

Mosty – obiekty inżynierskie rozpięte ponad czasem i przestrzenią, cz. 1



■ prof. dr hab. inż. Kazimierz Flaga, Katedra Budowy Mostów i Tuneli, Politechnika Krakowska

Niedawno, w przerwie obrad konferencji naukowo-technicznej w Krakowie, spotkałem pewnego pana, który zagadnął: „Po co wy mostowcy i dziennikarze stale piszecie o mostach, o których przecież wszystko wiadomo. Co nowego można o nich powiedzieć?”. Odmiennie stanowisko prezentował inny mój rozmówca, wybitny mostowiec praktyk. Po przeczytaniu książki *Estetyka konstrukcji mostowych* powiedział: „Panie Profesorze, jestem związany z mostownictwem od kilkudziesięciu lat, wydawało mi się, że zgłębiłem wszystkie tajniki tego zawodu, a tu nagle, swoją książką, otworzyliście okno, przez które zobaczyłem wiele aspektów mostownictwa dotychczas przeze mnie niedostrzeganych”.

Gdzie zatem jest prawda, czym naprawdę jest most? Odpowiedź będzie pełna tylko wówczas, jeśli zauważymy, że most to nie tylko rzeczywistość fizyczna – obiekt, który łącząc brzozi, umożliwia kontakty międzyludzkie, przemieszczanie się ludzi, myśli i idei. Most ma także odniesienie duchowe, jest czymś na kształt tęczy rozpiętej nad przestrzenią i czasem. Most jest więc i jednym, i drugim – ma ważne znaczenie komunikacyjne i transcendentalne. Jest to duch i materia, razem i oddzielnie, tak jak to ujął niemiecki filozof Martin Heidegger w eseju *Przezwyjęzanie metafizyki*. Napisał: „Most skupia na swój sposób przy sobie Ziemię i Niebo, Istoty Boskie i Śmiertelnych” (ryc. 1).



Ryc. 1. Most jako tęcza rozpięta nad przestrzenią i czasem [1]

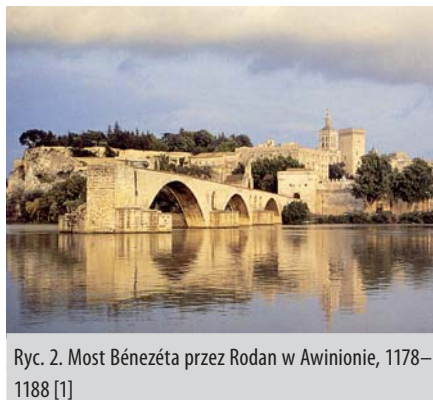
Motyw mostu występuje w kulturze w różnych kontekstach i ma wielorakie znaczenie. MOST – to metafora łączenia tego, co jest rozłączone w czasie i przestrzeni, to również połączenie dwóch światów, widzialnego i niewidzialnego, czasem Boga i człowieka. To sposób na pokonywanie różnorodnych przeszkód, przejście z jednego stanu do drugiego, połączenie poznawalnego z nierozpoznawalnym. Most to symbol przejścia od stanu niewiedzy do wtajemniczenia, od spraw przyziemnych do wzniosłych.

Tak było od zawsze, od czasów najdawniejszych, kiedy budowa mostów była sztuką tajemną, dostępną tylko kapła-

nom. Uważano wówczas, że mostu nie da się zbudować bez pomocy sił nadprzyrodzonych. Dlatego Collegium Pontificium było jednym z najważniejszych instytucji państwa rzymskiego, a cesarz nosił tytuł najwyższego kapłana, czyli cesarza – *pontifex maximus*, co znaczy najwyższy budowniczy mostów. Tytuł Najwyższego Kapłana (*Summus Pontifex*) noszą nadal papieże Kościoła rzymskokatolickiego, zaś słowo pontyfikat pochodzi od *pontifex* (budowniczy mostów).

W Europie Zachodniej w średniowieczu działała skupiająca mieszczańską organizację Braci Mostowych, którzy ślubowali bronić podróżnych, bezinteresownie budować i utrzymywać mosty oraz zapewniać schronienie wędrowcom przy przeprawach rzecznych. Założyciel tej organizacji i twórca słynnego mostu przez Rodan w Awinionie (ryc. 2), Bénézet, został zaliczony w poczet świętych. W tamtych czasach każdy most musiał mieć swojego patrona, na mostach umieszczano kaplice, krzyże i figury świętych (ryc. 3, 4), które miały czuwać nad bezpieczeństwem podróżnych. I tak, na moście Bénézeta jest kaplica ku czci św. Mikołaja, patrona podróżnych.

