

ANDRZEJ NIEMIERKO

Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów,  
anierko@ibdim.edu.pl

# Mosty w Chinach.

## Część I

### Mosty Pekinu, Luoyang, Guilin i Chongqing

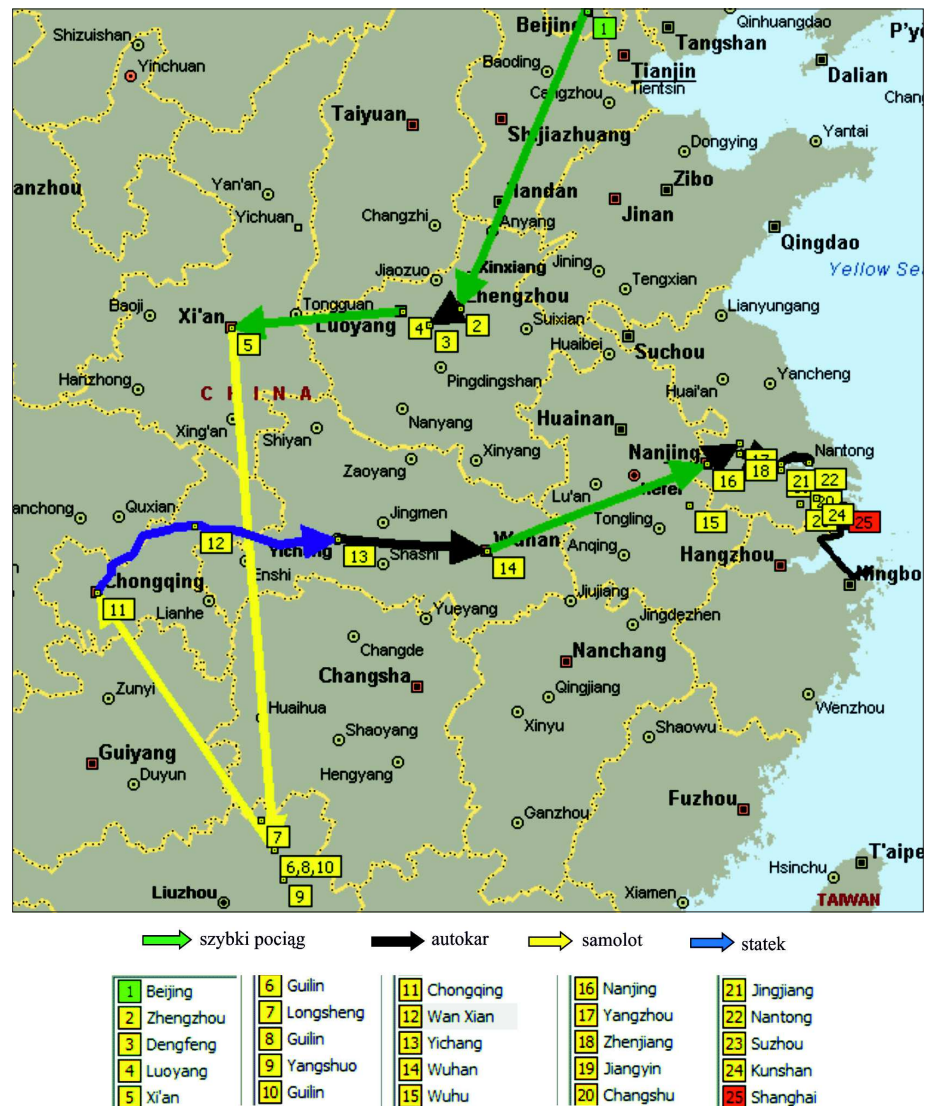
#### Pierwsza Światowa Wyprawa Mostowa Oddziału Warszawskiego ZMRP: CHINY 2013

Wyprawy Mostowe Oddziału Warszawskiego ZMRP mają tradycję sięgającą lat 90. ubiegłego wieku. Ich inicjatorem i kierownikiem przez długie lata był niezawodny, powszechnie ceniony i lubiany mgr inż. Janusz Wiśniewski. Co roku wybieraliśmy inne rejony Europy, aby poznać nie tylko budownictwo mostowe, ale i historię oraz kulturę innych krajów europejskich. Od 2009 r. kierownictwo merytoryczne Wypraw przejęli mgr inż. Włodzimierz Bielski oraz autor niniejszego tekstu. W ostatnich latach poznawaliśmy budowle mostowe Wielkiej Brytanii i Irlandii (2009 r.), Szwajcarii i południowej Francji (2010 r.), dawnych krajów Habsburgów (2011 r.) oraz Norwegii (2012 r.). W Polsce podobne wyprawy mostowe organizowane są co roku przez prof. dr. hab. inż. Kazimierza Flagę z Politechniki Krakowskiej.

W 2013 r. po raz pierwszy postanowiliśmy opuścić granice naszego kontynentu. Pierwsza Światowa Wyprawa Mostowa Oddziału Warszawskiego ZMRP podążała śladami Wyprawy naukowo-dydaktycznej Katedry Budowy Mostów i Tuneli Politechniki Krakowskiej z 2009 r. kierowanej przez prof. Kazimierza Flagę [3] i organizowanej także jak nasza przez biuro „ANITOUR” Franciszka Brodzkiego z Czechowic-Dziedzic. Biorąc pod uwagę postęp budownictwa mostowego w Chinach, te 4 lata dystansu między Wyprawami, przyniosły nowe interesujące spostrzeżenia i doświadczenia, których uczestnikom poprzedniej Wyprawy nie było dane poznać.

Trasa Wyprawy (rys. 1) wiodła z Pekinu (Hutongi, Wielki Mur, Pałac Letni, Zakazane Miasto, Świątynia Nieba) superszybkim pociągiem do Zhengzhou, autokarem do Luoyang (Smocze Groty, Shaolin), szybkim pociągiem do Xi'an (Terakotowa Armia), z Xi'an samolotem na południe do Guilin (góry Longsheng), statkiem po rzece Li do Yangshuo, sa-

molotem z Guilin na północ do Chongqing. W Chongqing po zaokrętowaniu przez 3 doby płynęliśmy Jangcy (Fengdu, Zhongxian, Wanzhou, Wushan – Trzy Małe Przelomy, Badong) do Tamy Trzech Przełomów. Potem autokarem wzdłuż Jangcy przez Yichang do Wuhan, a stamtąd szybką koleją do Nankinu. Z Nankinu autokarem do Jiangyin, Sutong, Suzhou, Szanghaju i w końcu przez Zatokę Hangzhou na archipelag wysp oceanicznych Zhoushan, połączonych kilkudziesięciokilometrowymi rekordowymi przeprawami mostowymi.



