

# Mosty zwodzone **Josepha Straussa**



■ Krzysztof Dąbrowiecki

Joseph Baermann Strauss (1870–1938) był wyjątkową postacią w budownictwie mostowym. Ten wynalazca i projektant mostów zwodzonych przeszedł do historii światowego budownictwa lądowego przede wszystkim jako niestrudzony propagator i główny inżynier budowy mostu Golden Gate (1937) w San Francisco.



Most zwodzony na wyspę Alameda w Oakland, Kalifornia



Pomnik Josepha B. Straussa obok wejścia na most Golden Gate



Most Straussa w San Francisco, China Basin

Od chwili nominacji na stanowisko głównego inżyniera (15 sierpnia 1929 r.) do ukończenia budowy mostu (27 maja 1937 r.) był odpowiedzialny za projekt inżynierski, architektoniczny, geologiczny i komunikacyjny. Strauss od początku pojawienia się pomysłu połączenia mostem cieśniny Golden Gate, zainicjowanego w 1918 r. przez głównego inżyniera miasta Micheala M. O'Shaughnessy'ego (1864–1934), przeczuwał, że jest to jedyna i dla niego osobiście niepowtarzalna szansa, aby zaistnieć w świecie. Znany amerykański architekt Daniel Burnham (1846–1912), twórca m.in. planu przebudowy Chicago, zwykł mawiać: „żadnych małych planów, one nie mają magii ekscytacji ludzi; być zaangażowanym w duże plany, mierzyć wysoko, w nadziei i pracy, pamiętając, że szlachetne, logiczne przedsięwzięcia raz zrealizowane nigdy nie pójdą w zapomnienie i będą istnieć długo po naszym odejściu, potwierdzając sobą doskonałość”. Udział w takim przedsięwzięciu był marzeniem życia Straussa i dlatego z taką żarliwością i oddaniem poświęcił się organizacji budowy mostu Golden Gate. Sam nie mając żadnego doświadczenia i dostatecznej wiedzy z dziedziny budowy mostów wiszących, w pełni zdał się na Charlesa Ellisa, swojego zastępcę w firmie Strauss Engineering Corp, i grupę konsultantów, w ówczesnym czasie najbardziej cenionych inżynierów mostów wiszących: Leona S. Moisseiffa, Othmana H. Ammanna i Charlesa Derletha.

Strauss po ukończeniu w 1892 r. uniwersytetu w Cincinnati (Commers and Engineering – CE, co mogło być w pewnym stopniu mylące, gdyż skrót CE, czyli Civil Engineer, jest powszechnie używany przez inżynierów budownictwa lądowego) krótko praktykował jako kreślarz w Trenton, stolicy stanu New Jersey, w firmie kabli Roeblinga, następnie w firmie Lassing Bridge and Iron Works, a w latach 1899–1902 w firmie projektowania mostów Ralpa Modjeskiego. W tym czasie biuro Modjeskiego pracowało nad mostami zwodzonymi w Chicago



Most Burnside w Portland, środkowa część to most zwodzony Straussa



Most Straussa w San Francisco przy 4 St

i Strauss, zatrudniony na stanowisku asystenta inżyniera, brał czynny udział w tych pracach. Wtedy też zaproponował pewne udoskonalenia i zmiany w projektowanych mostach. Jednak w biurze Modjeskiego jego propozycje rozwiązań nie zyskały aprobaty. Zrażony negatywną opinią, w 1902 r. odszedł z firmy Modjeskiego i założył własną pracownię projektowania mostów Strauss Bascule Bridge Company, którą z czasem przekształcił w Strauss Engineering Corporation. Wkrótce potem złożył wniosek patentowy na innowacyjną koncepcję mostu zwodzonego w Urzędzie Patentowym Stanów Zjednoczonych. Z tego właśnie okresu pochodzą jego pierwsze projekty mostów zwodzonych, budowanych początkowo dla największego klienta, jakim były w tamtym czasie szybko rozwijające się koleje (W&LE Railroad, 1905), a później dla gwałtownie rozbudowujących się miast, takich jak Chicago, San Francisco czy Long Beach.

