

Niniejszy zeszyt „Inżynierii i Budownictwa” zawiera relację z ceremonii nadania godności i tytułu doktora honoris causa Profesorowi Michelowi Virlogeux, która odbyła się 15 listopada 2022 r. w auli Politechniki Wrocławskiej podczas uroczystego Święta Politechniki Wrocławskiej, a także artykuły przygotowane przez pracowników naukowych i doktorantów wydziałów politechnik oraz doświadczonych inżynierów budownictwa.

Za tę współpracę składamy serdeczne podziękowania. Wyrażamy nadzieję, że zeszyt zainteresuje naszych czytelników.

# Michel Virlogeux doktorem honoris causa Politechniki Wrocławskiej

W ramach obchodów Święta Politechniki Wrocławskiej w dniu 15 listopada odbyła się uroczystość nadania tytułu doktora honoris causa profesorowi Michelowi Virlogeux, wybitnemu specjalście z zakresu inżynierii mostowej, projektantowi ikonicznych mostów przełomu XX i XXI wieku.

Uchwałę o nadaniu godności doktora honoris causa senat Politechniki Wrocławskiej podjął na wniosek profesorów tej uczelni: Jana Biliszczuka, Jana Bienia, Wojciecha Lorenca, Dariusza Łydźby i Cezarego Madryasa po zasięgnięciu opinii:

- profesora Geörgy Balázsa z Uniwersytetu Techniczno-Ekonomicznego w Budapeszcie,
- Senatu Politechniki Warszawskiej – opiniodawca profesor Wojciech Radomski,
- Senatu Politechniki Krakowskiej – opiniodawca profesor Kazimierz Flaga.

Niżej podano fragment uchwały senatu:

„Nadanie tej najwyższej godności naszej uczelni następuje w uznaniu wybitnych osiągnięć Pana profesora Michela Virlogeux w dziedzinie inżynierii mostowej, w tym opracowanie podstaw naukowych projektowania mostów podwieszonych oraz w uznaniu zasług dla Politechniki Wrocławskiej”.

Uroczystość nadania godności doktora honoris causa przebiegała zgodnie ze zwyczajem akademickim. Rektor Politechniki Wrocławskiej odczytał uchwałę senatu, a pro-

fesor Jan Biliszczuk wygłosił laudację i odczytał łacińską formułę nadania godności doktora honoris causa. Po odebraniu dyplomu profesor Michel Virlogeux wygłosił okolicznościowy wykład, w którym przedstawił „własną filozofię projektowania mostów”. Uroczystość zakończyło odsłonięcie nazwiska nowego doktora honoris causa na tablicy zawierającej nazwiska uprzednio wyróżnionych.

## Sylwetka i dorobek profesora Michela Virlogeux

Michel Virlogeux urodził się 7 lipca 1946 roku w Vichy, we Francji. W roku 1967 ukończył École Polytechnique w Palaiseau pod Paryżem, a w roku 1970 École Nationale des Ponts et Chaussées.

Stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie inżynierii uzyskał na Pierre et Marie Curie University w Paryżu w 1973 roku, a doktorat honoris causa otrzymał na Loughborough University (Wielka Brytania) w 2009 roku i na Politechnice Wrocławskiej w 2022 roku.

W latach 1978–1994 pracował na stanowisku profesora (ekspert w dziedzinie analizy konstrukcji) w École Nationale des Ponts et Chaussées, w latach 1973–1993 jako wykładowca wiedzy o konstrukcjach mostowych w École Spéciale des Travaux Publics oraz w latach 1985–2006 jako ekspert konstrukcji betonowych w Centre des Hautes Etudes de la Construction. Od 2008 roku pracuje na stanowisku profesora z dziedziny mostownictwa w École Nationale des Ponts et Chaussées.