Rys. 1. Trasa Pierwszej Światowej Wyprawy Mostowej Oddziału Warszawskiego ZMRP

Tak jak podczas dotychczasowych Wypraw Mostowych organizowanych przez Oddział Warszawski mieliśmy okazję poznać także wiele obiektów mostowych pochodzących z dawnych epok (Pekin, Suzhou, Luzhi). I pod tym względem nikt z 25 uczestników Wyprawy nie tylko z Warszawy, ale i z Braniewa, Gdyni, Płocka, Poznania, Katowic, Olsztyna, Ostródy i Wrocławia, nie mógł czuć niedosytu (fot. 1).



Fot. 1. Uczestnicy Wyprawy na moście Maple w Suzhou

W kolejnych numerach czasopisma będą przedstawiane te obiekty mostowe, które oglądaliśmy na trasie naszej Wyprawy. Imponujące konstrukcje znajdowały się głównie nad Jangcy i w okolicach Szanghaju. Z powodu wiadomych ograniczeń nie mogliśmy dotrzeć do innych znaczących obiektów, o których tylko wspomniano w tekście wprowadzającym do artykułu. Niemniej i tak mieliśmy doskonały przegląd współczesnego budownictwa mostowego w Państwie Środka. Ze względu na zamglenie, kaprysy pogody oraz wielokilometrowej szerokości ujście Jangcy nie zawsze udało się obejrzeć z bliska rozwiązania konstrukcyjne mostów.

Brak miejsca nie pozwolił też na omówienie imponujących rozwiązań technicznych estakad miejskich i kładek dla pieszych. Skupiono się więc tylko na mostach, które są przedstawione w porządku ich oglądania. Przy opracowywaniu tekstu korzystano z bibliografii zamieszczonej w III części opracowania oraz z krótkich informacji podanych w Wikipedii.

## O chińskich mostach w kilku słowach

Najstarsze mosty chińskie były budowane z kamienia i drewna. Przetrwały do dzisiejszych czasów nawet te liczące 1000 i więcej lat. Nawet obecnie budowane są tam mosty kamienne, a niektóre z nich osiągają rozpiętości dochodzące do 150 m. W 2000 r. w prowincji Shanxi zbudowano łukowy most kamienny Danhe o rozpiętości sklepienia 146 m [2]. Pierwsze wiszące mosty łańcuchowe z żelaza zgrzewnego powstawały w pierwszych wiekach ery nowożytnej. Chińczycy uważają, że tradycyjne budownictwo mostowe zakończyło się u nich w 1888 r. [10].

W ostatnim 30-leciu Chin zanotowały, niespotykany dotąd w historii, rozwój budownictwa mostowego. Ilustracją tego są statystyki [2]:

- w 1978 r. – 128 210 mostów drogowych o długości całkowitej 3 283 km, oraz 26 139 mostów kolejowych o długości 1 099 km,
- w 2008 r. – 595 604 mostów drogowych o długości całkowitej 25 240 km, oraz 52 355 mostów kolejowych o długości 4 349 km.

Przez 30 lat budowano średnio 16 000 mostów rocznie [2]. Szybko zwiększała się także rozpiętość przęseł mostów drogowych: 200 m przekroczone po raz pierwszy w 1985 r., 400 m – w 1991 r., 600 m – w 1993 r., 800 m – w 1997 r., 1000 m – w 1999 r. Podobnie było z mostami kolejowymi: rozpiętość 200 m przekroczone w 1997 r., 300 m – w 2003 r., 500 m – w 2008 r.

W Chinach spotykamy wszystkie rodzaje konstrukcji mostowych budowanych ze stali jak łukowe i belkowe (kratownicowe, blachownicowe) oraz belkowe z betonu zbrojonego i sprężonego. Mosty wiszące i podwieszane choć stanowią zaledwie 1% wszystkich mostów [2], to jednak są tymi, które najbardziej imponują i wyróżniają chińskie budownictwo mostowe. Pierwsze mosty podwieszane z przęsłami ponad 400 m i 600 m rozpiętości powstały w Szanghaju: Nanpu (423 m w 1991 r.) i Yangpu (602 m w 1993 r.). Pierwszym dużym nowoczesnym mostem wiszącym był most z pomostem z betonu sprężonego rozpiętości 452 m, zbudowany w 1995 r. przez Zatokę Shantou w prowincji Guangdong [2]. Powstają też mosty aluminiowe i z kompozytów polimerowych (pierwszy w świecie w Pekinie, 1982 [10]). Rozwijane są nowe konstrukcje jak typu extradosed i wstęgowe.

Obecnie mostownictwo chińskie stanowi czołówkę światową, bijącą wszelkie możliwe rekordy pod względem długości obiektów i rozpiętości przęseł [13,14]. Most Qingdao-Haiwan przez zatokę Jiaozhou w 2011 r. stał się najdłuższą w świecie przeprawą mostową liczącą 41,58 km. Wśród 30 najdłuższych obiektów mostowych w świecie 16 znajduje się na terenie Chin. Mosty łukowe o konstrukcji rurowej wypełnionej betonem (ang. CFST – Concrete Filled Steel Tube) stały się chińską specjalnością. Pierwszy tego typu obiekt zbudowano w 1990 r. (most Wangcang o rozpiętości 115 m). Do 2010 r. zbudowano ich około 400 [10]. Największym z nich jest ukończony w 2005 r. most Wushan nad Jangcy o rozpiętości łuku 460 m.

Rozwijana jest sieć autostrad i kolejowych linii dużych prędkości, która obecnie jest najdłuższa w świecie (9 300 km). Sieć autostrad liczy 95 600 km, a sieć linii kolejowych 110 000 km. Do 2020 r. Chiny zamierzają zbudować 45 000 km autostrad oraz 57 000 km linii kolejowych, w tej liczbie 16 000 km linii dużych prędkości do 350 km/h. Aby osiągnąć ten cel Chińczycy muszą zbudować około 200 000 mostów o długości całkowitej ponad 10 000 km, przy czym ponad 100 mostów będzie miało rozpiętość przęsła przekraczającą 400 m [2,8].