Znakomita większość z 500 zaprojektowanych i zbudowanych przez jego firmę mostów zwodzonych opiera się na innowacyjnych rozwiązaniach podnoszenia przęsła ruchomego. W jednym z pierwszych patentów z 1905 r. (US pat. 995813) przedstawił koncepcję kratownicowego mostu zwodzonego z podwieszonym ciężarem po jednej ze stron. Nowatorskim usprawnieniem było zastosowanie betonowej przeciwwagi stabilizującej ciężar podnoszonej części mostu, połączonej z łożyskami (sworzniami) przeciwwagi, podpory operującej i podnoszonej kratownicy. Ciężar przeciwwagi umieszczony został nad jezdnią na przedłużonym ramieniu kratownicy mostu.

Ogólna zasada działania mostów zwodzonych sprowadza się do równowagi dźwigni dwustronnej i była znana od czasów greckiego filozofa Arystotelesa ze Stagiry (384–322 p.n.e.). Archimedes (267–212 p.n.e.) matematycznie opisał tę zasadę w następujący sposób: jeżeli w warunkach równowagi suma momentów sił względem punktu obrotu jest równa zero  $\Sigma M=0$ , to wtedy  $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$ , gdzie  $F_1$ ,  $F_2$  są siłami umieszczonymi w środkach ciężkości mas,



Most Straussa w Victorii, BC



Kratownica przeciwwagi mostu w Walnut Grove



Dwuprzęsłowy most zwodzony na rzece Sacramento



Most zwodzony z dodatkowymi przęsłami łukowymi



Kratownica wspornikowa mostu zwodzonego

a  $d_1$ ,  $d_2$  reprezentują odległości przyłożenia tych sił od wspólnego środka równowagi.

W mostach zwodzonych równowaga momentów jest zachowana w każdym położeniu przęsła ruchomego. Przy takiej równowadze wymagana jest tylko niewielka siła do pokonania sił inercji, tarcia i oporu powietrza. Do kontrolowania szybkości i dokładności podnoszenia przęsła zazwyczaj jest używany niewielki silnik (50–70 KM) podłączony do przekładni. Napęd z przekładni silnikowej przekazywany jest na zębunki rozpór operacyjnych połączonych przegubowo z kratownicą ruchomego przęsła. Sterowanie operacyjne mostu odbywa się z kabiny operatora, który przed podniesieniem przęsła zatrzymuje ruch drogowy i włącza sygnalizację ostrzegawczą. Ciężar przeciwwagi w pozycji otwarcia mostu do ruchu drogowego znajduje się na maksymalnej wysokości nad jezdnią. Z chwilą opuszczania ciężaru w dół, przęsło mostu po przeciwległej stronie łożyska głównego (punkt obrotowy) podnoszone jest do góry. W najniższym położeniu ciężaru przęsło znajduje się w pozycji maksymalnego otwarcia nad wodą. Mosty Straussa różnią się od mostów typu chicagowskiego m.in. tym, że mają dodatkowe łożysko dla ciężaru przeciwwagi umożliwiające swobodny, grawitacyjny ruch ciężaru oraz wysoko umieszczony ciężar przeciwwagi nad jezdnią.