Oprócz pracy akademickiej i naukowej pracował jako ekspert między innymi dla firmy SETRA (1970–1994) i dla francuskiej administracji drogowej, gdzie w roku 1980 został kierownikiem sekcji mostów betonowych, a w 1987 – sekcji dużych mostów.

Obecnie pracuje jako niezależny ekspert z zakresu inżynierii mostowej, konsultując projekty ważnych przepraw mostowych na całym świecie. Zdobyte doświadczenie



Rys. 2. Profesor Michel Virlogeux



Rys. 1. Uroczystość nadania tytułu; od lewej: rektor Politechniki Wrocławskiej prof. Arkadiusz Wójs, prof. Michel Virlogeux oraz prof. Jan Biliszczuk

zaowocowało wkładem w rozwój teorii i technologii betonu sprężonego, mostów podwieszonych i zespolonych.

Działalność naukowa Kandydata jest ściśle związana z inżynierią lądową i praktycznymi zastosowaniami w budownictwie mostowym. Jego prace dotyczą głównie:

- mechaniki i kształtowania mostów podwieszonych różnych typów oraz mostów typu extradosed;
- projektowania i technologii budowy dużych mostów z betonu sprężonego.

W swoich pracach profesor Michel Virlogeux propaguje kształtowanie mostów zgodnie z „przepływem sił”, co skutkuje tym, że powstają konstrukcje proste i eleganckie, np. wiadukt Millau. Drugą ważną cechą jego prac jest powiązanie racjonalnego kształtowania z technologią budowy, co prowadzi do minimalizacji kosztów wielkich inwestycji.

W okresie kariery zawodowej był projektantem lub konsultantem wielu mostów we Francji i poza jej granicami. W szczególności do jego najważniejszych dzieł można zaliczyć m.in.:

- wiadukt Millau we Francji, wieloprzęsłowy obiekt podwieszony będący symbolem inżynierii francuskiej;
- Golden Horn Metro Crossing w Stambule, w Turcji, most podwieszony o wyjątkowej urodzie;
- Yavuz Sultan Selim Bridge w Turcji, most hybrydowy (wisząco-wantowy) przez Bosfor w Stambule;
- wiadukt w Avignon przez Rhône dla kolei wielkiej prędkości – most o niespotykanym ukształtowaniu;
- most Normandy przez Sekwanę, w chwili budowy największy most podwieszony na świecie;
- most Térénez we Francji, obiekt podwieszony o nietypowym ukształtowaniu.

Ponadto był konsultantem lub niezależnym sprawdzającym przy obiektach: Stonecutters Bridge w Hongkongu, Sutong Bridge w Chinach, Rion-Antirion w Grecji, Vasco da Gama w Lizbonie i wielu innych.

W latach 1974–1997 był sekretarzem generalnym i wykonawczym wiceprezydentem Association Française pour la Construction. W roku 1996 został prezydentem Federation Internationale de la Précontrainte, a po zjednoczeniu z Comité Euro-international du Béton został honorowym prezydentem fib (International Federation of Structural Concrete).

Ponadto jest członkiem wielu stowarzyszeń naukowych i technicznych, jak np.:

- Comité des Appellations de l'Académie des Sciences (CADAS), Francja,
  - Indian National Academy of Engineering, Indie,
  - Royal Academy of Engineering, Wielka Brytania,
  - Royal Society of Arts, Wielka Brytania
- i innych.

Za swoje osiągnięcia otrzymał szereg nagród, m.in. w 1983 roku nagrodę IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering), w roku 1999 Medal Gustava Magnela oraz Medal Fritza Leonharda. Są to prestiżowe i wysoko cenione nagrody w środowisku inżynierów mostowych.

Od 1989 roku jest kawalerem i oficerem (2000) l'Ordre National du Mérite, a od 2005 kawalerem i oficerem (2016) la Légion d'Honneur.

Właściwie wszystkie wymienione mosty otrzymały nagrody międzynarodowych organizacji inżynierskich, tj. IABSE czy fib.