Dobłą ilustracją tempa rozwoju budownictwa mostowego w Chinach jest fakt, że pierwszy stały most przez Jangcy zbudowano dopiero w 1957 r. (kratowy Wuhan na Jangcy). Obecnie rzekę przekracza 65 dużych mostów a 19 kolejnych jest w budowie [13]. Między Chongqing a Szanghajem na długości ponad 1600 km w ciągu 20 lat zbudowano nad Jangcy ponad 50 dużych mostów [13].

Niemal połowa najdłuższych w świecie mostów wiszących i podwieszonych przekracza Jangcy lub leży w jej okolicy



[13]. Chińczycy nazywają tę rzekę Chang Jiang czyli Długą Rzeką. Długość Jangcy (6 380 km) plasuje ją na trzecim miejscu w świecie. Takie mosty jak podwieszony Sutong (1088 m; 2008 r.) oraz kratowy łukowy Chaotianmen (552 m; 2008 r.), betonowy łukowy Wanxian (420 m; 1997 r.) i belkowy z betonu sprężonego Shibampo (330 m; 2005 r.) legitymowały się (jak Sutong) lub legitymują się najdłuższą rozpiętością prześseł. W miastach Wuhan i Chongqing nad Jangcy powstaje w każdym z nich ponad 10 dużych mostów. W 2012 r. ukończono rekordowy ciągły wieloprzęsłowy most powieszony Jia-Shao z 6 pylonami [13].

## Mosty Pekinu i okolic

W Wanping na rzece Yongding wznosi się **most Marco Polo** (Lugou Qiao) zbudowany w latach 1189–1192 za panowania cesarza Shizong z dynastii Jin (fot. 2). Po zniszczeniach powodziowych w 1698 r. był odnowiony przez cesarza Kangxi (1662–1722) z dynastii Qing. Jest to most kamienny z granitu, 11-przęsłowy, długości 266,5 m, szerokości 9,5 m. Sklepienia mają kształt łuków odcinkowych a nie pełnych. Przęsło środkowe ma największą rozpiętość. Podpory zabezpieczono izbicami. Na 280 słupkach balustrady kamiennej umieszczono rzeźby 501 lwów (pierwotnie było ich 627) (fot. 3). Na początku i końcu mostu znajdują się marmurowe ornamentowane kolumny wysokości 4,65 m. Umieszczono na nich inskrypcje autorstwa ce-

sarzy. W XIII-wiecznym traktacie „Opisanie świata” Weneccjanin Marco Polo (1254–1324) napisał, że jest to jeden z najpiękniejszych mostów świata. (*Over this river there is a very fine stone bridge, so fine indeed, that it has very few equals in the world.*). Most znany jest także z potyczki, która dała początek drugiej wojnie chińsko-japońskiej (1937–1945). Po 1949 r. na moście ułożono asfalt i uruchomiono nawet ruch samochodowy. Zamknięto go dla ruchu dopiero w 1971 r., gdy obok powstał nowy most Marco Polo. W 1980 r. most poddano odnowie.

Na terenie ogrodów cesarskich Pałacu Letniego (Yiheyuan) wznosi się około 30 mostów. W 1998 r. UNESCO uznało Pałac Letni i jego założenia ogrodowe za część światowego dziedzictwa kultury. Najbardziej znany jest most **Siedemnastu Łuków** (Shiqi Kong Qiao) zbudowany za cesarza Qianlonga (1736–1795) w 1764 r. (fot. 4). Ten 150 m most o szerokości 8 m łączy wschodni brzeg jeziora Kunming z Wyspą Południową (Nanhu). Jest najdłuższym mostem ze wszystkich mostów Pałacu Letniego. Największe przęsło ma rozpiętość 8,5 m. Jego nazwa pochodzi od 17 sklepień pełnołukowych, które go tworzą. Na słupkach balustrad z białego marmuru ustawiono posągi 544 kamiennych lwów w rozmaitych pozach. Jest ich o 59 więcej niż w moście Marco Polo. Na obu końcach mostu ustawiono rzeźby 4 dziwnych bestii. Rzeźby te świadczą o wspaniałej sztuce rzeźbiarskiej w kamieniu rozwiniętej za czasów dynastii Qing.



Fot. 2. Most Marco Polo (Lugou Qiao) w Wanping koto Pekinu



Fot. 3. Posągi lwów na słupkach balustrady mostu Marco Polo



Fot. 4. Most Siedemnastu Łuków (Shiqi Kong Qiao) na jeziorze Kunming na terenie Pałacu Letniego

Innym znanym obiektem jest most Nefrytowego Pasa (Yudai Qiao) zbudowany w tym samym czasie co poprzedni. Jest mostem jednootworowym, wysokim i wąskim. Jego nazwa pochodzi stąd, że wykonano go z szarego i białego marmuru, o kształcie przypominającym pas nefrytu. Zwany jest też, ze względu na kształt, garbem wielbłąda. Most leży nad połączeniem sztucznego jeziora Kunming z rzeką Yu. Tędy przepływał cesarz udając się z Ogrodu Czystych Fal do Wzgórza Nefrytowych Źródeł. Był jedynym mostem, pod którym mogła przepłynąć cesarska łódź. Innym mostem o zbliżonym kształcie, ale nie tak wyniosłym jest **most Banbi** (Banbi Qiao) położony na tyłach Wzgórza Długowieczności (fot. 5). Zbudowany z marmuru i zwieńczony ozdobnymi balustradami. Aby osiągnąć jego wierzchołek trzeba pokonać 37 kamiennych stopni.