Każdy most był też poważnym wyzwaniem technicznym, a ich twórcy – ludzie rozważni i mądrzy – przeszli wielokrotnie do historii. Wymienimy niektórych z nich.



Ryc. 2. Most Bénézeta przez Rodan w Awinionie, 1178–1188 [1]



Ryc. 3. Peter Parler, most Karola przez Wełtawę w Pradze, 1357–1503, $l_{max} = 23,4 \text{ m}$ [2]



Ryc. 4. Most przez młynówkę w Kłodzku, 1390 [2]



Ryc. 5. Mandrokles z Samos, most pontonowy (tyżwowy) przez Bosfor, 512 p.n.e., $l = 900 \text{ m}$ [4]

- **Mandrokles z Samos**, pierwszy z budowniczych mostów, o których mówi historia. Grek w służbie perskiej, który w 512 r. p.n.e. zbudował most pontonowy przez cieśninę Bosfor o długości ok 1 km (ryc. 5). Mostem tym Dariusz I Wielki przeprowadził potężną armię perską na europejski brzeg Bosforu. Dumny ze swego dzieła Mandrokles zamówił wielki obraz przedstawiający budowę mostu, którym ozdobił sławną

na całą Helladę świątynię Hery, Her-eion, na Samos [4].

- **Hannibal Barkas** (246–183 p.n.e.), wielki wódz Kartaginy, zbudował w 218 r. p.n.e., w trakcie II wojny punickiej, piękny, kamienny, trójprzęsłowy most łukowy przez rzekę Llobregat w Martorell pod Barceloną. Główne przęsło ma największą rozpiętość spośród konstrukcji łukowych epoki rzymskiej – 36,90 m i jest pierwszym obiektem w formie ostrołuku (ryc. 6). Rzymianie budowali przede wszystkim łuki półkoliste. W najwyższym miejscu mostu – kluczu – zbudowano kapliczkę poświęconą bogini Księżycy, Tanit, czczoną w Kartaginie, a także łuk triumfalny przy wejściu, dla upamiętnienia ojca Hannibala, Hamilkara Barkasa, przywódcy Kartaginy.



Ryc. 6. Hannibal Barkas, most łukowy przez Llobregat w Martorell k. Barcelony, 218 p.n.e. [2]

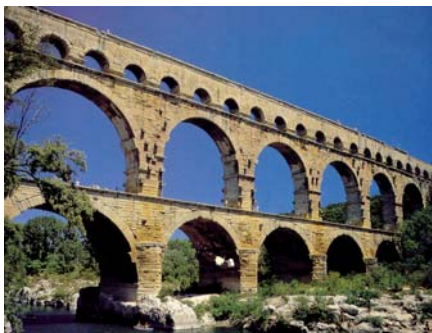
- **Gajus Julius Cezar** (100–44 p.n.e.) będąc namiestnikiem prowincji Hispania Ulterior, zbudował w 61 r. p.n.e. kamienny, wieloprzęsłowy most łukowy przez rzekę Gwadalkiwir w Kordowie (ryc. 7). Dwa przęsła tego mostu zachowały się do dzisiaj. Jego cechą charakterystyczną są – podstawowe w mostownictwie imperium rzymskiego – sklepienie łuki półkoliste oraz bardzo szerokie podpory pośrednie – filary. Stosunek szerokości filara do tzw. światła mostu (rozpiętości łuku w świetle) wynosi 1:1, co świadczy o trudnościach



Ryc. 7. Gajus Julius Cezar, wieloprzęsłowy most łukowy przez Gwadalkiwir w Kordowie, 61 p.n.e. [2]

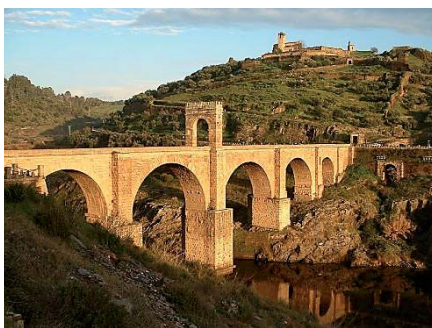
z przeniesieniem rozporu łuku przez podpory w trakcie budowy mostu. Wraz z rozwojem technik wznoszenia obiektów mostowych w późniejszych konstrukcjach rzymskich stosunek ten uległ zmniejszeniu do 1:2–1:3.