Kandydat gościł trzykrotnie (2010, 2013 i 2021) na Politechnice Wrocławskiej, wygłaszając kluczowe referaty podczas obrad seminarium naukowo-technicznego „Wrocławskie Dni Mostowe”. Współpracuje z polskim środowiskiem inżynierów mostowych, konsultując nietypowe projekty mostów, np. wiaduktu w ciągu A1 w Miłówce, czy aktualnie projektowanego drogowego mostu typu extradosed przez Wartę w Kostrzynie.

#### **Prof. dr MICHEL VIRLOGEUX**

École Nationale des Ponts et Chaussées, Paryż  
Michel Virlogeux Consultant Ouvrages d'Art

## **Moje przemyślenia na temat projektowania mostów**

Wykład profesora Michela Virlogeux wygłoszony 15 listopada 2022 roku na Politechnice Wrocławskiej podczas uroczystości nadania mu tytułu doktora honoris causa dotyczy refleksji Autora na temat filozofii projektowania mostów. Przedstawione przemyślenia wynikają z bogatej praktyki w zakresie projektowania mostów oraz ze współpracy z najwybitniejszymi inżynierami i architektami przełomu XX i XXI wieku. Sądzę, że treść wykładu zainteresuje zarówno inżynierów, jak i architektów.

\* \* \*

*Szanowny Rektorze, Szanowni Członkowie Senatu Politechniki Wrocławskiej,  
Szanowne Koleżanki i Koledzy, Szanowni Państwo!*

Otrzymanie nominacji do tytułu doktora honoris causa Politechniki Wrocławskiej jest bardzo dużym wyróżnieniem, ze względu na renomę tej Uczelni. To tu kształciło się wielu naukowców i badaczy, którzy poszerzali swoją wiedzę, a następnie przekazywali ją tysiącom studentów. Jeszcze bardziej uświadomiłem sobie ten zaszczyt, gdy zobaczyłem tablicę z listą dotychczasowych laureatów tego tytułu, z których wielu było doskonale znanych na całym świecie.

Nominacje do tytułów doktorów honoris causa z całego świata, a przede wszystkim z Europy, to dobry znak ewolucji Europy po straszliwej wojnie światowej sprzed 70 lat. Ewolucji, która przypomina pewne okresy, w średniowieczu i w XVIII wieku, kiedy idee, artyści, muzycy przechodzili z kraju do kraju, aby wznosić katedry lub zasiadać na dworze królów i książąt.

Przywołanie tej humanistycznej ewolucji Europy jest dziś tym bardziej potrzebne, że te czasy kulturowego postępu są zagrożone wkroczeniem wojsk rosyjskich na Ukrainę, brutalnie przerywającym 70 lat pokoju i zagrażającym rozwojowi demokratycznej i humanistycznej Europy.

Wiem, że tę nominację do tytułu doktora honoris causa zawdzięczam kilku polskim i europejskim przyjaciołom, którym pragnę podziękować za inicjatywę i wsparcie.

Przede wszystkim dziękuję Janowi Biliszczukowi, profesorowi Politechniki Wrocławskiej i projektantowi najbardziej eleganckich polskich mostów. Muszę podziękować też naszemu wspólnemu przyjacielowi Michelowi Wojnarowiczowi, który wprowadził mnie do Polski i przedstawił profesorowi Biliszczukowi. Dziękuję rektorowi prof. Arkadiuszowi Wójsowi oraz członkom Senatu Politechniki Wrocławskiej.

Szczególne podziękowania należą się także uczelniom, które poparły moją kandydaturę: Senatowi Politechniki Warszawskiej na podstawie opinii prof. Wojciecha Radomskiego, Senatowi Politechniki Krakowskiej opierającemu się na opinii prof. Kazimierza Flagi oraz prof. György'emu Balázsowi z Uniwersytetu Techniczno-Ekonomicznego w Budapeszcie.