Mosty zwodzone znalazły szerokie zastosowanie we wszystkich miejscach, które wymagały krótkich przepraw wodnych. Kanały lub wąskie rzeki wykorzystywane do ruchu i transportu wodnego musiały bezpiecznie udostępniać rejon mostu, dlatego każda podnoszona przeprawa wodna usprawniała komunikację wodno-drogową. W miastach ich użytkowanie było dodatkowo podyktowane ograniczoną i kosztowną przestrzenią miejską, przeznaczoną pod tradycyjne, rozległe i wysokie z powodu żeglugi, konstrukcje mostowe. Problemem jednak były dużych rozmiarów kratownice i wiszący w powietrzu ciężar, które zaburzały estetykę i bezpieczeństwo przestrzeni miejskiej. Dla jej poprawy Strauss wprowadził inne rozwiązanie. Umieścił obudowę łożyska i betonowy ciężar równoważący w specjalnej betonowej komorze pod powierzchnią jezdni lub w wieżach. Opatentowane rozwiązanie (US pat. 1561671, pat. 1798506) takiego mostu z powodzeniem zostało wykorzystane w przeprawach rzecznych i kanałowych w Chicago oraz Portland – most Jackson Blvd i most Burnside.

W celu zastosowania mostów zwodzonych również nad szerokimi przeprawami wodnymi Strauss przedstawił koncepcję mostu dwuprzęsłowego (US pat. 1157449). Były to dwa niezależne, jednoprzęsłowe mosty zwodzone, zbudowane po obu stronach przepraw wodnych. Końce kratownic mostów, w pozycji otwarcia dla ruchu drogowego lub kolejowego, połączone były ze sobą ryglowym zamknięciem w taki sposób, że tworzyły ciągły ustrój mostowy. W przypadku gdy rzeka lub kanał wodny były za szerokie dla dwuprzęsłowej konstrukcji, wtedy od strony obu przyczółków dobudowywano łączące przęsła kratownicowe lub łukowe, przesuając fundamenty podparcia mostu zwodzonego w kierunku osi przeprawy, skracając tym samym długość i ciężar przęsła ruchomych. Inne, unikatowe rozwiązanie mostu zwodzonego zawiera patent US 2047601. Przęsło środkowe mostu jest podnoszone pionowo do góry. Jego ciężar zrównoważony jest betonowymi blokami, umieszczonymi po obu stronach ruchomej konstrukcji, które poruszają się z góry na dół w prowadnicach wieżowych. Ruchome przęsło połączone jest z ciężarami przeciwwagi poprzez krążki linami. W pozycji otwarcia mostu dla ruchu drogowego ciężary te znajdują się w prowadnicach na maksymalnej wysokości. Przy podnoszeniu przęsła do góry są one opuszczane w dół. Operacją podnoszenia i opuszczania

przędza steruje operator z kabiny kontrolnej, umieszczonej po jednej ze stron mostu. Do dzisiaj zachowało się wiele mostów zwodzonych Straussa będących wciąż w eksploatacji, wybudowanych m.in. w San Francisco, Chicago, Victorii czy w delcie rzeki Sacramento. Ocenia się, że obecnie w Stanach wciąż działa trzy tysiące mostów zwodzonych typu chicagowskiego, Straussa, Scherzera, Ralla, obrotowych i podnoszonych, w tym dwa tysiące to mosty drogowe, a tysiąc – kolejowe. Mosty zwodzone, przy zachowaniu tej samej zasady działania, różnią się między sobą wymiarami, nośnością, ciężarem przeciwwagi i przęsł.

Strauss w ciągu 40 lat życia zawodowego zgłosił i uzyskał blisko 100 patentów. O tym, że miał niespożytą energię innowatorską nie tylko w dziedzinie usprawniania mostów zwodzonych lub poszukiwania nowych rozwiązań mostowych (patenty dotyczące mostu Golden Gate), mogą świadczyć jego liczne wynalazki z różnych, czasami bardzo odległych dziedzin mechaniki. Wzbudzają one podziw dla jego niezwyklej wyobraźni technicznej. Opatentował pomysł na betonową konstrukcję karoserii samochodu (US pat. 1507897), zasilanie elektryczne wagonów kolejowych (US pat. 1541076), wzmocnienie górnołataw skrzydeł samolotów (US pat. 1587615), wzmocnienie wewnętrzne konstrukcji kadłuba statku (US pat. 1592963), kolejowy wagon sypialny z rozkładanymi siedzeniami (US pat. 1893510), powietrzny system chłodzenia dla pojazdów będących w ruchu (US pat. 1925415), projektor filmowy (US pat. 1975907), wagę hydrauliczną (US pat. 2052116), urządzenie nagrywające (US pat. 2030479), kolejkę linową (US pat. 2023906), automatyczny system sygnalizacji drogowej (US pat. 2097900), urządzenie do pomiaru światła (US pat. 2137548). Wymienione patenty są tylko skromnym przykładem zainteresowań wynalazczych Straussa.

