

ANDRZEJ NIEMIERKO

Instytut Badawczy Dróg  
i Mostów

## XI Wyprawa Mostowa. Część IV: Mosty południowej Anglii i Londynu

Nad estuarium rzeki Severn, która rozgranicza Walię i Anglię w tym obszarze, znajdują się dwa imponujące mosty. Dojście do ich głównych przęseł uniemożliwia jednak znaczna, kilkukilometrowa szerokość ujścia rzeki.

Pierwszy most wiszący **Severn Bridge** (wal. Pont Hafren) nad ujściem rzek Severn i Wye zbudowano w latach 1961–1966. Guru mostowców prof. Fritz Leonhardt nazwał go „*pierwszym nowoczesnym mostem wiszącym*”. Otwarcia mostu, który kosztował 8 mln GBP dokonała królowa Elżbieta II. W 1998 r. most uznano za zabytek I klasy. Prowadzi on 4-pasową autostradę M4 łączącą South Gloucestershire w Anglii z Monmouthshire w południowej Walii. Plany budowy mostu w tym miejscu zgłaszał Thomas Telford już w 1824 r. Przez wiele dziesięcioleci nie było zgody władz oraz źródeł finansowania. W międzyczasie w 1886 r. zbudowano poniżej przyszłego mostu tunel kolejowy, najdłuższy w Wielkiej Brytanii (ponad 7 km, 24 m poniżej dna rzeki). Po II wojnie światowej budowa mostu stała się konieczna. Najpierw jednak fundusze rządowe przeznaczono na budowę podobnego mostu drogowego Forth. Roboty fundamentowe zakończono w 1963 r.

Przeprawa składa się z 4 obiektów: wiaduktu Aust, mostu Severn, wiaduktu Beachley oraz mostu Wye. Wiadukt Aust jest obiektem betonowym dwuskrzynkowym doprowadzającym ruch do pierwszego bloku zakotwień kabli. Most Severn ma klasyczny układ. Projektowała go firma Freeman, Fox and Partners. Pomost w postaci stalowej skrzynki ortotropowej zawieszony jest na dwóch kablach średnicy 508 mm opartych na dwóch pylonach. Optywowy kształt pomostu, przypominający płat nośny samolotu, dobrano po próbach w tunelu aerodynamicznym. Po obu stronach pomostu usytuowano ścieżki rowerowe i chodniki. Segmenty pomostu o masie 132 t, wykonane w zakładach Fairfield-Mabey w Chepstow, były spławiane i podnoszone z wody. Nowością było rozmieszczenie wieszaków po linii zygzakowatej (w celu wytłumienia drgań) oraz pełny, skrzynkowy a nie kratowy kształt pomostu. Pomysłodawcą tego optywowego kształtu był prof. Fritz Leonhardt. Dzięki tego rodzaju konstrukcji pomostu uzyskano duże oszczędności stali (dwukrotnie mniej stali niż w moście Firth of Forth). Na tym rozwiązaniu wzorowano się też przy budowie mostu Humber oraz przez Bosfor w Stambule. Wykonawcą mostu była firma William Arrol & Co. Długość mostu wynosi 1600 m, przy czym głównego przęsła 987,5 m; a bocznych po 305 m. Przęsło o niewielkiej wysokości konstrukcyjnej – 3 m, niesie 2 jezdnie po 9,9 m szerokości oraz 2 chodniki po 4,5 m. Wieszaki rozmieszczone są co 22,9 m. Pylony stalowe o przekroju skrzynkowym wznoszą się na wysokość 136 m ponad poziomem wysokiej wody. Wykonywano je z blach stalowych łączonych na śruby sprężające. Wewnątrz nóg pylonów dano usztywnienia, a na zewnątrz stężono je ryglami, jednym w poziomie pomostu i dwoma na górze. Most

znajduje się w strefie dużych pływów dochodzących do 15 m. Światło żeglowne pod mostem wynosi 136 × 47 m.

Wiadukt Beachley, położony na półwyspie o tej samej nazwie, ma taki sam przekrój jak most Severn, ale oparty jest na podporach stalowych. Ma 10 przęseł. Most Wye jest mostem podwieszonym o długości 408 m, z przęsłem głównym rozpiętości 234 m. Przekracza na rzece Wye granicę między Walią i Anglią. Ma dwa jednostłupowe pylony położone wraz z okablowaniem w osi mostu. Pomost stalowy ortotropowy podobny do mostu Severn, ale różniący się zakotwieniami kabli. Początkowo miał tylko kable pojedyncze, ale po wzmocnieniu w latach 80. zastąpiono je kablami podwójnymi.

Sam most Severn, pod koniec lat 80. także poddano generalnej odnowie i wzmocnieniu pomostu oraz pylonów, usztywniając je dodatkowymi słupami o przekroju rurowym. Wymieniono wszystkie wieszaki. Nowe, otwarte struktury kabli umożliwiają lepsze ich utrzymanie. W poprzednim rozwiązaniu, po 40 latach stwierdzono znaczne ubytki korozyjne kabli. Obecnie są one w osłonie gumowej z przewietrzaniem suchym powietrzem. Most był bardzo obciążony. W szczyście przejeżdżało po nim 50 000 pojazdów na dobę. Zaistniała więc potrzeba budowy nowego mostu, po którego zbudowaniu ruch na moście zmalał 4-krotnie. W lutym 2009 r. podczas silnych opadów śniegu w całej Wielkiej Brytanii, oba mosty zamknięto dla ruchu na okres tygodnia. Powodem były spadające z konstrukcji mostu sople lodowe powodujące uszkodzenia pojazdów.



Fot. 43. *Second Severn Crossing* – drugi most przez ujście Severn z 1996 r.