Jestem tym bardziej zaszczycony, że jestem tylko projektantem i inżynierem mostów, wykładowcą projektowania i budowy mostów w École Nationale des Ponts et Chaussées.

Projektowanie i wznoszenie mostów to bardzo wąska dziedzina naszej cywilizacji, specyficzna dziedzina architektury, ale ważna dla jakości miejsc, w których te obiekty są budowane, a także dla komunikacji i transportu w naszych społeczeństwach.

Znalazłem kiedyś klasyfikację sztuk według Hegla. Moją pierwszą reakcją było zdziwienie i satysfakcja z pierwszej pozycji architektury na tej liście. Ale jest zupełnie odwrotnie: Hegel klasyfikował sztukę według coraz mniejszych ograniczeń generowanych przez materiały lub narzędzia:

- **architekturę** ograniczają materiały budowlane, sprzęt stosowany podczas budowy i warunki terenowe,
- **rzeźbę** – materiały, jak marmur i narzędzia,
- **malarstwo** – płótno, farby i pędzle,
- **taniec** – granice ludzkiego ciała,
- **muzykę** – instrumenty,

dlatego **poezja** jest sztuką najbardziej wolną, zdaną tylko na wyobraźnię poety.

Z drugiej strony, z czysto praktycznego punktu widzenia, architektura w szerszym ujęciu jest najbardziej użyteczna dla społeczeństwa, tworząc mieszkania, budynki użyteczności publicznej i sieci komunikacyjne. Muszę podkreślić, że mosty są częścią globalnej architektury, o czym świadczy wiele międzynarodowych publikacji prezentujących najbardziej kultowe budowle wzniesione na całym świecie w ostatnich latach. Chciałbym w tym miejscu podkreślić, że nie zgadzam

się z zaleceniem Fritza Leonhardta (1909–1999), który powiedział mi, że nie wolno mi mówić o architekturze mostów, bo to mogłoby doprowadzić ludzi do przekonania, że mosty muszą projektować architekci. Wolę założyć z góry, że projektant musi być inżynierem, zdolnym do określenia przepływu sił w konstrukcji, od przyłożonych obciążeń poprzez podpory aż do podłoża. Ale zawsze, albo prawie zawsze, współpracuję z architektem, bo sam nie potrafię stworzyć szczegółowych kształtów starannie oddających przepływ sił, na których można grać również światłem i cieniem. Czasem architekt, z którym współpracuję, wymaga dużych zmian, które skłaniają mnie do innego podejścia. Ostatecznie to projektant będzie ponosił wyłączną odpowiedzialność w przypadku zaburzeń konstrukcyjnych, awarii, a nawet nadmiernych kosztów. Jest jak „Baumeister” z dawnych czasów.

Jakie są więc główne cele projektowe? Przywołam pierwszego bardzo znanego inżyniera, Witruwiusza Polio, który napisał słynne dziesięć ksiąg o architekturze. Dwa-dziesiąt wieków temu ustalił on trzy cele projektu:

- **Utilitas**,
- **Firmitas**,
- **Venustas**.

**Utilitas**: użyteczność. Oznacza to, że konstrukcja musi być przydatna dla społeczeństwa, a ponieważ mosty są zwykle budowane za publiczne pieniądze, oznacza to również, że koszty muszą być kontrolowane. Nie oznacza to, że musi być to cena najniższa z możliwych, ale żeby nie była przesadzona. A to jest niezwykle ważne w dzisiejszych czasach, kiedy musimy ograniczyć materiały i energię potrzebną do budowy naszych konstrukcji, ze względu na zmiany klimatyczne, zmniejszanie się światowych zasobów naturalnych i pogłębiające się ubóstwo dużej części ludności, nawet w naszym zachodnim świecie.