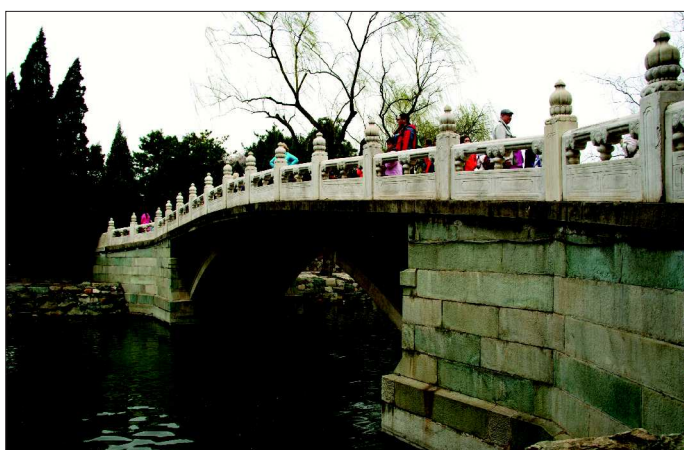
Fot. 5. Most Banbi (Banbi Qiao) na terenie Pałacu Letniego w Pekinie



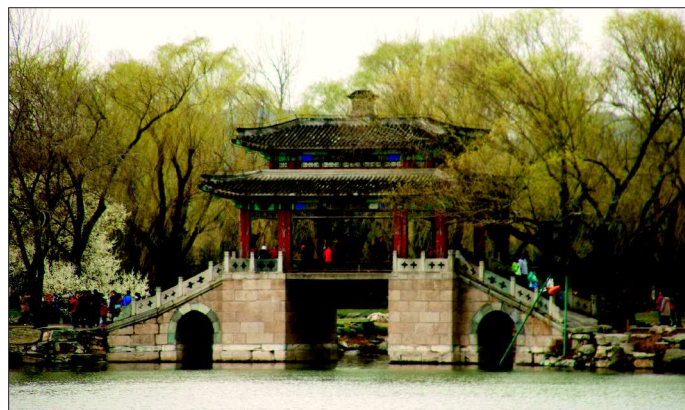
Fot. 7. Most Lotosu (Xing Qiao) na terenie Pałacu Letniego w Pekinie

Obok mostu Banbi znajduje się inny kamienny **most Shi**, łukowy o małej wyniosłości, ze słupkami podtrzymującymi pomost i piękną kamienną balustradą (fot. 6). Te ozdobne balustrady są zresztą cechą wyróżniającą wszystkie mosty na terenie Pałacu Letniego.

Bai (701–762) – znanego poety za czasów dynastii Tang, który ujął to tak: *A bright mirror between two waters, a rainbow falls over the two bridges.* (ang. „Jasne zwierciadło między dwoma wodami, tęcza unosi się nad dwoma mostami”).



Fot. 6. Most Shi (Shi Qiao) na terenie Pałacu Letniego w Pekinie

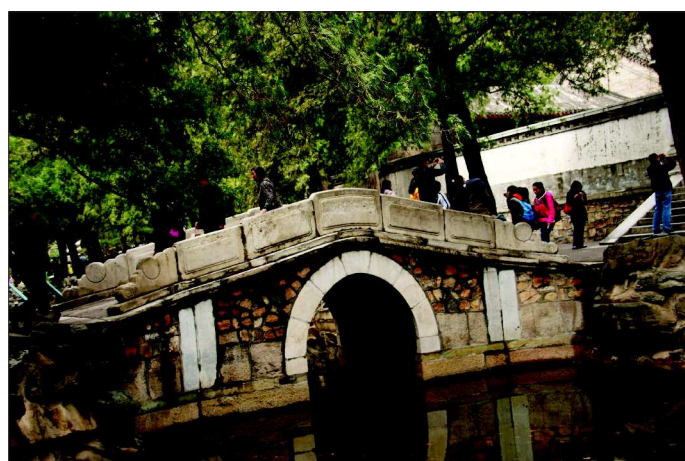


Fot. 8. Most Zwierciadlany (Jing Qiao) na grobli jeziora Pałacu Letniego w Pekinie

**Most Lotosu** (Xing Qiao) zbudowany w 1750 r. za cesarza Qianlonga znajduje się na północ od Marmurowej Łodzi i jest punktem wyjścia do Boczno Jeziora (fot. 7). Dwupiętrowy pawilon wznosi się nad podporami ozdobionymi 4 kamiennymi posągami lwów. Przeszło płytowe. Nazwa mostu pochodzi, jak większości okolicznych mostów ze starego poematu, w którym sportretowano kobietę zbierającą lotosy. Lotos jest jadalną rośliną wodną (kłącza), a jednocześnie o właściwościach leczniczych. Most znajduje się blisko Xi Si Suo, rezydencji konkubiny cesarza.

Obok najdłuższej w świecie, ponad 700 m Długiej Galerii, znajduje się typowy pełnołukowy mostek kamienny (fot. 9).

**Most Zwierciadlany** (Jing Qiao) jest jednym z sześciu mostów leżących na zachodniej grobli jeziora Kunming (fot. 8). Podobnie jak sąsiednie, otaczają go wierzy (jeden z mostów nosi nawet taką nazwę). Był zbudowany pierwotnie za panowania cesarza Qianlonga w 1750 r. i odbudowany za cesarza Guangxu (1875–1908). Jest jednym z wielu mostów parkowych, na których szczycie ustawiano pawilony do odpoczynku i kontemplacji. Most przyjął nazwę od wersetu z dzieła Li



Fot. 9. Jeden z mostków na terenie Pałacu Letniego w Pekinie



**Mosty w Zakazanym Mieście** – dawnej siedzibie cesarzy – przekraczają jakby dwie fosy: zewnętrzną i wewnętrzną. Aby dostać się do pałaców z placu Tian'anmen trzeba przekroczyć jeden z 5 mostów nad każdym z tych akwenów. Mosty zewnętrzne, zwane **mostami Jinshui**, zbudowano w 1417 r. (fot. 10). Są to mosty kamienne trójprzęsłowe z marmurowymi balustradami ozdobionymi smokami. Most środkowy ma 23,15 m długości i 9,26 m szerokości. Mogli go przekraczać tylko cesarze z dynastii Ming i Qing. Natomiast wewnętrzna Złota Rzeka tworzy łuk przed Bramą Najwyższej Harmonii (Taihe Men). W tej części akwenu znajduje się także 5 mostów z balustradami z białego marmuru (fot. 11). W przeszłości mosty nad Złotą Rzeką (czyli wewnętrzną fosą) mogli przekraczać: środkowy, najdłuższy i najszerszy tylko cesarze, sąsiednimi dwoma mostami mogli poruszać się tylko członkowie rodziny cesarskiej zaś dwa pozostałe były udostępnione urzędnikom rządowym i cesarskim. Wykonane z marmuru mosty są bogato udekorowane rzeźbami smoków i feniksami. Mosty miały symbolizować 5 cnót głoszonych przez Konfucjusza (551–479 p.n.e.): humanitaryzm, praworządność, poprawność, mądrość i lojalność. Ukształtowano je w postaci 5 łuków skierowanych symbolicznie do nieba, gdyż cesarz sam się uważał za syna niebiańskiego. Te białe mosty prezentują się prosto ale wyjątkowo elegancko na tle otaczających je czerwonych murów budowli ze złocistymi dachówkami.