W 1915 r. zaprojektował i zbudował aeroskop, który stał się prawdziwą atrakcją dla zwiedzających wystawę Panama-Pacific w San Francisco, w roku otwarcia Kanału Panamskiego. Urządzenie to było określane jako najwspanialsze ruchome obserwatorium świata. Konstrukcyjnie przypominało trochę dawnego, polskiego żurawia studziennego, z wiadrem po jednej stronie wysokiego podparcia i ogromnym kamieniem na drugim końcu. W przypadku aeroskopu na końcu długiego wysięgnika znajdowała się dwupoziomowa kabina dla 118 pasażerów. Ciężar kabiny, widzów i wysięgnika był równoważony przez 380-tonową przeciwwagę po przeciwnej stronie łożyska obrotowego. Kabina podniesiona na wysokość 100 m dawała widzom możliwość obserwacji okolic wystawy, miasta i zatoki San Francisco. Była to prawdopodobnie pierwsza i ostatnia prezentacja tego wynalazku.

Setki zbudowanych mostów zwodzonych w Stanach i na świecie, dziesiątki przyznanych patentów nie przyniosły Straussowi tak bardzo upragnionej sławy. Przecucie go jednak nie zawiodło. Pozostał na kartach historii jako budowniczy jednej ze wspaniałości współczesnej myśli inżynierskiej i jednej z największych atrakcji turystycznych Stanów Zjednoczonych – mostu Golden Gate.

## Literatura

1. Van Der Zee J.: *The Gate*. Simon and Schuster, 1986.
2. Department of Special Collections, Collection number M163. *Joseph Strauss Bridge Plans, 1905–1935*. Stanford University Libraries.
3. Dupre J.: *Bridges, A History of the World's Most Famous and Important Spans*. Black Dog & Leventhal Publishers, 1997.
4. Kurrer K.E.: *The History of the Theory of Structures*. Ernest & Sons, 2009.
5. United States Patent and Trademark Office.



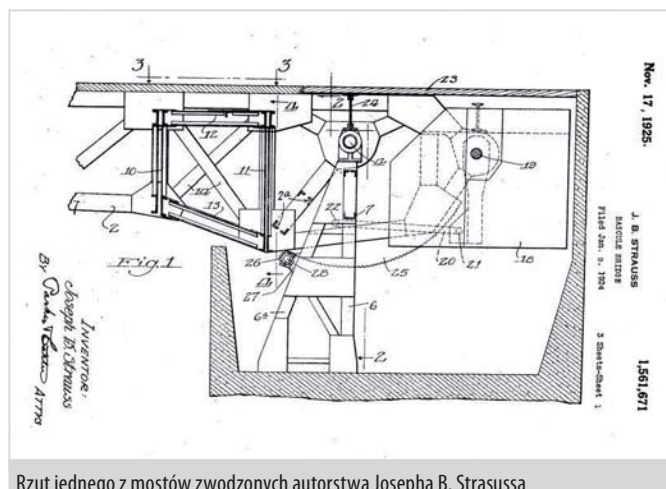
Most z środkowym przęsłem podnoszonym



Ciężar przeciwwagi mostu podnoszonego



Most podnoszony w Oakland



Rzut jednego z mostów zwodzonych autorstwa Josepha B. Straussa