**Firmitas**: siła, odporność konstrukcji. Jest to oczywiste, ale muszę dodać do tego potrzebę trwałości.

Coraz częściej mówimy o trwałym świecie; dla mnie pierwszym celem ekologicznym jest to, aby to, co zostało wzniesione za publiczne pieniądze, było użyteczne i służyło jak najdłużej.

**Venustas**: piękno, elegancja. Pierwszym celem eleganckiego projektu jest dopasowanie do otoczenia. **Nie wolno nam projektować mostu – ani żadnej innej konstrukcji – w celu publikowania atrakcyjnych zdjęć w przeglądach architektonicznych**, ale musimy wznosić konstrukcję dobrze wpisaną w otoczenie i stworzoną na potrzeby danego miejsca. Oczywiście musimy dążyć do elegancji, z ładnymi kształtami świadczącymi o przepływie sił, z grą światła i cienia.

Projekt musi być stopniowo rozwijany, aby osiągnąć te cele. Niestety, ewolucja branży budowlanej jest obecnie taka, że wielu inżynierów interesuje się jedynie ścisłym stosowaniem norm i wytycznych, ze względu na ryzyko roszczeń prawnych w sądach. W głównych analizach, w celu zapewnienia niezbędnego bezpieczeństwa konstrukcyjnego, normy uwzględniają obciążenia ze współczynnikami, bardzo dalekie od realnych wartości obciążeń i sił. Praktyczne zasady są kalibrowane, mniej lub bardziej konserwatywnie, aby obejmowały wiele różnych sytuacji, aby ocenić skutki złożonych zjawisk.



Normy są coraz bardziej wymagające, a ich zastosowanie wymaga analizy coraz większej liczby przypadków obciążeń, coraz większej liczby ich kombinacji. Wraz z rozwojem narzędzi numerycznych inżynierowie mają tendencję do tworzenia obwiedni kombinacji, które straciły jakiekolwiek fizyczne znaczenie. Ci inżynierowie manipulują tylko liczbami, które nie mają związku z rzeczywistymi siłami.

W ten sposób nie można opracować dobrego projektu mostu. Projektowanie mostu to posuwanie się krok po kroku, bardzo dalekie od mitu natchnionego projektanta patrzącego na kwiat lub ptaka lecącego za jego oknem, biorącego ołówek i projektującego most. Aby stworzyć efektywny projekt mostu, konieczne jest przeprowadzenie prostych obliczeń wstępnych, oszacowanie wpływu obciążeń stałych z uwzględnieniem etapów wznoszenia konstrukcji, ale także wpływu głównych oddziaływań na konstrukcję, jak ruch taboru, parcie wiatru, wpływy termiczne... Nie ma potrzeby szczegółowych obliczeń w celu opracowania projektu koncepcyjnego; lata temu używałem do tego tylko małego suwaka logarytmicznego, a teraz kalkulatora kieszonkowego. Na szczegółowe obliczenia przyjdzie pora w późniejszych etapach projektu, przy analizach detali mostu.

**To dlatego uniwersytety i „Grandes Écoles” muszą nadal nauczać klasycznej analizy konstrukcji, aby przyszli inżynierowie mogli namacalnie poznać skalę sił w swoich mostach, aby mogli poczuć przepływ sił.** To właśnie jeden z moich profesorów, Jean Salençon, nazwał *l’appropriation des connaissances*, czyli przyswajaniem wiedzy.

Ale teraz nadszedł czas, aby pokazać niektóre mosty i omówić sposoby, w jakie zostały zaprojektowane z moim udziałem.

Zacznę od złożenia hołdu Fritzowi Leonhardtowi, chociaż nie chciał mówić o architekturze mostów, to w swojej książce „Brücken” („Mosty”), zaprezentował najlepszą lekcję architektury mostów, choć mówiąc o ich estetyce unikał słowa architektura. Przytoczę niektóre z jego kryteriów projektowych:

- **wzmocnienie** funkcji mostu,
- **proporcje**,
- **porządek**,
- **jakość** kształtów,
- **integracja** z miejscem i naturą,
- **kolor**,
- **różnorodność**; to także główny cel Jörga Schlaicha (1934–2021), który opuścił nas w zeszłym roku.

Pośrednio kładł nacisk na wyobraźnię i kreatywność oraz podkreślał związek między estetyką a etyką. Jednak głównym celem pozostało wpasowanie mostu w otoczenie. Każde otoczenie może bezpośrednio inspirować wybór konkretnego typu mostu, jak w przypadku mostu Seyssel (rys. 1) z pylonem w miejscu wyspy na środku Rodanu. Ale aby przejść od pomysłu do ostatecznego projektu, trzeba było wykonać wiele pracy.

Most Chateaubriand na rzece La Rance (rys. 2) jest konstrukcją łukową, posadowioną na skale. Muszę tu stwierdzić, że projektant musi umieć krytykować własne konstrukcje – w tym przypadku przyznając, że to ja popełniłem błąd.



Rys. 1. Most Seyssel



Rys. 2. Most Chateaubriand w czasie wysokiego poziomu wody

Most znajduje się powyżej tamy na rzece La Rance, a poziom wody może się zmieniać o 8 metrów w ciągu dnia; jest niski w nocy, a wysoki w ciągu dnia, aby wytwarzać energię elektryczną w środku popołudnia. Pomiąłem ten fakt, a przez to węzłowania łuku zanurzają się w wodzie w ciągu dnia. Z pewnością nie jest to efekt, który chciałem osiągnąć.

Dzięki tej lekcji łuk wzniesionego później mostu Morbihan (rys. 3) jest dobrze połączony z brzegami. Sporządzono dużą serię szkiców, aby właściwie rozmieścić słupy na łuku i na brzegach, przy czym pomost przechodzi w sposób ciągły od jednego przyczółka do drugiego, tak jakby łuk był przedłużeniem gruntu. Wreszcie, po odwiedzeniu mostu Kintai w Japonii, zaproponowałem utworzenie chodników po obu stronach łuku, aby umożliwić pieszym przejście przez rzekę.

Małe mosty również wymagają uwagi. Most Antrenas to mały łuk nad autostradą (rys. 4a) w środkowej Francji, bardzo widoczny na szczycie przełęczy. Jest to po prostu stalowa rura podtrzymująca wstępnie sprężoną płytę betonową. W pobliżu jest jeszcze drugi wiadukt (rys. 4b), który zaprojektowałem jako kontrast do poprzedniego.



Rys. 3. Most Morbihan





Rys. 4a. Most Antrenas



Rys. 4b. Most Truc de la Fare

W wiadukcie Antrenas siły przenosi ściskany łuk, a w Truc de la Fare – rozciągane ciągnie.

W obu przypadkach przejście od koncepcji do ostatecznego projektu wymagało wiele pracy. W przypadku mostu la Fare wraz z architektem opracowałem eleganckie detale, aby idealnie zrównoważyć stałe obciążenia i pokazać przepływ sił przez kształty. Kolory są ważne w tych dwóch strukturach.

Musieliśmy też wznieść most w pobliżu pięknego murwanego mostu łukowego zbudowanego na Korsyce w XVIII wieku, w Altiani (rys. 5), po drugiej stronie rzeki Tavignano. Zdecydowaliśmy się na łuk, nawiązując do starego obiektu, ze względu na spójność, ale także jako znak dla naszych poprzedników, którzy wznieśli elegancką konstrukcję znacznie mniejszymi środkami. Była to okazja do udokumentowania pracy przejścia od koncepcji do ostatecznych kształtów, poprzez dostosowanie liczby drugorzędnych podpór i stopniowe zmniejszanie objętości betonu w celu uzyskania lekkości i przejrzystości.

Klasyczne mosty mogą mieć interesujący wygląd pomimo stosunkowo niskich kosztów. Filary wiaduktu Chirac w środkowej Francji (rys. 6) pozostawiają otwartą dolinę i chronią przyrodę. Konstrukcja stalowa jest bogata; architekt nadał eleganckie kształty kolumnom podtrzymującym most, a kolory wzmocniły ogólny odbiór.



Rys. 5. Nowy most Altiani

Innym przykładem, na znacznie większą skalę, jest wiadukt Verrières (rys. 7) na tej samej autostradzie. Pokazuje to, że projekt musi uwzględniać nawet sprzęt montażowy. Ponieważ wysokie filary – dobrze zlokalizowane w miejscu budowy – mają zmienną szerokość, aby oprzeć się siłom wiatru działającym na pomost, ich szczegółowe kształty zostały wybrane tak, aby umożliwić wykorzystanie form samowspinających się dostosowanych do zmiennej szerokości filara.

Ostatnim przykładem klasycznych mostów jest wiadukt des Angles w Awinionie (rys. 8), obsługujący dwie linie TGV: z Paryża do Marsylii i z Marsylii do Montpellier. Pomimo niezwykle surowych ograniczeń wymaganych dla pociągów dużych prędkości oraz dylatacji spawanych szyn, rozkład przęseł jest regularny, aby spełnić wymagania zamówienia, ale także dla osiągnięcia innego celu, który uważam za niezwykle ważny: **jedności. Most musi wyglądać jak jedna całość, a nie jak seria różnych konstrukcji.**



Rys. 6. Wiadukt Chirac



Rys. 7. Wiadukt Verrières







Rys. 8. Wiadukt des Angles w Awinionie

Jeśli chodzi o detale, architekt musiał się napracować, aby przejść od stożkowatego kształtu filarów, dobranego tak, aby udrożnić bieg rzeki, do kwadratowego kształtu korony filaru na górze, niezbędnego podczas budowy mostu metodą wspornikową dla zapewnienia stateczności wahadła. Nalegał również, aby nadać betonowi filarów i pomostu biały kolor Palais des Papes w Awinionie, zlokalizowanego tuż przed nim.

Powiedziałem kilka minut temu, że architekci mogą czasami nadać projektowi inną orientację. Bardzo dobrym przykładem jest konkurs na projekt mostu na rzece Vienne w Limoges (rys. 9). Ponieważ wszystkie mosty w tym mieście są łukami murowanymi, niektóre pochodzą z XIII wieku, zdecydowaliśmy się zaprojektować łuk i wykonaliśmy różne szkice podczas naszej pierwszej wizyty w tym miejscu. Ale architekt Charles Lavigne nagle im się sprzeciwił, mówiąc, że nie uwzględniliśmy wymagań właściciela, który chciał, aby miasto „ponownie przywłaszczyło sobie” brzegi rzeki. Od razu zdecydowaliśmy się na zorganizowanie przejścia między brzegami a pomostem. Ciąg pieszych (schody), który umieściliśmy na ukośnych elementach konstrukcji, następnie przechodzi do pomostu. Trójkątne kształty mostu bezpośrednio wywodzą się z tej koncepcji.

Wynik jest dobry i odpowiada naszym celom, ale nie jestem w pełni usatysfakcjonowany: kiedy most został ukończony zgodnie z naszymi rysunkami, zdałem sobie sprawę, że krawędź schodów nie jest tożsama z krawędzią łuku. Nie przewidziałem poprawnie końcowych efektów wizualnych i czuję się nieswojo z realnym rezultatem.

Gdy się okazuje, że coś nie jest zadowalające lub gdy pojawia się nieoczekiwany problem i nie należy tego poprawiać ani rozwiązywać jakimś dodatkiem lub poprawką, to musimy wrócić do początku i ponownie rozważyć globalny projekt, dodając rozwiązanie tej trudności do naszych ograniczeń i celów.



Rys. 9. