po obaleniu dyktatury, w roku 1974 został przemianowany na ponte 25 de Abril (most 25 Kwietnia) na cześć zwycięstwa rewolucji goździków. Ta nazwa obowiązuje do dzisiaj, choć potocznie nazywa się go po prostu ponte.

Oddany do użytku obiekt był wówczas najdłuższym mostem wiszącym w Europie i piątym na świecie pod względem długości przęsła pomiędzy pylonami. Ustanowił również rekord głębokości osadzenia pylonów i całkowitej ich wysokości. Choć kolor mostu, orange-vermilion, został wybrany nieprzypadkowo w nawiązaniu do mostu Golden Gate i bardzo często ponte 25 de Abril jest do niego porównywany, to jego konstrukcja bardziej jest zbliżona do mostu Bay Bridge. Jeszcze bardziej upodobnił się do niego konstrukcyjnie po tym, jak w 1998 r. American Bridge Company dobudowała pod drogową konstrukcją nośną drugi poziom dla linii kolejowej. Dodatkowy poziom zmusił projektantów do dodania drugiej pary lin nośnych wraz z osobnymi zakotwieniami lin i dosztywnieniem konstrukcji nośnej za pomocą ciągłego dźwigara kratowniczego o długości 2278 m i przekroju 10,7 x 16,0 m.

Most ma dwa pylony o wysokości 190 m każdy. Ze względu na szerokość rzeki w miejscu jego usytuowania fundamenty pylonów zostały osadzone w znacznej odległości od brzegów, na głębokości 79 m. Do ich posadowienia konieczne było użycie unowocześnionej metody kesonowej. Słupy pylonów są powiązane trzema krzyżakowymi, niesłoniętymi usztywnieniami nad i dwoma pod konstrukcją nośną, podobnie jak most Bay Bridge. Są one jednak znacznie lżejsze i mniej masywne od tych zastosowanych na moście Oakland – San Francisco. Oba mosty mają po dwa poziomy komunikacyjne. W przypadku mostu Bay Bridge są to tylko poziomy samochodowe, górny w kierunku San Francisco, dolny z miasta. Na ponte 25 de Abril górny poziom przeznaczony został dla samochodów i ruchu w obie strony, po trzy pasy w każdą ze stron. Dolny poziom natomiast wykorzystywany jest przez dwutorową kolej elektryczną, która obsługuje 160 kursów dziennie. Po modernizacji ponte 25 de Abril stał się jednym z nielicznych mostów wiszących na świecie przystosowanych do komunikacji samochodowej i kolejowej. Całkowita długość przeprawy wynosi 2227,64 m, w tym rozpiętość przęsła pomiędzy pylonami 1013 m i po 483 m po stronie przęsła bocznych. Prześwit nad wodą wynosi 70 m, co umożliwia swobodną żeglugę nowoczesnych wycieczkowców, często zawijających do portu w Lizbonie. Dwie główne liny nośne zawierają 11 248 drutów każda, o średnicy

Tabela porównawcza mostów wiszących

Most		ponte 25 de Abril	Golden Gate	Bay
Rok oddania do użytku		1966	1937	1936
Długość całkowita mostu	m	2277,6	2737	3141
Długość przęsła środkowego	m	1012,88	1280	2 x 704
Szerokość całkowita mostu	m	23,5	27,4	20,1
Wysokość mostu nad wodą	m	70	67	67
Głębokość usztywnienia pomostu	m	10,7	7,6	8
Wysokość pylonów	m	190,47	227,4	153
Średnica lin nośnych	m	0,586/0,3544	0,93	0,73
Koszt budowy	mln USD	32	27	77*
Współczynnik szerokości do długości przęsła środkowego		43	47	35
Współczynnik głębokości usztywnienia pomostu do długości przęsła środkowego		95	168	88

* razem z kosztem budowy tunelu na wyspie Yerba Buena i części wschodniej, czyli mostów wspornikowych i kratownicowych

pojedynczego drutu 4,877 mm w 37 wiązkach, co daje całkowitą średnicę pojedynczej liny nośnej 0,586 m. Druga dodana para lin, o średnicy 0,3544 m każda, składa się z 4104 drutów.

Konstruktorzy mostu, pamiętając o tragedii mostu Tacoma Narrows w 1940 r., spowodowanej dynamicznym oddziaływaniem wiatru, zaprojektowali głęboką na 10,7 m ażurową kratownicę usztywniającą ustrój nośny oraz wzdłuż konstrukcji jezdni kanały powietrzne pokryte kratami pomostowymi.

Po raz pierwszy wzdłużne ciągi otworów w jezdni pozwalające na swobodny, bezwirowy przepływ powietrza i redukcję ciśnienia wiatru zastosował Farquharson w badaniach aerodynamicznych modelu drugiego mostu Tacoma Narrows (1950), wypełniając tym samym jedno z powypadkowych zaleceń Steinmana. W późniejszych konstrukcjach mostów wiszących projektowanych przez Steinmana (Mackinac Straits) i Ammanna (Verazzano Narrows) również wprowadzono wzdłużne ciągi powietrzne. Ponte 25 de Abril był projektowany przez biuro Steinmana, więc projektanci zastosowali w pomoście podobne rozwiązanie. Przeznaczono na nie wewnętrzne i częściowo zewnętrzne pasy ruchu w obu kierunkach. Jednak przy natężeniu ruchu 150 tys. samochodów na dobę powstający hałas od kół przejeżdżających pojazdów po kratkach pomostowych jest wręcz nie do zniesienia i ogromnie uciążliwy dla środowiska nawet w odległości kilkuset metrów od mostu. Nieustający szum negatywnie wpływa też na atrakcyjność mostu, na którą w pełni zasługuje ta piękna konstrukcja. Dlatego chyba dobrze, że ponte 25 de Abril nie ma – jak mosty Brooklyn czy Golden Gate – promenady dla pieszych do podziwiania urzekających widoków miasta, bo dominujący i jednolity hałas wystraszyłby nawet najwytrwalsze osoby.

Niemniej jednak w 50. rocznicę budowy przeprawy, chcąc zwiększyć zainteresowanie, zarząd mostu w 2017 r. wybudo-

wał i oddał do użytku centrum informacyjne wraz z wjazdem windą na poziom jezdni. Centrum mieści się przy siódmym filarze. Oprócz krótkiej historii powstawania konstrukcji, danych technicznych, w tym modelu mostu, centrum ma kilka innych atrakcji, jak wejście do komory kotwiącej liny nośne czy wjazd windą na niewielki pomost o przezroczystej, szklanej podłodze, znajdujący się na wysokości 65 m nad ziemią. Z platformy można podziwiać panoramę miasta i wspaniałe widoki mostu, ale to propozycja tylko dla wytrwałych i odpornych na hałas.

Po stronie północnej obiekt ma prawie kilometrową estakadę, która oparta na 14 wysokich filarach, przebiega w wielu miejscach ponad dachami i ulicami miasta, co stwarza dość niepowtarzalny i wyjątkowy widok. Betonowe powierzchnie filarów zostały zaadaptowane przez lokalnych artystów street art.

Literatura

- [1] Steinman D., Watson R.: *Bridges and Their Builders*. Dover Publications, 1957.
- [2] Biliszczuk J.: *Mosty podwieszane*. Warszawa 2005.
- [3] Kawada T.: *History of the Modern Suspension Bridges*. ASCE, 2010.
- [4] Dąbrowiecki K.: *Przebudowa mostu San Francisco – Oakland*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2008, nr 4, s. 24–27.
- [5] Dąbrowiecki K.: *Magiczny most Golden Gate*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2009, nr 1, s. 8–11.
- [6] Dąbrowiecki K.: *Mosty Tacoma Narrows*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2010, nr 5, s. 66–70.
- [7] Dąbrowiecki K.: *Most Brookliński – dzieło życia Roeblingów*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2011, nr 5, s. 74–78.