- **Marek Agryppa** (63–12 p.n.e.), zięć cesarza Oktawiana, zarządca Galii, w latach 19–13 p.n.e. zbudował przepiękny akwedukt o łącznej długości 41 km, przerzucony m.in. przez rzekę Gard koło Nimes, w dzisiejszej południowej Francji (ryc. 8). Obiekt jest trzyprzętrowy, wznosi się 47,7 m nad lustro wody w rzece, został zbudowany bez zaprawy z idealnie dopasowanych do siebie ciosów kamiennych z wapienia. Łuki trzeciego poziomu dźwigały kanał wodny, *specus*, uszczelniony ołowiem, którym płynęła woda z pobliskich gór do miasta liczącego wówczas ok. miliona mieszkańców.



Ryc. 8. Marek Vespasianus Agryppa, akwedukt Pont du Gard w Galii, 19–13 p.n.e. [2]

- **Gajus Julius Lacer**, architekt, w latach 98–106 zbudował monumentalny, sześcioprzęsłowy most kamienny Ponte di Traiano przez rzekę Tag w Alcántara w zachodniej części dzisiejszej Hiszpanii (ryc. 9). Trajan był pierwszym cesarzem urodzonym poza Rzymem – właśnie w Hiszpanii. Most ten przeszedł do historii dlatego, że jego twórca związał swe imię z dziełem. Na głównej wieży mostu pozostawił napis: „Zbudowałem most, który będzie trwał wiecznie”,



Ryc. 9. Gajus Julius Lacer, most Alcántara przez Tag w zachodniej Hiszpanii, 104–106 [5]

zaś na lewym brzegu rzeki, w kaplicy, napisał, że ta wielka budowla jest dziełem Lacera „sławnego ze swojej wiedzy i wróżb”. W ten sposób most nie pozostał bezimienny, a jego budowniczy, *pontifex*, dał dowód swoich wysokich aspiracji i umiejętności.

- **Apollodoros z Damaszku** (ok. 60–ok. 130), zbudował dla cesarza Trajana w latach 102–104, w czasie tzw. wojen dackich, największy most czasów starożytnych – przez Dunaj w pobliżu miejscowości Drobetae na północno-wschodnim krańcu cesarstwa. Most miał 21 przęseł o rozpiętościach od 35 do 45 m, wspartych na wysokich kamiennych filarach. Przęsła stanowiły najprawdopodobniej drewniane, łukowe kratownice (ryc. 10), połączone promienistymi tężnikami i usztywnione kratownicami typu X. Most liczył 1027 m długości.



Ryc. 10. Apollodoros z Damaszku, most Trajana przez Dunaj k. Drobetae (obecnie Drobeta-Turnu Severin), 102–104. [4]

Zazdrosny o sławę Trajana jego następca, Hadrian, rozkazał zniszczyć tę przeprawę ok. 120 r. Apollodoros został zgładzony najpóźniej w 130 r., w wieku ok. 70 lat, podobno za krytykę planów budowlanych Hadriana. Do dziś niedaleko miejscowości Drobeta-Turnu Severin w Rumunii pozostały fragmenty przyczółka tego mostu (ryc. 11) oraz ruiny *castrum*, w którym stacjonował legion strzegący mostu. Dominującym elemen-



Ryc. 11. Pozostałości przyczółka mostu Trajana w Drobeta-Turnu Severin w Rumunii [15]



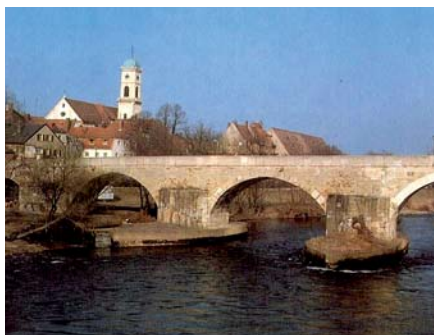
Ryc. 12. Popiersie Apollodorosa z Damaszku w okolicy ruin rzymskiego castrum w Drobeta-Turnu Severin [3]



Ryc. 13. Most Diabelski Contessa Matildy przez Serchio we Włoszech, XI w. [6]



Ryc. 14. Stary most przez Łabę w Dreźnie, 1119 [16]



Ryc. 15. Most Steinerne Brücke (Kamienny) przez Dunaj w Ratzbonie, 1135 [6]



Ryc. 16. Św. Bénézet, most przez Rodan w Awinionie, 1178–1188, $l_{\max} = 33,0$ m [5]

tem *castrum* jest popiersie Apollodorosa (ryc. 12).