Fot. 10. Jeden z 5 mostów Jinshui prowadzących do Zakazanego Miasta w Pekinie



Fot. 11. Jeden z 5 mostów nad Złotą Rzeką w Zakazanym Mieście

## Most w Luoyang

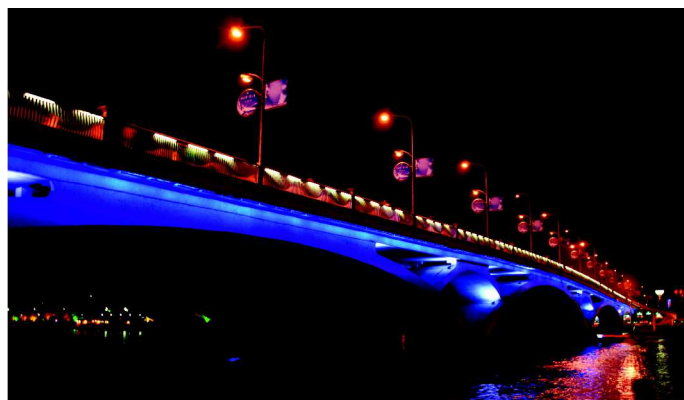
**Manshui Bridge** to trójprzęsłowy kamienny most łukowy koło Grot Smoczycy Wrót (Longmen Shiku) przez rzekę Yi (fot. 12). Zbudowany w 1961 r. Rozpiętości przęseł wynoszą 60 m + 90 m + 60 m. Rozpiętość przęsa środkowego sprawia, że do niedawna był to trzeci most o tej konstrukcji w świecie. Całkowita długość mostu wynosi 295 m. Również przęsa boczne rozpiętości 60 m plasują je na 23 miejscu w świecie [15].



Fot. 12. Most Manshui nad rzeką Yi koło Luoyang

## Mosty Guilin

Pierwszym mostem przekraczającym rzekę Ling Jiang w tym mieście w 1939 r. był most kratowy długości 181 m. Miał 5 przęseł po 36 m i szerokość 11 m. Podczas wojny w 1944 r. wojska japońskie wysadziły kilka przęseł mostu. W 1972 r. ustawiono nową żelbetową konstrukcję 5-łukową całkowitej długości 215,3 m i szerokości 15,5 m, na którą składały się jezdnie 9,5 m i obustronne chodniki po 3,0 m. W 1999 r. podjęto decyzję o całkowitej rekonstrukcji mostu przez jego poszerzenie. Po bokach starożytnego mostu dobudowano dwie bliźniaczo podobne konstrukcje. Nowy **most Jiefang** (Wolności) otwarty w 2001 r. (fot. 13 a i b) jest mostem 6 pasowym. Ma konstrukcję łukową żelbetową z nadłuczami nad filarami o kształcie hiperbolicznym. Most jest 5-przęsłowy, długości 284 m z 3 przęsłami najdłuższymi po 34,9 m, całkowitej szerokości 45 m. Konstrukcje boczne służą do ruchu pieszego.



Fot. 13a. Most Wolności (Jiefang Qiao) nad rzeką Ling Jiang w Guilin nocą





Fot. 13b. Most Wolności (Jiefang Qiao) o poranku

**Most Lijun** był pierwszym w Chinach mostem wiszącym samonośnym czyli z linami kotwionymi na końcach pomostu (fot. 14). „Podobno” był wzorowany na moście Golden Gate w San Francisco.



Fot. 14. Most wiszący Lijun w Guilin

### Most koło Longsheng

W Górach Smoczego Grzbietu, około 100 km od Guilin, na trasie do wioski Ping An znajduje się drewniany most zadaszony (fot. 15). Wioskę tę zamieszkuje mniejszość narodowa Zhuang. Ze względu na liczne tarasy pól ryżowych tereny te są licznie odwiedzane przez turystów.

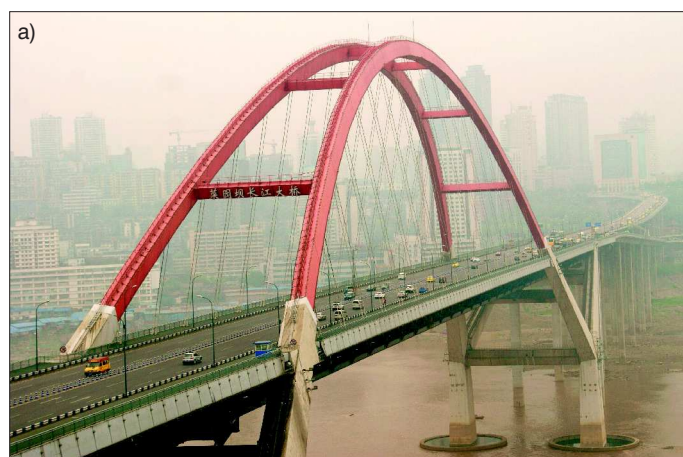


Fot. 15. Drewniany most zadaszony na szlaku koło Longsheng

### Mosty Chongqing

Miasto funkcjonuje na prawach prowincji. Cała aglomeracja liczy ponad 33 mln mieszkańców i jest największą w Chinach. Położona jest przy zbiegu 3 rzek, z których największe to Jangcy i Jialing. Obecnie znajduje się tam większość mostów o rekordowej rozpiętości przęseł. Stąd nazywane jest „mostową stolicą Chin” [4,7]. Większość mostów to obiekty drogowo-kolejowe. W 2005 r. oddano tu do ruchu pierwszą w Chinach jednorodową linię kolei miejskiej (metra). Po napełnieniu zbiornika Tamy Trzech Przełomów poziom w rzece podniósł się o około 30 m.