Pierwszy most w tej okolicy Severn Bridge, zbudowany 30 lat wcześniej, był niewystarczający. Dopiero położony w odległości kilku mil i otwarty w 1996 r. przez Karola, księcia Walii, most podwieszony **Second Severn Crossing** (wal. Ail Groesfan Hafren) (fot. 43) poprawił znacznie warunki podróży między Anglią i Walią przez rzekę Severn. Obecnie, ze względu na większą szerokość oraz prostszy dojazd autostradą M4 jest bardziej obciążony ruchem od mostu sąsiedniego. Niesie 6 pasów ruchu i ma wraz z przęsłami dojazdowymi 5 128 m długości. Najdłuższe środkowe przęsło mostu podwieszzonego liczy 456 m. Skrajnia żegluga wynosi 37 m. Przęsła dojazdowe (24 po stronie walijskiej i 25 po stronie angielskiej) wykonano z segmentów prefabrykowanych. Cała przeprawa w planie ma kształt lekko zakrzywionej litery S. Na

krawędziach pomostu zmontowano specjalne balustrady redukujące boczne parcie wiatru, które nie zmuszają do częstych ograniczeń prędkości pojazdów. Most jest bardziej odporny od sąsiedniego na duże obciążenia od wiatru. W tym roku w lutym był po raz pierwszy zamknięty dla ruchu, po wypadku, którym uległy 3 samochody w wyniku spadających sopli lodowych. Przejazd mostem jest płatny.

Most zbudowało konsorcjum publiczno-prywatne. Roboty rozpoczęto w 1992 r. Maksymalnie na budowie było zatrudnionych 100 osób. Częściowo zmontowane na brzegu elementy pomostu na łądzie przewożono specjalnym pojazdem, a następnie po odczekaniu na przyplływ, splawiano na miejsce wbudowania. Wahania pływów w tym rejonie sięgają 14,5 m. 37 podpór wiaduktów dojazdowych, odległych od siebie o 98,11 m, zbudowanych było z prefabrykowanych skrzyń żelbetonowych długości 53 m o masie 37 t każda i zagłębionych w madach estuarium. Po opuszczeniu skrzynie te wypełniono betonem i sprężono pionowymi kablami w osłonach wypełnionych woskiem ponafowym. Pomost wiaduktów składał się z 2434 doprężanych prefabrykowanych segmentów betonowych 3,5 m długości, których masa wynosiła po 200 t. Przęsła wiaduktów budowano metodą dwuspornikową. Na jedno przęsło składało się 27 segmentów. Część podwieszona mostu zwanego Shoots Bridge, długości 948 m składała się z pomostu o konstrukcji zespolonej szerokości 34,6 m. Pomost montowano metodą wspornikową z elementów stalowych 7 m długości o masie 180 t, wykonywanych na brzegu. Elementy łączono na śruby sprężające, a następnie wylewano płytę pomostu i montowano kable podwieszenia. Pylony z betonu zbrojonego i sprężonego w kształcie litery H mają wysokość 137 m. Kształt ich przekroju jest skrzynkowy, a trzony zbieżne. Budowane były metodą deskowań przesuwanych. Tylko belki poprzeczne pylonów były prefabrykowane. Pylony służą za oparcie dla 240 kabli podtrzymujących pomost. W wyniku kontroli drgań kabli podczas budowy, zdecydowano o kablach dodatkowych. Ze względów estetycznych te dodatkowe kable są bardzo smukłe i prawie niezauważalne.

W Clifton – ekskluzywnej dzielnicy **Bristolu** – znajduje się **Clifton Suspension Bridge** (fot. 44). Jest to łańcuchowy most wiszący, którego pomost leży 75 m nad górnym poziomem rzeki Avon. Most łączy dzielnicę Clifton z Leigh Woods w hrabstwie North Somerset. Zaprojektował go Isambard Kingdom Brunel – najszlachetniejszy i najbardziej utalentowany z brytyjskich inżynierów. Był autorem najbardziej śmiałych konstrukcji. W 2002 r. w ogłoszonym przez BBC rankingu 100 największych Brytyjczyków umieszczono go zaraz za Churchilllem. Most jest symbolem Bristolu i zabytkiem I klasy. Ma jedną z najbardziej efektownych lokalizacji obiektu mostowego na wyspach brytyjskich, gdyż łączy brzegi imponującego przełomu (fot. 45).

Na początku XIX wieku planowano budowę mostu kamiennego, ale jako że był zbyt drogi, parlament zezwolił na budowę mostu wiszącego z żeliwa. Ogłoszono konkurs na projekt. Początkowo, Thomas Telford, który był jednym z sędziów odrzucił wszystkie projekty, upierając się, że tylko on potrafi zaprojektować taki most. Uważał, że most wiszący nie może przekroczyć rozpiętości 183 m (600 stóp), tak jak w jego, rekordowym wówczas moście wiszącym przez cieśninę Menai. Drugi konkurs w 1831 r., już z innym zestawem



Fot. 44. Clifton Suspension Bridge I.K. Brunela w Bristolu z 1864 r.



Fot. 45. Widok z Clifton Suspension Bridge w kierunku ujścia rzeki

sędziów, wygrał projekt 24-letniego Brunela z wieżami inspirowanym budownictwem egipskim. Na szczycie wież wyobrażał on sobie nawet repliki sfinksów. Budowa od początku napotykała na różne trudności. Najpierw były rozruchy w Bristolu, potem brak było funduszy. Dopiero w 1843 r. rozpoczęto budowę wież z nieobrobionego kamienia, ale i jej nie zakończono z braku środków finansowych. W 1851 r. elementy żelazne sprzedano i użyto do budowy innego słynnego mostu Brunela – Royal Albert Bridge – na linii kolejowej z Plymouth do Saltash. Brunel zmarł w 1859 r. w wieku 53 lat nie doczekawszy ukończenia budowy. Jego koledzy z Institution of Civil Engineers (ICE) uznali, że dokończenie tej budowy byłoby odpowiednim upamiętnieniem znakomitego inżyniera. Zaczęli gromadzić środki. W międzyczasie, po rozbiórce mostu wiszącego Hungerford w Londynie, też projektu Brunela, zakupiono łańcuchy do mostu Clifton. Projekt Brunela musiał być nieco zmieniony ze względu na rozwój ruchu drogowego.