Przenieśmy się do epoki średniowiecza. We wczesnym jego okresie (VI–XI w.) nie zaznaczył się istotny postęp w sztuce budowania mostów w porównaniu do czasów rzymskich (ryc. 13). Był to okres wędrówek ludów, długotrwałych wojen, tworzenia się zrębów państw europejskich. Istotne ożywienie nastąpiło dopiero w XII w., gdy zachodziły ważne przemiany cywilizacyjne i gospodarczo-społeczne, na tle których zaznaczył się rozwój handlu, miast i rolnictwa. Znalazło to wyraz w budowie wspaniałych gotyckich katedr oraz wielkich, łukowych mostów kamiennych. Należą do nich m.in. mosty przez Łabę w Dreźnie (1119, ryc. 14), Men w Würzburgu (1133), Dunaj w Ratzbonie (1135m, ryc. 15) czy też wspomniany już most św. Bénézeta przez Rodan w Avignon (ryc. 16).

W przypadku tego ostatniego uważamy już łuki koszowe o zmiennej krzywiznie, w moście Scaligerów przez Adygę w Weronie (1354–1356), według projektu mistrza Bevilacqua, zastosowano niepełne łuki półkoliste o zmiennej wysokości i zróżnicowanej rozpiętości 24,0 + 28,57 + 48,7 m (ryc.17), natomiast w moście Ponte Vecchio przez Arno we Florencji (1345–1354), zaprojektowanym przez Taddeo Gaddiego, kamienne sklepienia odcinkowe o stosunku $f/l = 1/7,5$ i rozpiętościach 27,0 + 30,0 + 27,0 m na wysokich filarach, o stosunku grubości



Ryc. 17. Guglielmo Bevilacqua, Ponte Scaligero przez Adygę w Weronie, 1354–1356 [3]



Ryc. 18. Tadeo Gaddi, Ponte Vecchio przez Arno we Florencji, 1345–1354 [2]

filarów do rozpiętości łuków w świetle równym 1:5 (ryc. 18).

Zasadniczy postęp miał miejsce dopiero w epoce Odrodzenia – budowa mostów zaczynała opierać się na podstawach naukowych. Wtedy pojawiły się pierwsze rozważania na temat mechaniki budowli w pracach Leonarda da Vinci (1452–1519), odkryto perspektywę linearną, która stanowiła o nowej koncepcji postrzegania przestrzeni łączącej sztukę z nauką.

Wymienimy kilku wybitnych twórców tej epoki.

- **Andrea Palladio** (1508–1580), wybitny budowniczy i teoretyk architektury, opracował nowe przestrzenne układy konstrukcyjne w postaci drewnianych łuków kratowych i belkowych ustrojów wieszarowych. Spośród jego dzieł warto wskazać na Ponte del Alpini przez górską rzekę Brenta w Bassano del Grappa (1568, ryc. 19), o drewnianej konstrukcji wieszarowej, której podpory uformował, wykorzystując wyniki badań Leonarda da Vinci dotyczące działania wirów rzecznych na podpory.



Ryc. 19. Andrea Palladio, Ponte del Alpini przez Brentę w Bassano del Grappa, 1568 [2]

- **Bartolomeo Ammanati** (1511–1592), architekt, malarz, rzeźbiarz i uczonek, który zrealizował Ponte Santa Trinita przez Arno we Florencji (1566–1569, ryc. 20), gdzie zastosował po raz pierwszy odcinkowe sklepienia koszowe o stosunku $f/l = 1/7$, zmniejszając wyraźnie rozpór poziomy działający na filary i przyczółki. Pomost zwieńczony



Ryc. 20. Bartolomeo Ammanati, Ponte Santa Trinita przez Arno we Florencji, 1566–1569 [2, 6]

jest efektowną kamienną balustradą, połączoną w zworniku ze sklepieniem obustronnymi kartuszami, dodatkowo akcentującymi elegancję konstrukcji.

- **Antonio da Ponte** (1512–1597), architekt i inżynier, który w wieku 75 lat zaprojektował słynny most wenecki Ponte Rialto (1587–1592) nad Canal Grande (ryc. 21). Wyniesione nad wodę dla celów żeglugowych łukowe przeszło tego mostu o rozpiętości 29,56 m przekazuje obciążenie na masywne przyczółki (z pięknego wapieniaistryjskiego, podobnie jak sklepienie), z których każdy posadowiony jest na 2 tys. pali dębowych, zabitych w grząskie podłoże. Most ma 22,0 m szerokości, i jak wiele mostów z tego okresu, jest zabudowany sklepami, kramami i kantorama wymiany.