**Most Caiyuanba** przez Jangcy długości 800 m (fot. 16), niesie 6 pasów ruchu drogowego i 2 tory jednorodowej kolei metra [4-6]. Łączy dzielnicę centralną Yuzhong i południową Nanán. Szerokość pomostu wynosi 39,3 m. Stalowe pręśło łukowe rozpiętości 420 m jest jednym z największych w świecie (10 miejsce). Poszczególne przęsła mają rozpiętości: 88 + 102 + 420 + 102 + 88 m. Całkowita długość przeprawy wynosi 1741 m. Most oddano do ruchu w 2007 r. i wówczas był największym w świecie mostem drogowo-kolejowym. Dolną część łuków i zastrzały do oparcia bocznych przęseł wykonano z betonu. Schemat statyczny mostu to łuk ze ściąganiem z jazdą pośrednią długości 320 m oraz dwa przęsła



Fot. 16. Most Caiyuanba nad Jangcy w Chongqing: a) widok z nabrzeża, b) portal zjazdowy z mostu





Fot. 17. Spiralne estakady dojazdowe do mostu Caiyuanba

boczne po 152 m oparte na ramach żelbetonowych w kształcie litery Y. Cztery podpory mostu głównego, ze względu na skaliste podłoże posadowiono na płytkich skrzyniach 3 m średnicy. Konstrukcję niosącą pomostu wykonano jako sztywną kratownicę typu Warren, o trapezoidalnym rysunku przekroju poprzecznego. Kratownica wysokości 11 m jest na tyle sztywna, że przedłużono ją także do skrajnych przęseł długości 102 m. Jest więc to w sumie kratownica 5-przęsłowa. Przekrój łuku skrzynkowego ma stałe wymiary  $2,4 \times 4,0$  m. Do łuku co 16 m zamontowano wieszaki, w takim samym odstępie jak słupki kratownicy pomostu. Poprzecznicę pomostu ortotropowego rozmieszczono co 4 m. Połączenia elementów są spawane lub na śruby sprężające. Dolną część łuków wykonano jako ramę betonową także ze względu na możliwe kolizje ze statkami. W częściach betonowych mostu zastosowano sprężenie kablami z 7-drutowych lin dużej wytrzymałości: poziomymi między betonowymi nogami podpór w poziomie pomostu oraz pionowymi na końcach odchylnych na zewnątrz słupów ram. Ze względów estetycznych i częstego zamglenia otoczenia mostu, łuki pomalowano w kolorze pomarańczowo-czerwonym. Dojazdy do mostu wykonano w postaci spiralnych estakad (fot. 17).

**Most Chaotianmen** jest największym mostem łukowym w świecie (fot. 18) [1,4]. Przęsło środkowe rozpiętości 552 m o 2 m pobiło rozpiętość przęsła mostu Lupu w Szanghaju. Przęsła boczne mają po 190 m. Most leży nad Jangcy w pobliżu miejsca, gdzie wpada do niej rzeka Jialing. Całkowita długość obiektu wynosi 1741 m, przy czym główna konstrukcja mostu ma długość 932 m. Dojazdy długości 314 m i 495 m wykonano w postaci ciągłych dźwigarów z betonu sprężonego. Most jest dwupoziomowy z ciągłym pomostem kratowym. Szerokość górnego pomostu wynosi 36,5 m, a dolnego 29 m. Górny pomost niesie 6 pasów ruchu po 3,75 m szerokości i 2 chodniki po 2,5 m, a dolny 2 tory kolejki miejskiej i 2 pasy ruchu. Wyniosłość łuku kratowego mostu – 142 m. Zastosowano w nim kratę typu N o zmiennej wysokości, od 14 m w kluczu do 73 m nad podporami pośrednimi i 11,8 m na podporach końcowych. Ze względu na tę dużą zmianę wysokości skratowania łuku, zastosowano trzy różne szerokości przedziałów kraty 12, 14 i 16 m.

Wszystkie przekroje prętów kratownicy są skrzynkowe, spawane, o zmiennej szerokości od 1,2 m do 1,6 m i wysokości od 1,24 m do 1,84 m. Pas górny kratownicy pomostu łączy tylko przęsło nad podporami pośrednimi, natomiast pas

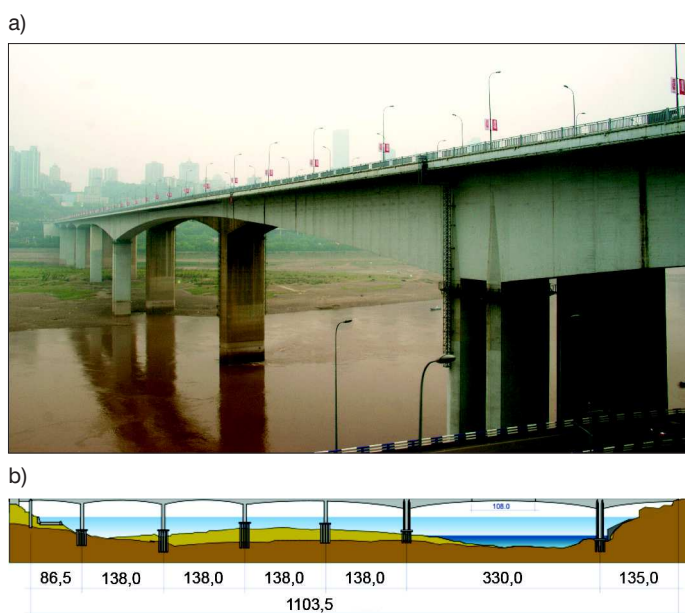


Fot. 18. Most Chaotianmen nad Jangcy w Chongqing: a) widok z nadbrzeża, b) szczegóły konstrukcji przy podporze, c) widok zjazdu z mostu

dolny biegnie w sposób ciągły do podpór końcowych. W pasie dolnym zastosowano sprężenie kablami, przy czym każdy z dźwigarów sprężono 4 kablami 55-drutowymi. Na obu pomostach zastosowano stalową płytę ortotropową o grubości blachy 16 mm. Pomost kratowy podwieszono do łuku na parach kabli z drutami równoległymi, ze względu na ułatwienie w przyszłości ich wymiany. Most oparto na największych w Chinach łożyskach sferycznych nośności 145 MN. Na podporze zachodniej ustawiono łożysko nieprzesuwne, a na wschodniej łożysko jednokierunkowo przesuwne podłużnie. Urządzenia dylatacyjne na końcach kratownicy mają przemieszczenia 640 mm i 940 mm. Obiekt zaprojektowano na dopuszczalne prędkości ruchu drogowego 60 km/h, a kolejowego 80–100 km/h. Zbudowano go w latach 2006–2009. Przęsła skrajne budowano metodą wspornikową na podporach tymczasowych, a przęsło główne przy użyciu żurawi wieżowych z odciągami.