William Henry Barlow i John Hawkshaw dali szerszy (wynoszący 9,5 m), wyższy i sztywniejszy pomost i dodając

trzeci łańcuch do dwóch zaprojektowanych wcześniej. Roboty wystartowały na nowo w 1862 r. i zakończono je w 1864 r. Rozpiętość głównego przęsła wynosi 214 m, a długość całego mostu 414 m. Most nie ma przęseł bocznych. Wieże nie są identyczne w kształcie i wysokości (26 i 33 m). Zbudowano je na przyczółkach z czerwonego piaskowca. Dopiero w 2002 r. odkryto, że nie są pełne, ale w swoim wnętrzu mają po 12 sklepionych pomieszczeń o wysokości do 11 m, połączonych ze sobą szymbami i przejściami. Na szczycie wież znajdują się siodła, po których przesuwają się łańcuchy w wyniku oddziaływania obciążeń ruchomych. Z każdej strony znajdują się po trzy łańcuchy z żelaza zgrzewnego, do których przymocowano 81 wieszaków utrzymujących pomost. Wieszaki, wykonane także z żelaza zgrzewnego, w przęsle środkowym mają długości od 20 do 0,9 m. Łańcuchy wykonane w postaci wielu równoległych prętów oczkowych ze sworzniami (fot. 46), zakotwiono w tunelach wywierconych w skale na głębokość 17 m poniżej poziomu terenu na brzegu przelomu. Pierwotnie most miał nawierzchnię drewnianą, potem zamienioną na asfaltową. Masa całkowita mostu wynosi około 1 500 t. Na wjeździe od strony Leigh Woods wyryto dewizę: *Suspensa Vix Via Fit* („Wisząca droga w trudzie poczyniona”).



Fot. 46. Pomost Clifton Suspension Bridge w Bristolu

Od 1952 r. most jest zarządzany przez spółkę, która pobiera myto, ale tylko od pojazdów samochodowych. Wszystkie pojazdy przed wjazdem są ważone. Dopuszczalną masę pojazdów ograniczono do 4 t. W 2003 r. most był poddany dużemu obciążeniu tłumem z okazji festiwalu i święta Bristolu, wywołując niepokojące odkształcenia mostu. Od tego czasu przy cyklicznie odbywających się imprezach z udziałem publiczności, most jest zamykany dla wszelkiego ruchu.

Z mostu po raz pierwszy w świecie w 1979 r. skakano na bungee. Znany jest jednak także z licznych samobójczych skoków, których między 1974 a 1993 r. oddano 127. W angielszczyźnie południowego zachodu, na określenie skrajnej rozpacz i beznadziei używany jest termin „to jump down The Clifton Bridge”. Jako ciekawostkę podają, że w 1885 r. pewna 22-letnia kobieta, zdradzona przez kochanka, przeżyła skok z mostu, gdyż jej spódnica zadziałała jak spadochron. Mimo

poważnych obrażeń, dożyła 84 lat. Od 1911 r. istnieje zakaz latania pod mostem. Mimo to w 1957 r. przeleciał pod nim z prędkością około 600 km/h samolot RAF Vampire. Niestety zaraz potem rozbił się o ścianę wąwozu.

W porcie Bristol znajduje się ciekawa ruchoma kładka dla pieszych **Pero's Bridge** (fot. 47) oddana do ruchu w 1999 r. Nazwa kładki pochodzi od niewolnika „Pero”, którego przywiózł do Bristolu w 1783 r. z karaibskiej wyspy Nevis kupiec John Pinney. Kładka ma trzy przęsła. Dwa zewnętrzne są nieruchome, a środkowe rozpiętości 11 m jest obrotowe wokół osi poziomej. Światło pod kładką wynosi 3,3 m. Cechą znamioną konstrukcji przęsła środkowego jest para przeciwwag, biorących udział w unoszeniu przęsła. Przeciwwagi te mają kształt rzeźbionych rogów. Z tej racji kładkę ochrzczono „Horned Bridge” („Rogaty most”). Kładkę projektował Eilis O'Connell wraz z inżynierami z biura Ove Arup & Partners.



Fot. 47. Kładka Pero's Bridge z przeciwwagami w Bristolu

Jedną z najbardziej podziwianych budowli w **Bath to Pulteney Bridge** (fot. 48). Jest przykładem angielskiego stylu palladiańskiego. Jest jednym z 4 mostów w świecie, na których znajdują się budynki ze sklepami. Najpierw w miejscu mostu była przeprawa promowa przez rzekę Avon. W 1767 r. tereny te odziedziczyła Frances Pulteney, żona prawnika edynburskiego. Przeprawa okazała się niewystarczająca. W 1770 r. jej mąż William Johnstone Pulteney powierzył projekt mostu architektowi Robertowi Adamowi. Zaproponował on ustawienie na moście po 11 małych budynków sklepowych z każdej strony jezdni.

W tym czasie mosty mieszkalne odchodziły w przeszłość, gdyż znacznie ograniczały przepustowość przeprawy. Z tego powodu projekt wzbudził konsternację władz miejskich. Przeważała jednak opinia, że w ten sposób będzie można uzyskać dochód niwelujący koszty budowy. Robert Adam podróżował dużo po Włoszech i był zainspirowany dziełami Andrea Palladio oraz podobnymi mostami we Florencji (Ponte Vecchio) i w Wenecji (Ponte Rialto). Most ukończono w 1773 r. Przez lata most zmieniał oblicze. Po śmierci Adama w 1792 r. architekt Thomas Baldwin zmienił fasady, podwyższając budynki i dając okna w wykuszach. Zepsuło to oryginalną klasyczną koncepcję planów Adama (fot. 49). Kolejnym nieszczęściem,



Fot. 48. Mieszkalny Pulteney Bridge w Bath

które spotkało konstrukcję było podmycie jednej z podpór w czasie wielkiej powodzi w 1799 r. oraz obsunięcie się pozostałych w czasie burzy w 1800 r. Domy po północnej stronie uległy tak znacznym zniszczeniom, że Pulteney rozważał nawet zastąpienie mostu jednym przęsłem żelaznym według projektu jego protegowanego Thomasa Telforda. W 1936 r. uznano most za narodowy zabytek i podjęto prace nad odtworzeniem oryginalnych fasad. Prace te ukończono dopiero po wojnie w 1951 r.



Fot. 49. Zabudowa Pulteney Bridge w Bath

W Londynie na Tamizie jest kilkanaście obiektów mostowych, z których najbardziej znane to mosty: Tower, Westminster, Albert i Chelsea – te trzy pierwsze z przeszło stuletnimi konstrukcjami, a także nowy most Londyński – ze względu na swego poprzednika oraz kładki Millennium i Hungerford – oddane do użytku w ostatnich latach.

**Tower Bridge** (fot. 50) jest jednocześnie mostem ruchomym i wiszącym. Anglicy twierdzą, że jest najbardziej znanym mostem ruchomym w świecie. Położony w pobliżu twierdzy Tower of London (stąd jego nazwa) stał się ikoną miasta.