Ryc. 21. Antonio da Ponte, Ponte di Rialto przez Canal Grande w Wenecji, 1587–1592, $l = 29,56$ m [6, 7]

Kolejny okres historyczny to Oświecenie. Nie odnotowano wprawdzie znaczącego postępu w budowie mostów – nadal łukowych, formy optymalnej dla materiału kruchego jak kamień – ale postęp w rozwoju nauki był bardzo widoczny. Wilhelm Leibnitz (1646–1716) i Isaac Newton (1643–1727) wynaleźli rachunek różniczkowy i całkowity, bardzo przydatny w obliczaniu zasadniczych wymiarów budowli. Działali tacy uczeni, jak: Hook, bracia Bernoulli, Euler, Coulomb, Lagrange, Laplace, Navier, Cauchy, tworząc zasady optymalnego kształtowania konstrukcji. Równocześnie rozwijała się matematyka, fizyka i chemia, przyczyniając się do opracowania nowych materiałów budowlanych, żelaza i betonu, a także podstaw ich racjonalnego wykorzystania w budownictwie, w tym mostowym. Dało to impuls do pierwszej rewolucji przemysłowej, w wyniku której w budownictwie zaczęto rezygnować z tradycyjnych materiałów kruchych (kamień, cegła) na rzecz materiałów ciągliwych (żelazo, stal) oraz sztucznego kamienia – betonu, łatwego do formowania dowolnych kształtów konstrukcji. Tak rodziły się w mostow-

nictwie ustroje belkowe, ramowe, wiszące, podwieszane, wstęgowe. W 1747 r. powstała w Paryżu pierwsza szkoła inżynierska – École des Ponts et Chaussées.

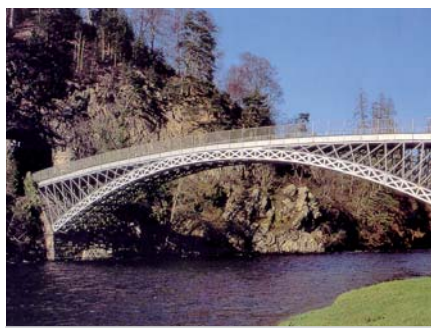
Rewolucja przemysłowa rozpoczęła się w Anglii w drugiej połowie XVIII w. i dlatego wiodącymi budowniczymi mostów byli wówczas Brytyjczycy, m.in.:

- **Abraham Darby III** (1750–1791), który wraz z inżynierem Josephem Wilkinsonem wznosił w latach 1777–1779 słynny łukowy most żeliwny Iron Bridge przez rzekę Severn w Coalbrookdale (ryc. 22). Rozpiętość mostu wynosi 30,5 m, wysokość prawie półkolistych łuków – 13,7 m. Żeliwo, materiał półkruchy o znacznie lepszych właściwościach wytrzymałościowych od kamienia, dał piękną, ażurową konstrukcję, zachwycającą do dziś. Łącznikami między wiotkimi łukami i stężającymi je przewiązkami były żeliwne kliny.



Ryc. 22. Abraham Darby III i Joseph Wilkinson, Iron Bridge przez Severn w Coalbrookdale w Anglii, 1771–1779, $l = 30,5$ m [2]

- **Thomas Telford** (1757–1834), znakomity szkocki samouk, założyciel i pierwszy przewodniczący istniejącej do dziś w Wielkiej Brytanii Institution of Civil Engineers (ICE). Jest twórcą wspaniałych mostów z żelaza lanego, a później zgrzewnego, takich jak pełny łuk odcinkowy przez Severn w Waterloo Bridge (1815) w Walii, kratowy łuk odcinkowy przez Spey w Craigellachie Bridge (1815) w Szkocji (ryc. 23), wiszące mosty łańcuchowe Conway-



Ryc. 23. Thomas Telford, Craigellachie Bridge przez Spey w północnej Szkocji, 1815 [7]

Castle Bridge w Walii (1822–1826) i słynny Menai Straits Bridge w Walii (1819–1826, ryc. 24), o rekordowej jak na ówczesne czasy rozpiętości przeszła 176,5 m. W dowód uznania wielkich zasług został pochowany w Opactwie Westminsterkim w Londynie.