**Most Shibano** jest mostem nowym położonym obok starego z 1980 r. [4]. Stary był pierwszym mostem na Jangcy w mieście. Projektowano go na 20 tys. pojazdów na dobę, ale gdy liczba ta wzrosła do 80 tys. niezbędna stała się budowa nowego mostu. Nowy oddano do ruchu w 2006 r. po 3 latach budowy (fot. 19). Jego oś znajduje się 25 m od osi starego mostu a szerokość wynosi 18 m. Między mostami jest przerwa szerokości 5 m. Nowy most jest mostem belkowym z betonu sprężonego o przekroju skrzynkowym. Jego przęsło rozpiętości 330 m jest rekordem światowym. Rozpiętość tę uzyskano rezygnując z podpory pośredniej jak w starym moście. Powodem rezygnacji były narzucone przez administrację warunki żeglugi na rzece, nie pozwalające na dalsze ograniczanie światła pod mostem. Projektując most dążono do zmniejszenia ciężaru własnego przęsła. Rozważano m.in. zastosowanie w części środkowej betonu lekkiego. Po analizach różnych koncepcji okazało się, że najbardziej opłacalne będzie zastosowanie skrzynki stalowej. Rozwiązanie w stali dawało 30% zmniejszenie momentu podporowego w stosunku do rozwiązania betonowego.

Środkowe przęsło, w celu odciążenia konstrukcji i ograniczenia pęczania betonu, zawiera część stalową długości 108 m. Jej konstrukcja składa się z 3 części: 103 m długości o masie 1325 t oraz dwóch elementów długości po 2,5 m (o masie po 100 t), pełniących rolę łączników między częścią betonową i stalową. Dodatkowo, między obu częściami zastosowano zewnętrzne i wewnętrzne kable sprężające. Była to krytyczna faza projektowania. Chodziło o zapewnienie nie tylko pewnego i trwałego połączenia obu materiałów, ale także o zapewnienie płynnego przejścia ze stopniową zmianą sztywności przekroju. Z tego powodu zaprojektowano strefy przejściowe składające się z kilku segmentów. Od strony części betonowej, wykonywanej wspornikowo, długość tej strefy wynosiła 13,5 m (11 m przejściowej części betonowej oraz 2,5 m części wylewanej na miejscu). Od strony skrzynki stalowej długość strefy przejściowej wynosiła 8,5 m (6 m części przejściowej oraz 2,5 m części montowanej na budowie).



Fot. 19. Most Shibano nad Jangcy w Chongqing: a) widok nowych przęseł, b) schemat

Skrzynkę dostarczono wodą jako jednostkę pływającą z odległej o 1000 km w dole rzeki Jangcy wytwórni w Wuchang. Oba mosty niosą razem 10 pasów ruchu. Długość całego mostu wynosi 1103 m. Montaż skrzynki stalowej wykonywała firma DLT (Dorman Long Technology). Projekt przęsła konsultowała, podobnie jak i innych mostów w Chongqing znana firma amerykańska T.Y.Lin International, której właścicielem był Amerykanin chińskiego pochodzenia.

**Most Dafosi** to most podwieszony, dwupylonowy, o rozpiętości przęsła 450 m i z wachlarzowym układem odciągów (fot. 20) [14]. Całkowita długość mostu wynosi 1168 m. Pomost belkowy betonowy niesie 6 pasów ruchu drogi ekspresowej G65. Otwarty do ruchu w 1997 r.



Fot. 20. Most Dafosi nad Jangcy w Chongqing

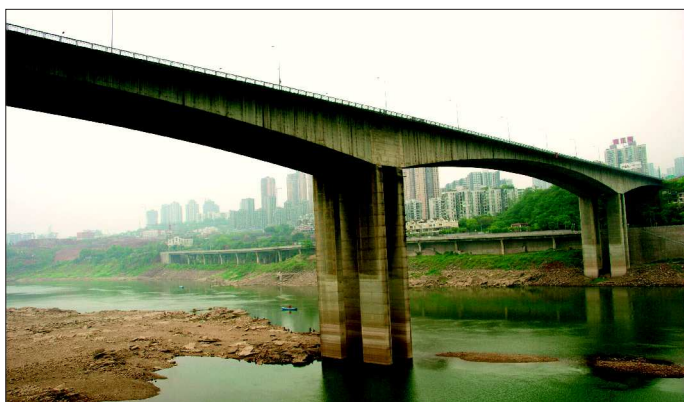
**Most Huanghuayuan** jest mostem z betonu sprężonego, położonym nad rzeką Jialing, która niedaleko wpada do Jangcy. Jest to most trójprzęsłowy z przęsłami rozpiętości po 250 m (fot. 21) [14]. Długość mostu wynosi 1278 m i składa się na nią przęsła  $137 + 3 \times 250 + 137$  m. Powstał w latach 1996–1999 i należy do czołowych konstrukcji w klasie mostów ciągłych z betonu sprężonego. Był budowany techniką wspornikową. Przekrój skrzynkowy o zmiennej wysokości połączono sztywno z podwójnymi filarami tarczowymi o przekroju  $2,5 \times 7$  m i wysokości od 43 m do 57 m. Podpory środkowe posadowiono bezpośrednio, natomiast skrajne na palach średnicy 2,2 m. Obiekt składa się z dwóch bliźniaczych konstrukcji. Szerokość pomostu wynosi 31 m. Ciekawostką jest, że wielomodułowe urządzenia dylatacyjne o przemieszczeniu 560 mm produkcji amerykańskiej po 2 latach eksploatacji uległy zniszczeniu, a szwajcarskie, wstawione na ich miejsce w 2004 r., jak do tej pory spełniają swoje zadanie.



Fot. 21. Most Huanghuayuan nad Jialing w Chongqing



**Most Gaojia Huanyuan** rozpiętości przeszła 240 m długości całkowitej 970 m jest mostem z betonu sprężonego, położonym nad rzeką Jialing (fot. 22) [14]. Obiekt składa się z dwóch bliźniaczych konstrukcji o przekroju skrzynkowym połączonych sztywno z podwójnymi podporami ścianowymi. Położony w ciągu drogi ekspresowej G75. Pochodzi z 1998 r.



Fot. 22. Most Gaojia Huanyuan nad Jialing w Chongqing

**Most Jialingjiang** na rzece Jialing jest mostem kratowym, ciągłym z jazdą górą z 1966 r. (fot. 23). Konstrukcja typowa dla wielu mostów kratowych o schemacie belki ciągłej wieloprzęsłowej. Rozpiętość przęsła po 150 m.