Fot. 50. Tower Bridge – symbol Londynu

Most składa się z dwóch wież, połączonych ze sobą na górnym poziomie za pomocą dwóch kładek dla pieszych, przenoszących rozciąganie od bocznych części wiszących. Składowe pionowe od części wiszących i reakcji kładki przenoszone są przez potężne wieże. U podstaw wież umieszczono przeguby obrotowych części podnoszonego przęsła środkowego oraz całą maszynię. Obecna kolorystyka mostu (czerwony, biały i niebieski) nawiązuje do srebrnego jubileuszu królowej w 1977 r. Przedtem elementy metalowe były w kolorze brązu czekoladowego. Główne przęsło liczy 79 m, boczne mają po 82,3 a całkowita długość mostu to 244 m. Przy zamkniętym przęsle światło żeglowne pod mostem wynosi 8,6 m, a przy otwartym 42,5 m. Most oddano do użytku 30 czerwca 1894 r. po uroczystym otwarciu przez księcia Walii, przyszłego króla Edwarda VII i jego żonę księżną Wali Aleksandrę Duńską. Jest zabytkiem I stopnia. W owym czasie kosztował ponad 1 mln funtów.

Wcześniej w 1876 r. ogłoszono konkurs, na który wpłynęło ponad 50 prac. Budziły one jednak wiele kontrowersji i dopiero w 1884 r. zaakceptowano pomysł architekta miejskiego Horacego Jonesa, który był także jednym z jurorów. Inżynier John Wolfe Barry, współpracownik Jonesa, zaproponował podział przeprawy na trzy części, z środkową ruchomą i dwiema wieżami 65 m wysokości. Skrzydła mostu ruchomego o masie blisko 1200 t każde mogły obracać się do kąta 83° w ciągu 5 min. Obrót nie wymagał dużej siły, gdyż skrzydła były balastowane pojemnikiem o masie 350 t. Konstrukcję skrzydeł stanowią 4 usztywnione między sobą kratownice w rozstawie 4,1 m. Oba przęsła skrajne, każde 82 m długości, to przęsła wiszące. Ich łańcuchy składają się z dwóch części sierpowatego kształtu, połączonych w najniższym punkcie trzpieniem stalowym o gigantycznej średnicy 76 cm (fot. 51). Siły poziome z łańcuchów przekazywane są na obie wieże poprzez ściągi usytuowane w poziomie kładek dla pieszych. Kładki te znajdują się na wysokości 44 m ponad poziomem wysokiej wody. Pomost przęsła skrajnych tworzą poprzecznice stalowe, podwieszane do łańcuchów za pośrednictwem wieszaków ze stali zgrzewnej średnicy 15 cm. Naciąg wieszaków regulowany jest śrubami rzymskimi.

Budowę rozpoczęto w 1886 r. Pracowało 432 robotników. Dwa masywne 70 000 t fundamenty pod wieże, o wymiarach w planie 30 × 62 m, osadzono na dnie rzeki. Tworzyły je skrzynie stalowe opuszczone na 6 m poniżej dna rzeki, wypełnione murem ceglany i betonem. W owym czasie były to największe



Fot. 51. Tower Bridge – połączenie dwóch części łańcucha

w świecie fundamenty tego rodzaju. Wysokość wież, liczona od spodu fundamentów wynosi blisko 90 m. Część nad fundamentowa liczy 43 m i wynikała z wysokości masztów przepływających żaglowców. Do budowy wież i kładek dla pieszych użyto 14 000 t stali i żelaza lanego. Większość połączeń nitowanych wykonała firma William Arrol and Co. z Glasgow – główny wytwórca konstrukcji stalowej mostu. Stalowa konstrukcja wież była obłożona granitem kornwalijskim i kamieniem portlandzkim. Miało to służyć ochronie szkieletu stalowego a także celom estetycznym. Po śmierci Jonesa w 1887 r. nadzór nad projektem przejął George D. Stevenson. Zastąpił on ceglane fasady wież wiktoriańską ornamentyką neogotycką (fot. 52), która bardziej harmonizowała z pobliskim Tower of London.



Fot. 52. Widok z pomostu na jedną z wież Tower Bridge

Oryginalny mechanizm podnoszenia skrzydeł mostu ruchomego (fot. 53) był zasilany parą pod ciśnieniem, zgromadzoną w 6 zasobnikach. System został zaprojektowany i zainstalowany przez firmę W.G.Armstrong Mitchell & Co. z Newcastle-upon-Tyne. Dwie maszyny parowe o mocy 360 KM każda przekazywały rurami żeliwnymi do zasobników parę pod ciśnieniem 5,2 MPa. Układ zasilania, ze względów niezawodnościowych, był zdublowany.

W 1976 r. oryginalny mechanizm zastąpiono nowym elektrohydraulicznym. Zamiast pary w obiegu jest olej. Jedynym elementem, który pozostał ze starego mechanizmu to koła i przekładnie zębate. W starej maszynowni, blisko południowego krańca mostu, urządzono muzeum, gdzie prezentowane są rozmaite mechanizmy mostu wycofane z użycia.

Choć most jest niewątpliwie jedną z atrakcji Londynu, to na początku XX wieku budził sprzeczne opinie na temat jego estetyki. Uważano, „że jest przykładem bezguścia i pretensjonalności, jak również zakłamania rzeczywistej konstrukcji” lub „że nie ma na tej strategicznej rzece bardziej absurdalnej konstrukcji niż Tower Bridge”. Krytykowano łańcuchy w postaci obwisłych, krzywych kratownic podtrzymujących przęsła. Uważano, że są koślawe i niezgrabne. W latach 40. ub. wieku padła nawet propozycja, aby most Tower uwolnić od wiktoriańskiego neogotyku, przykrywając konstrukcję szkłem. W ten sposób jeden kicz zastąpiono by następnym. Jednak w latach 80. most uznano za zabytek. Trzeba jednak pamiętać, że z inżynierskiego punktu widzenia było to prawdziwe wyzwanie. Most Tower był niepodobny do żadnej innej konstrukcji do tej pory zbudowanej. Jego cechą szczególną było połączenie ciężkiej konstrukcji stalowej z kamienną o wysmakowanej architekturze. Wysoko położona między wieżami kładka służyła do utrzymywania ruchu pieszego przy otwartych skrzydłach mostu ruchomego. Obrotowe w pionie skrzydła przęsła środkowego były zaopatrzone w przeciwwagi o masie dotąd nie spotykanej. Filary rzeczne w postaci wież imponowały solidnością i trwałością.



Fot. 53. Widok na podnoszoną część pomostu Tower Bridge

Z mostem związane są ciekawe incydenty, jak np. ten z 1952 r. gdy miejski autobus wjechał na podnoszone skrzydło mostu. Kierowca widząc, że nie zdąży zahamować dodał gazu i przeskoczył przez prawie metrową szczelinę. Nikt nie ucierpiał, a brawurowy wyczyn nagrodzono kwotą 10 GBP. W 1968 r. jeden z pilotów RAF-u przeleciał myśliwcem Hawker Hunter pod górną kładką dla pieszych, uświetniając 50-lecie RAF-u. Ponieważ uczynił to bez zgody przełożonych, po wylądowaniu został aresztowany, a następnie wydany z RAF-u jako osoba nieodpowiedzialna.

Most Tower jest nadal ważną i ruchliwą przeprawą. Dziennie przekracza go 40 000 pojazdów. Ze względu na zabytkową wartość obiektu, prędkość pojazdów ograniczono do 32

km/h, a ich masę do 18 t. Prędkość kontrolowana jest wideoradarem, zaś masa, liczba osi i gabaryty – pętami indukcyjnymi i czujnikami piezoelektrycznymi. Skrzydła mostu otwierane są około 1000 razy w ciągu roku. Ruch na rzece jest mniejszy niż kiedyś, ale ma nadal priorytet nad ruchem drogowym. O potrzebie otwarcia mostu wymagane jest jednak powiadomienie z 24-godzinnym wyprzedzeniem. W 2000 r. zainstalowano komputerowy system zdalnego otwierania i zamykania mostu. Nie jest on jednak niezawodny. Kładki dla pieszych górnego pomostu zamknięto w 1910 r. ze względu na złą reputację: były nawiedzane przez prostytutki i kieszonkowców. Dopiero w 1982 r. ponownie je oddano do dyspozycji publiczności, organizując tam wystawy. Od 2008 r. trwa, kosztem 4 mln GBP, odnowa powłok malarskich (fot. 50 i 52). Zakończenie prac przewidziano w 2012 r. W zeszłym roku, mimo protestów ochroniarzy zabytków, w sąsiedztwie mostu rozpoczęto budowę 310 m drapacza chmur („The Shard” czyli „Skorupa”).

**Westminster Bridge** (fot. 54) był i jest jednym z najważniejszych połączeń przez Tamizę, łącząc Westminster z Waterloo. Jest obecnie najstarszym mostem na Tamizie w Londynie. Został uwieczniony przez Canaletta na jednym z obrazów z tego okresu. Pierwszy most kamienny zaprojektował szwajcarski architekt Charles Labelye. Budowano go w latach 1739–1750. Po jego otwarciu usunięto budynki i poszerzono London Bridge. Stał, podziwiany przez współczesnych, przez ponad 70 lat dotąd aż stwierdzono osiadania fundamentów. I choć poradzono sobie doraźnie z tym problemem, to jednak parlament zdecydował o budowie nowego mostu. Obecny most, zaprojektowany przez Thomasa Page’a i architekta Charlesa Barry’ego (tego od Pałacu Westminsterskiego), otwarto z fanfarami w 1862 r. Całkowita długość 7-przęsłowego mostu łukowego ze stali zgrzewnej wynosi 252 m przy szerokości 26 m. Barry był autorem gotyckich elementów zdobniczych. Do 1952 r. mostem poruszały się tramwaje. W 2005 r. poddano go gruntownej odnowie, którą zakończono w 2007 r. Przy okazji tych prac przywrócono żeliwne fasady i most całkowicie odmalowano. Obecnie jest on w kolorze zielonym, takim samym jak skórzane obicia w sąsiadującej z nim Izbie Gmin. Pozostaje najbardziej zatłoczonym mostem dla ruchu pieszego i kołowego. Jest najstarszym mostem w tej części Londynu i zabytkiem II klasy.

**Albert Bridge** jest jednym z bardziej atrakcyjnych mostów wiszących w Londynie, zwłaszcza przy nocnym oświetleniu. Łączy Chelsea i Battersea. Nazwano go na cześć księcia Alberta Saksońskiego, małżonka królowej Wiktorii. Jego pierwotną wspornikową konstrukcję zaprojektował Rowland Mason Ordish. Konstrukcja mostu to właściwie kombinacja mostu wiszącego i podwieszoności. Długość całkowita wynosiła 216,4 m, szerokość 12,5 m, a środkowe przęsło miało 121,9 m rozpiętości. Budowano go w latach 1871–1873. Zamknięto wkrótce po otwarciu w 1872 r., i ponownie otwarto w 1873 r. I chociaż jego elementy były potem naprawiane i wzmacniane w 1884 r. przez Josepha Bazalgette’a, to aż do 1973 r. nie prowadzono poważniejszych zabiegów związanych z konstrukcją. Dopiero wówczas most poddano poważnemu wzmocnieniu, aby mógł przejąć zwiększone natężenie ruchu. Dodanie środkowej podpory zepsuło jednak pierwotne założenia projektowe konstrukcji z żelaza zgrzewnego. Most jest zabytkiem II klasy.



Fot. 54. Widok z Westminster Bridge w kierunku kładki Hungerford

**Chelsea Bridge** (fot. 55) łączy Chelsea z Battersea. W miejscu pierwotnego brodu były dwa mosty. Pierwszy, zaproponowany w 1840 r., i nazwany początkowo imieniem królowej Wiktorii, doczekał się realizacji dopiero w 1857 r. jako konstrukcja wisząca. Projektantem był Thomas Page. Most miał pomost z żelaza zgrzewnego szerokości 14 m, a 4 wieże z żelaza lanego służyły za oparcie łańcuchów. Długość mostu wynosiła 214 m, z przęsłem środkowym rozpiętości 101 m. Duże lampy na wierzchołkach wież zapalano tylko wówczas, gdy królowa Wiktorja spędzała noc w Londynie. Most był jednak mało popularny ze względu na pobierane myto. Przegrywał w konkurencji z pobliskim Albert Bridge. W 1879 r. opłatę więc zniesiono. Ponadto most był wąski, a do jego konstrukcji wiszącej miano zastrzeżenia. Mimo zamontowania dodatkowych łańcuchów, musiano ograniczyć masę pojazdów do 5 t. Obawy o katastrofę mostu były powodem, że nazwę mostu zmieniono na Chelsea Bridge, by nie narażać w razie czego dobrego imienia rodziny królewskiej. Uprowadzając te potencjalne konsekwencje, w latach 1934–1937 most rozebrano, a na jego miejscu w 1937 r. zbudowano obecną konstrukcję.

Projektowali ją G.Topham Forrest i E.P.Wheeler. Jest mostem trójprzęsłowym o całkowitej długości 213 m i z głównym przęsłem rozpiętości 101 m. Na 20 m szerokości pomostu



Fot. 55. Chelsea Bridge w Londynie

mieszczą się obecnie 4 pasy ruchu. Wysokość pylonów to 21,1 m. Nowy Chelsea Bridge był pierwszym brytyjskim mostem wiszącym, w którym siły z kabli przenoszone były na pomost. Nie wymagane więc były zakotwienia kabli w przyczółkach, co w przypadku miękkich i niestabilnych londyńskich itów było okolicznością korzystną dla konstrukcji mostu. Kable pojedyncze o przekroju sześciokątnym były tworzone z lin drutowych średnicy 23 mm, zgrupowanych w wiązki. Podpory ustawiono na miejscu poprzednich podpór, wykonując je jednak z betonu, który w dolnej części obłożono granitem. W przeciwieństwie do poprzedniej konstrukcji z 1857 r., wieże pozbawiono bogatej wiktoriańskiej ornamentacji. Jedyne ozdoby mostu są herby, godła i symbole na wierzchołkach słupów latarni, ustawionych na wjazdach na most. W nocy most jest oświetlony łańcuchami z lampek diodowych, biegnącymi wzdłuż kabli, a więc długości 285 m. Od 2008 r. most jest zabytkiem II klasy.

**Stary London Bridge** był jedynym mostem w Londynie przez Tamizę do czasu otwarcia mostu Westminster. I choć obecnie jego postać budzi wiele zastrzeżeń estetycznych, to przeprawa w tym miejscu ma ciekawą i bogatą historię sięgającą czasów rzymskich. Już w 100 r. istniało tu stałe przejście. Kolejne mosty drewniane były palone np. przez Duńczyków lub wysadzane. Dopiero w czasach średniowiecznych zbudowano most tzw. mieszkalny z wielopiętrowymi budynkami po obu stronach jezdni. Most, który budowano przez 33 lata, w 1209 r. składał się z 19 małych sklepień kamiennych. W jego części centralnej znajdowała się kaplica św. Tomasza, do której był dostęp także z poziomu wody (dla rybaków). Na dojeździe znajdowało się przęsło zwodzone, umożliwiające także żeglugę oraz zamykane na noc bramy obronne. Z pozwoleń króla Jana na budowę nawet 7-piętrowych budynków były zbierane opłaty na utrzymanie mostu. Most stanowił jednak pewnego rodzaju zaporę na rzece. Także i handel na moście utrudniał przejazd, gdyż most miał 8 m szerokości, a kramy zajmowały po 2 m z każdej strony. Aż do króla Karola II, do 1660 r. panował okrutny zwyczaj ustawiania na bramach wjazdowych odciętych głów różnych złoczyńców i zdrajców. W XVIII w. domy usunięto i powstał nowy London Bridge. Zaprojektowany przez inżyniera Johna Rennie'ego 5-przęsłowy most kamienny z granitu, zbudował jego syn imiennik 30 m w górę rzeki. Prace rozpoczęto w 1824 r., a most otwarto w 1831 r. Po otwarciu nowego mostu przez króla Wilhelma IV i królową Adelajdę, stary most rozebrano. Koszt dojazdów do nowego mostu przekroczył 3-krotnie koszt jego budowy. Most Rennie'ego miał długość 283 m, szerokość 15 m i wznosił się 9 m nad poziomem wysokiej wody. Półeliptyczne sklepienia miały rozpiętość od 39,6 do 46,3 m. W latach 1902–1904 most był poszerzony do 20 m. Ale ten dodatkowy ciężar spowodował, że podpory mostu zaczęły osiadać w tempie 3 cm co 8 lat. W 1924 r. wschodnia część mostu była położona 102 mm niżej niż zachodnia. Konieczna więc stała się jego wymiana na nowszą konstrukcję.

Po ponad 130 latach, w 1967 r., rada miasta postanowiła wystawić most na sprzedaż. W rok później sprzedano go amerykańskiemu milionerowi Robertowi P. McCullochowi za 2,46 mln USD. Ten rozebrał go kamień po kamieniu i przetransportował przez ocean. W 1971 r. zrekonstruował go nad kanałem Bridgewater w Lake Havasu City, w stanie Arizona.

Konstrukcja tego mostu była jednak żelbetowa, zaś kamień posłużył tylko jako oblicówka. Most stał się, po Wielkim Kanionie, drugą atrakcją turystyczną Arizony. Powiadają, że ów biznesman był przekonany, że kupuje o wiele bardziej imponujący Tower Bridge. Zresztą, bardzo często i teraz, pod pojęciem London Bridge rozumie się bardziej widowiskowy Tower Bridge.

Budowę **obecnego London Bridge** (fot. 56) rozpoczęto w 1967 r. i zakończono w 1972 r. Otwarcie mostu nastąpiło w 1973 r. i uświetniła je królowa Elżbieta II. Most zaprojektowano w firmie Mott, Hay and Anderson. Jest mostem ciągłym trójprzęsłowym z betonu sprężonego o przekroju skrzynkowym. W przekroju poprzecznym ma 4 skrzynki. Jego długość wynosi 283 m, a główne przęsło ma 104 m rozpiętości. Pomost szerokości 32 m niesie 5 pasów ruchu. Światło żeglowne wynosi 8,9 m. Korpusy latarni wykonano z dział napoleońskich. Kosz budowy 4 mln GBP pokryto całkowicie z funduszy miasta. Ma mniej ozdób niż inne mosty londyńskie. Jest wygodny i elegancki, ale londyńczycy nie mogą odżałować, że w tak historycznym miejscu nie zbudowano bardziej estetycznej i pasującej do otoczenia konstrukcji. W 1984 r. brytyjski okręt wojenny HMS Jupiter miał kolizję z mostem, powodując jego znaczne uszkodzenia.



Fot. 56. Obecny London Bridge na tle London Eye, budynku Parlamentu i Big Bena

**Blackfriars Railway Bridge** (most kolejowy Dominikanów) to drugi most w tym miejscu zbudowany nieco w dół rzeki od poprzedniego z 1864 r. Pierwotny most miał potężne przyczółki z insygniami kolejowymi (zachowano tylko południowy – zabytek II klasy) oraz wspaniałe podpory w kształcie rzymskich kolumn z kapitelami (pozostawiono). Znaczenie mostu spadło wraz z przesunięciem głównego ruchu w kierunku stacji Waterloo i St Paul. Jego konstrukcja też stała się za słaba dla nowoczesnych składów pociągów. Obecny most z żelaza

zgrzewnego, nazywany pierwotnie St Paul Railway Bridge, otwarto w 1886 r. Projektowali go John Wolfe-Barry oraz Henri Marc Brunel. Gdy w 1937 r. zmieniono nazwę stacji St Paul na Blackfriars, identycznie postąpiono z nazwą mostu. W planach jest przedłużenie peronów stacji w kierunku Tamizy i oparcie ich na podporach z 1864 r.

**London Millennium Footbridge** (fot. 57) był pierwszym nowym mostem przez Tamizę w Londynie od czasu otwarcia Tower Bridge w 1894 r. Jest jednocześnie pierwszym przeznaczonym wyłącznie do ruchu pieszego. Kładka łączy londyńskie City koło katedry św. Pawła z galerią sztuki Tate Modern na Bankside. Długość trzyprzęsłowej kładki wynosi ponad 300 m, a jej najdłuższe środkowe przęsło ma 144 m. Zwis kabli niosących pomost wynosi zaledwie 2,3 m, co powoduje bardzo dużą siłę rozciągającą od ciężaru pomostu wynoszącego 20 MN. Stosunek zwisu kabli do rozpiętości przęsła wynosi 1:63 czyli jest 6 razy mniejszy niż w tradycyjnych mostach wiszących.



Fot. 57. Pechowa kładka Millennium w Londynie

Architektoniczną formę kładki opracowała firma Foster and Partners w ścisłej współpracy z rzeźbiarzem Anthony'm Caro oraz konstruktorami z firmy Ove Arup. Koncepcja kładki przewidywała jak najmniejszą ingerencję w środowisko. Miało to być rozwiązane poprzez przerzucenie nad Tamizą wstęgi stalowej. W rezultacie powstał most wiszący o bardzo małej wysokości konstrukcyjnej, składający się z dwóch podpór ramowych w kształcie „Y” i 8 kabli, po 4 z każdej strony. Między tymi dwiema wiązkami kabli biegnie lekki, 4 m szerokości pomost aluminiowy (fot. 58) oparty na stalowych ramionach połączonych z kablami co 8 m.

W środku rozpiętości przęsła kable opadają poniżej poziomu pomostu, nie zakłócając widoku miasta. Jest pierwszym w świecie mostem wiszącym w poziomie. W konstrukcję wmontowano elementy oświetlenia, które uruchamiane jest fotokomórką po zachodzie słońca.

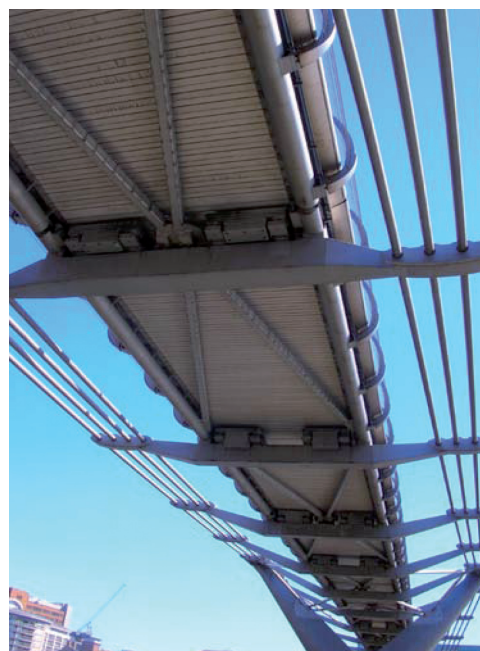
Początkowo kładkę otwarto 10 czerwca 2001 r., ale w dwa dni później zamknięto ją w celu zbadania co jest przyczyną nieoczekiwanych, nadmiernych alarmujących rozkołysań podczas przemarszu pieszych. Ochrzczono ją nawet „koły-

szącym się mostem”. Odnotowano bowiem, że amplituda ruchu poziomego przęsła środkowego wynosiła 75 mm przy częstotliwości 1 Hz. Była to druga postać drgań poziomych z węzłami w środku rozpiętości i na filarach. Ponownie otwartą ją 27 lutego 2002 r.



Fot. 58. Pomost kładki Millennium w Londynie

Przeprowadzone badania doprowadziły do modyfikacji konstrukcji. Stwierdzono, że przyczyną było nakładanie się przemieszczeń bocznych wywołanych jednoczesnym wkróceniem na kładkę wielkiej rzeszy ludzi (około 1000 osób). Stwierdzono także, że konstrukcja wpadała w rezonans, gdyż jej najmniejsza częstotliwość własna wynosząca 1,1 Hz była zbliżona do częstotliwości ludzkich kroków (około 2 Hz). Zjawisko to nazwano „synchronicznym wzbudzeniem bocznym” i było nowym w literaturze technicznej. Modyfikacja konstrukcji polegała na zainstalowaniu tłumików lepko-sprężystych i masowych pod pomostem oraz między pomostem a filarami rzecznyymi (fot. 59).



Fot. 59. Pomost kładki Millennium z zamocowanymi od spodu tłumikami



Nie wpłynęło to w żaden sposób na odbiór estetyczny konstrukcji. Ciekawostką jest, że niektóre londyńskie gazety prowadziły kampanię sprzeciwu wobec planów likwidacji kołysania pomostu, argumentując, że kołysanie to byłoby niewątpliwą atrakcją dla turystów.

**Hungerford Bridge** jest mostem kolejowym w postaci stalowej kratownicy. Znany także pod nazwą Charing Cross Bridge. Od niedawna jest otoczony dwoma kładkami dla pieszych o konstrukcji podwieszanej, opartymi na tych samych fundamentach (fot. 54). Kładki mają swoją własną nazwę: Golden Jubilee Bridges. Pierwszy most zaprojektował Isambard Kingdom Brunel. Otwarto go w 1845 r. i była to wisząca kładka dla pieszych. W 1859 r. kolej wykupiła kładkę i zastąpiła ją 9-przęstową konstrukcją kratową z żelaza zgrzewnego, zaprojektowaną przez Johna Hawkshawa. Most otwarto w 1864 r. Łańcuchy z kładki użyto w bristolskim moście wiszącym Clifton. W dalszym ciągu natomiast są wykorzystywane ceglane podpory kładki. Z obu stron mostu znajdują się kładki dla pieszych, które przechodziły przez lata znaczne metamorfozy. Most Hungerford jest jednym z trzech w Londynie, gdzie utrzymano jednocześnie ruch pieszy i kolejowy. Wcześniejsze kładki miały bardzo złą opinię jako wąskie, zniszczone i niebezpieczne. Dlatego w połowie lat 90. podjęto decyzję o zastąpieniu ich nowocześniejszą konstrukcją. Konkurs wygrali architekci z Lifschutz Davidson oraz inżynierowie z WSP Group. Projekt szczegółowy rozpracowała firma konsultingowa Gifford. Dwie nowe 4 m szerokości kładki zbudowano w 2002 r. Nazwano je na cześć 50-lecia wstąpienia na tron królowej Elżbiety II. Dzięki nowej betonowej osłonie podpór, słupy z żelaza zgrzewnego uzyskały niezbędną ochronę przed uderzeniem statków. 300 m pomostu ustawiono na nowych podporach metodą nasuwania podłużnego, 50-metrowymi odcinkami. Następnie ustawiono siedem 25 t pylonów, do których podwieszono na kablach pomost. Każdy z dwóch pomostów podwieszono za pomocą 180 kabli do wychylonych na zewnątrz pylonów. W latach 2003 i 2004 kładki zdobyły kilka nagród inżynierskich.



Fot. 60. Jednokierunkowy Queen Elizabeth II Bridge w Dartford

**Queen Elizabeth II Bridge** (fot. 60) w Dartford jest najbardziej na wschód wysuniętym mostem drogowym nad Tamizą. Gdy go otwierano w 1991 r. był przez kilka miesięcy największym mostem podwieszonym w Europie o rozpiętości głównego przęsła 450 m.

W owym czasie był dopiero drugim mostem w dół rzeki od London Bridge w ponad 1000-letniej historii mostownictwa brytyjskiego. Kiedyś budowa mostów na odcinku do basenów portowych Londynu była zakazana. Przejawy wykonywano techniką tunelową. Obecnie jest drugim z kolei mostem podwieszonym w Zjednoczonym Królestwie, po Second Severn Crossing, otwartym w 1996 r. i mającym przeszło o 6 m dłuższe. W świecie sytuuje się na 34 miejscu.

Pylony wysokości 137 m niosą pomost z 4-pasową jezdnią, ale tylko w jednym kierunku ruchu (na południe). W kierunku północnym ruch prowadzą dwa tunele pod Tamizą. Długość mostu wynosi 812 m, to jest tyle, ile w tym miejscu Tamiza ma szerokości. Wyniesienie najwyższego punktu pomostu ponad poziom rzeki wynosi 65 m. Stworzyło to bardzo stromą część dojazdową. Betonowe wiadukty dojazdowe, oparte na filarach mają po ponad 1 km długości, składając się na 2 872 m długości całej przeprawy. Przekrój poprzeczny bardzo smukłego pomostu w postaci konstrukcji zespolonej ma wysokość zaledwie 2 m. Jest on podwieszony do stalowych pylonów wznoszących się 84 m ponad poziomem pomostu. Ciężna podwieszenia rozmieszczono w konfiguracji wachlarzowej. Betonowe filary poniżej pomostu mają 53 m wysokości. Pylony nie sprawiają dobrego wrażenia estetycznego. Występuje bowiem duży kontrast w grubości między słupami stalowymi nad a filarami betonowymi pod pomostem. Wynikało to z konieczności pogodzenia kilku wymagań dotyczących: geometrii autostrady, światła żeglugi (57,5 m) oraz odporności na uderzenia statków. Wysokość mostu sprawia, że czasami podczas silnych wiatrów, wypadków lub złej pogody most jest zamykany dla ruchu. Ale do dyspozycji kierowców są zbudowane wcześniej w pobliżu mostu dwa tunele pod Tamizą.

Budowa mostu była jednym z pierwszych przykładów koncesji prywatnej. Budowę rozpoczętą w 1988 r. zakończono w 1991 r. Uroczystego otwarcia dokonała królowa Elżbieta II. Most zaprojektowano na 120 lat. Autorem projektu był niemiecki inżynier Helmut Homberg. Było to jego ostatnie dzieło. Zmarł w 1990 r. Wykonawcą mostu była firma Cleveland Bridge & Engineering Company. Budowa mostu kosztowała 120 mln GBP, a wiaduktów dojazdowych 30 mln GBP.

#### Bibliografia (związana z tematem)

- [1] D.J. Brown, *Mosty: trzy tysiące lat zmagania z naturą* (tłum. M. Hildebrand), Arkady, Warszawa 2005
- [2] H. Czudek, *Podstawy mostownictwa metalowego*, CeCO, Warszawa 1997
- [3] T. and A. Locke, *Bridges of the World. An illustrated history*, Automobile Association Developments Ltd 2008
- [4] A. Niemierko, *Rzecz o kratownicach*, WKŁ Warszawa 1987
- [5] A. Niemierko, *Po szynach – przez most*, Młody Technik, 1, 1994
- [6] A. Niemierko, *Stulecie Tower Bridge w Londynie*, Drogownictwo, 12, 1994
- [7] A. Niemierko, *Jubilat nad Tamizą*, Młody Technik, 12, 1994
- [8] H. Pottgießer, *Eisenbahnbrücken aus zwei Jahrhunderten*, Birkhäuser Verlag, Basel; Boston; Stuttgart, 1985
- [9] M. Smith, *British Railway Bridges & Viaducts*, Ian Allan Publishing, 1994
- [10] W.J. Sivewright, *Civil Engineering Heritage, Wales and Western England*, Thomas Telford, London 1986
- [11] Wikipedia, the free encyclopedia
- [12] www.Freebase.com
- [13] www.flickr.com