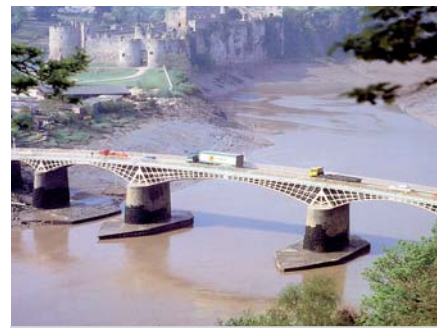


Ryc. 24. Thomas Telford, łańcuchowy most wiszący przez cieśninę Menai w Walii, 1819–1826, $l_{\max} = 176,5$ m [6]

- **Isambard Kingdom Brunel** (1806–1859), brytyjski inżynier budownictwa komunikacyjnego i okrętownictwa, niezwykle zdolny i aktywny. Pozostawił po sobie m.in. Clifton Suspension Bridge (1831–1864), most łańcuchowy ponad wąwozem rzeki Avon w Anglii o rekordowej rozpiętości 214,0 m (ryc. 25), który przez ponad 100 lat był symbolem Bristolu, tak jak wieża Eiffla w Paryżu. Budowa mostu przeciągała się, w czym niewątpliwie miał swój udział Thomas Telford, główny konkurent Brunela w walce o sławę i miejsce w histo-



Ryc. 25. Isambard Brunel, łańcuchowy most wiszący Clifton przez wąwóz rzeki Avon w południowej Anglii, 1831–1864, $l = 214,0$ m [2]



Ryc. 26. Isambard Brunel, most żelazny w Chepstow przez Wye, 1850 [3]

rii mostownictwa. W trakcie montażu konstrukcji nośnej Brunel zmarł na atak serca, po katastrofie jego statku Great Western na Atlantyku (1859); koledzy z ICE dokończyli budowę. Na uwagę zasługuje także most belkowy jego autorstwa z żelaza lanego przez Wye w Chepstow w Walii (1816, ryc. 26).

- **Robert Stephenson** (1803–1859), brytyjski inżynier budownictwa, syn konstruktora pierwszej lokomotywy parowej (1814) George'a Stephensona, zasłynął budową mostów dla szybko rozwijających się kolei brytyjskich. Jednym z jego wielkich dzieł był żelazny most Britannia przez cieśninę Menai w Walii. Wraz z Williamem Fairbarnem zaprojektował czteroprzęsłowy most belkowy (ryc. 27) o rozpięto-



Ryc. 27. Robert Stephenson, Britannia Bridge przez cieśninę Menai w Walii, 1850, $l_{max} = 141,73$ m [2]



Ryc. 28. Britannia Bridge, element nitowanej belki przęsłowej [2, 6]

ściach środkowych przęsła po 141,73 m. W przekroju poprzecznym most miał konstrukcję złożoną z dwóch zamkniętych skrzyń o szerokości 4,40 m i wysokości 9,10 m, wykonanych z blach o grubości 11–16 mm, do których połączenia użyto 2 mln nitów (ryc. 28). Most ten zasługuje na uwagę nie tylko z powodu oryginalnej formy, ale także dlatego, że podczas jego budowy współpracowali ze sobą eksperci z różnych

dziedzin, a budowę poprzedziły liczne eksperymenty, pomiary i obliczenia, szczególnie próby na zginanie na modelu o długości 20,0 m. Most ten w 1970 r. uległ pożarowi, a jego aktualny widok po odbudowie pokazuje rycina 29.



Ryc. 29. Britannia Bridge, stan obecny, most odbudowany po pożarze [6]

Stosunkowo szybko budowa mostów z żelaza, a później ze stali przeniosła się z Anglii na część kontynentalną Europy i do Ameryki. Powstał m.in. słynny most łańcuchowy Lanchid przez Dunaj w Budapeszcie (1840–1848, ryc. 30), mosty wi-



Ryc. 30. Tierney Clark i Adam Clark, most Lanchid przez Dunaj w Budapeszcie, 1840–1848, $l = 208,0$ m [2]

szące na linach stalowych (m.in. we Francji na Rodanie w pobliżu Tournon, 1824, i w Szwajcarii na Saane koło Fryburga, 1834). Modne stało się optymalizowanie kształtów konstrukcji przez tzw. kształtowanie wytrzymałościowe, np. na minimum potencjału lub minimum masy.