Fot. 23. Most Jialingjiang nad Jialing w Chongqing

**Most Juao** (co oznacza po chińsku Makao) na rzece Jialing jest mostem stalowym belkowym (fot. 24). Nazwano go na cześć powrotu Makao do Chin 16 grudnia 1999 r. Długość całej przeprawy wynosi 4 400 m.



Fot. 24. Most Juao nad Jialing w Chongqing

**Most Shimen** przez rzekę Jialing ukończony w 1988 r. jest mostem podwieszonym jednopylonowym o rozpiętości przęsła 230 i 200 m oraz całkowitej długości 716 m (fot. 25) [14]. Pomost wykonano jako skrzynkowy z betonu sprężonego. Pylon jest betonowy, a podwieszenie usytuowano w jednej płaszczyźnie w osi mostu.



Fot. 25. Most Shimen nad Jialing w Chongqing

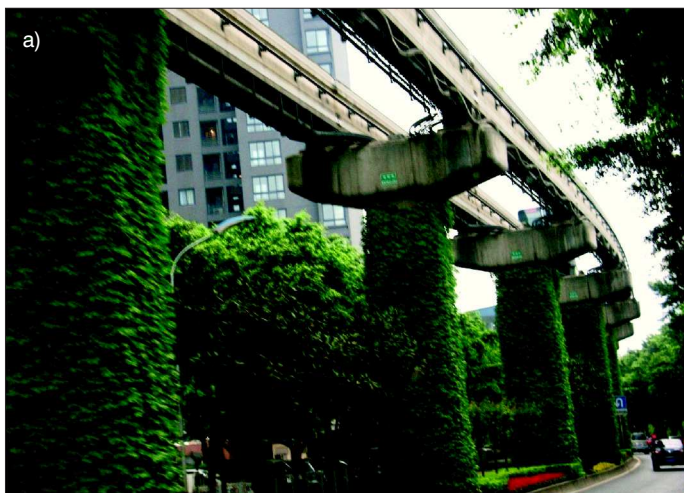
**Mosty Dongshuimen i Qianximen** leżą na nowej linii metra przekraczając odpowiednio Jangcy oraz Jialing [7]. Mają być ukończone w 2013 r. Leżą u nasady półwyspu Yuzhong. Są mostami podwieszonymi oddzielnymi długim tunelem w łuku położonym na półwyspie. Mosty zaprojektowało biuro T.Y.Lin International. Dźwigary niosące obu mostów wykonywane są jako kratowe, dwupoziomowe, z ortotropową płytą pomostu. Są sztywne i mają wysokość po 12 m. Na górnym poziomie przewidziano 4 pasy ruchu a na dolnym – tory kolei miejskiej. Pylony betonowe 100 m wysokości mają kształt obły, krzywoliniowy we wszystkich kierunkach. Kosztowały więcej, ale miasto wymagało, aby dawały dobry odbiór estetyczny.



Fot. 26. Most Dongshuimen przez Jangcy w Chongqing w budowie



Fot. 27. Most Qianximen przez Jialing w Chongqing w budowie



Fot. 28. Wiadukty kolejki miejskiej jednoszynowej w Chongqing (a,b) i szczegóły konstrukcji (c)

tyczny. Do pylonów będzie podwieszonych tylko po 9 par odciągów, co sprawi, że nie będą to typowe mosty podwieszane a tylko częściowo podwieszane. Podwieszenie rozmieszczone w jednej płaszczyźnie w osi mostów będzie obejmować jedynie część długości dźwigarów kratowych. Z tego powodu zaprojektowano je jako wyjątkowo sztywne. Most Dongshuimen (fot. 26) na Jangcy będzie dwupylonowy o rozpiętości przęsła 445 m a Qianximen (fot. 27) przekraczająca Jialing – jednopylonowy o rozpiętości przęsła 344 m.

**Wiadukty kolei miejskiej (metra) w Chongqing** (fot. 28) mają specyficzną konstrukcję wynikającą z zastosowanego rozwiązania ich części jezdnej (jednoszynowej). Dźwigary niosące mają kształt odwróconej belki teowej. Są one konstrukcjami swobodnie podpartymi z oryginalnymi podporami oraz rozwiązaniem styków.

(dalszy ciąg „Mostów w Chinach” w n-rze 10 „Drogownictwa”; bibliografia będzie podana na końcu Części III w n-rze 11)



ADAM GLINICKI

GDDKiA, Oddział  
w Białymstoku  
aglinicki@gddkia.gov.pl



WOJCIECH RADOMSKI

Politechnika Łódzka,  
Politechnika Warszawska  
w.radomski@il.pw.edu.pl

## Diagnostyka mrozoodporności betonu w drogowych obiektach mostowych

Mrozoodporność betonu jest jedną z podstawowych jego cech, mających znaczny wpływ na trwałość obiektów mostowych. Jest to szczególnie ważne w polskich warunkach klimatycznych, które znamionuje znaczna liczba dobowych zmian temperatury z dodatniej na ujemną i odwrotnie. Według informacji podanej na stronie internetowej Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, przeciętną liczbę dni w roku, w których temperatura w Polsce przechodzi przez 0°C oszacować można na około 100. Bywają jednak zimy, w których liczba ta osiąga war-

tości większe. Częstość wymienionych zmian zależy też oczywiście od regionów naszego kraju. Nie wdając się w dalsze szczegółowe rozważania na ten temat wystarczy stwierdzić, że zapewnienie odpowiedniej mrozoodporności betonu w obiektach mostowych jest u nas bardzo ważnym zadaniem ze względów technicznych i ekonomicznych. Dlatego szczególnego znaczenia nabierają procedury określania mrozoodporności betonu, zarówno w czasie poprzedzającym jego wbudowanie w konstrukcję (sprawdzenie receptury betonu), jak i w trakcie budowy – wtedy próbki do badań pobierane są na bieżąco z dostarczanych na budowę partii betonu (rzadziej na odwiertach pobieranych z wykonanych już elementów konstrukcji). Ponadto badania mrozoodporności betonu przeprowadzane są na odwiertach pobieranych z eksploatowanych już – dłużej lub krócej – obiektów i służą wtedy głównie jako materiał wspomagający ocenę ich stanu techniczne-