Spośród działających w drugiej połowie XIX w. wybitnych konstruktorów wymienimy dwóch:

- **Gustave Eiffel** (1832–1923), wybitny konstruktor francuski, autor projektów ok. 100 mostów i słynnej wieży jego imienia w Paryżu. Na szczególną uwagę zasługuje żelazny wiadukt kolejowy Garabit nad rzeką Truyère (1884) w południowej Francji (ryc. 31). Główny kratowy łuk sierpowy ma rozpiętość 165,0 m i wznosi się ponad poziom wody w rzece na niespotykaną przedtem wysokość 146,0 m.



Ryc. 31. Gustave Eiffel, wiadukt Garabit nad rzeką Truyère w południowej Francji, 1880–1884, $l_{max} = 165,0$ m [2]

Dużą uwagę poświęcał Eiffel siłom natury, takim jak woda i wiatr, projektując odważne konstrukcje wieloprzestrzenne mostów nad rzekami o głębokich korytach w Europie (m.in. wiadukt kolejowy Maria Pia nad Duoro w Porto), Afryce, Indochinach, Ameryce Południowej (wiadukt łukowy w Valparaiso). W swoim laboratorium w Auteuil wybudował tunel powietrzny, kładąc podwaliny pod badania aerodynamiczne prowadzone na odpowiednich modelach przestrzennych. Wiadukt Garabit jest doskonałym przykładem powiązania wizji, obliczeń i eksperymentu.

- **Ernest Malinowski** (1818–1899, ryc. 32), inżynier kolejowy i drogowy, uczestnik powstania listopadowego, następnie na emigracji we Francji, gdzie ukończył najpierw École Polytechnique, a następnie École des Ponts et Chaussées. Po 14 latach pracy we Francji, m.in. przy budowie kolei Paryż – Hawr (le Havre) oraz przy budowie dróg, kanałów i regulacji rzek Mozy, Cher i Loary, w 1852 r. podpisał



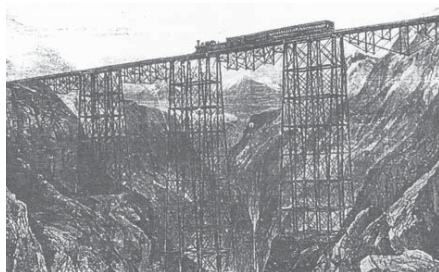
Ryc. 32. Ernest Malinowski



Ryc. 33. Linia kolejowa przez Andy Peruwiańskie (4784 m n.p.m.) z Limy do La Oroya [6]

kontrakt na pracę w Peru, w charakterze inżyniera rządowego. Tam okrzyknięto go bohaterem narodowym, po tym jak wstąpił się ufortyfikowaniem i obroną portu Callao przed inwazją hiszpańską. Był profesorem Escuela de Ingenieros Civiles y Minas, ale przede wszystkim projektantem najsłynniejszej i najwyższej położonej w świecie (do 2005 r.) linii kolejowej przez niebotyczne Andy (4784 m), z Limy do górniczego centrum La Oroya (1870–1893, ryc. 33). Na 281-kilometrowej trasie (funkcjonującej do dziś) wykuto w skale 63 tunele o łącznej długości ok. 6000 m, zbudowano 30 mostów i wiaduktów oraz 10 nawrotów. Na większości trasy pochylenie toru sięga do 44%. Kolej ta była prawdziwym cudem XIX-wiecznej techniki. Podziwiano mosty, rozpięte niczym pajęczyny nad bezdennymi przepaściami, oraz tunele kute w litej skale z niesamowitą precyzją. Były to głównie mosty kratowe systemów Finka, Bollmana, Linville'a i Neville'a, których elementy sprowadzano m.in. z przedsiębiorstwa Gustave'a Eiffla z Francji. Największy z wiaduktów Puente Verrugas z kratownic Finka (ryc. 34), oparty na filarach o wysokościach 44,50, 54,55 i 76,80 m, miał rozpiętość przeszło $3 \times 30,48 \text{ m} + 38,10 \text{ m}$.

W 1999 r., w stulecie śmierci Ernesta Malinowskiego, z inicjatywy Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej odsłonięto okazały pomnik tego wybitnego Polaka na przełęczy Ticlio w Andach (4818 m), autorstwa prof. Gustawa Zemły (ryc. 35).



Ryc. 34. Ernest Malinowski, wiadukt Verrugas na linii kolejowej Lima – Oroya, $l_{\text{max}} = 38,10 \text{ m}$ [8]



Ryc. 35. Pomnik Ernesta Malinowskiego na przełęczy Ticlio (4818 m n.p.m.) w Andach Peruwiańskich [8, 6]



Ryc. 36. John i Washington Roeblingowie, Brooklyn Bridge w Nowym Jorku, 1869–1883, $l_{\text{max}} = 486,0 \text{ m}$ [3]



Ryc. 37. Leon S. Moisseiff, Manhattan Bridge w Nowym Jorku, 1901–1909, $l_{\text{max}} = 451,0 \text{ m}$ [3]



Ryc. 38. Gustav Lindenthal, Hell Gate Bridge w Nowym Jorku, 1916, $l_{\text{max}} = 298,0 \text{ m}$ [3]



Ryc. 39. David B. Steinman, Mackinac Straits Bridge, 1954–1957, $l_{\text{max}} = 1158 \text{ m}$ [16]

Na przełomie XIX i XX wieku mostownictwo stanowiło najtrudniejszą, ale i najbardziej atrakcyjną dziedzinę techniki. W tym okresie doszło do wspaniałego rozkwitu przemysłu w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Kraj ten przyciągał wielu twórców, przede wszystkim z Europy, którzy w swoich krajach nie mogli w pełni się realizować. W taki oto sposób czołówkę mostowców Ameryki w tym okresie stanowią: Niemiec Johann August Roebling, współtwórca słynnego mostu nowojorskiego Brooklyn Bridge (1869–1883, ryc. 36), Polak Ralph Modjeski, Łotysz Leon S. Moisseiff, projektant mostu nowojorskiego Manhattan Bridge (1916, ryc. 37), Morawianin Gu-

stav Lindenthal, twórca mostów nowojorskich Queensboro Bridge (1909) i Hell Gate Bridge (1916, ryc. 38), a nieco później Szwajcar Othmar Amman. Natomiast w Ameryce urodzili się i wychowali: Joseph Baerman Strauss i David Steinman, twórca mostu Mackinac Straits Bridge (1954–1957, ryc. 39).

W następnej części artykułu poświęcimy więcej uwagi trzem z wymienionych powyżej wybitnych konstruktorów mostów.

Literatura

- [1] Dowgier A.: *Poetycki urok mostów*, mps, 2011.
- [2] Flaga K., Januszkiewicz K., Hrabiec A., Cichy-Pazder E.: *Estetyka konstrukcji mostowych*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków 2005.
- [3] Flaga K.: Zbiory własne
- [4] Głomb J.: *Pontifex maximus. Ponad przestrzenią i czasem*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2009.
- [5] Feigel-Młodkowska X.: *Mosty nad przestrzenią i czasem. Od starożytności do pierwszej rewolucji przemysłowej*, mps, 2011.
- [6] Internet
- [7] Brown D.J.: *Mosty. Trzy tysiące lat zmagania z naturą*. Wydawnictwo Arkady. Warszawa 2005.
- [8] Inżynierowi Ernestowi Malinowskiemu w setną rocznicę śmierci. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie. Seria: Monografie” 1999, nr 71
- [9] *Bridges of New York 2008* (kalendarz 2009).
- [10] Flaga K.: *Współczesne betonowe mosty łukowe z jazdą górą*. „Autostrady” 2007, nr 5.
- [11] Flaga K., Pańtak M.: *Mosty podwójnie zespolone*. „Inżynieria i Budownictwo” 2006, nr 7–8.
- [12] Flaga K., Januszkiewicz K.: *Most a przyjemność patrzenia. Ekspresja formy i ekspresja konstrukcji*. Materiały VI Krajowej Konferencji Estetyka Mostów. Warszawa–Jachranka 2008.
- [13] Flaga K., Flaga Ł.: *O chińskich „rekordowych” mostach łukowych*. „Obiekty Inżynierskie” 2010, nr 1.
- [14] Flaga K., Kumaniecka A., Rudnicki A., Sołowczuk B.: *Mosty w Chinach. II Światowa Wyprawa Mostowa Chiny 2009*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków 2010.
- [15] Januszkiewicz K.: Zbiory własne
- [16] Leonhardt F.: *Bridges. Aesthetics and Design*. The MIT Press. Cambridge 1984.
- [17] Flaga K.: *Architektura i estetyka współczesnych kładek dla pieszych*. W: *Kładki dla pieszych. Architektura, Projektowanie, Realizacja, Badania*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2007.
- [18] Bennett D.: *The Creation of Bridges*. Fitzhenry & Whiteside. Toronto 1999.
- [19] Brown L.: *Bridges. Masterpieces of Architecture*. Todtri. London 1996.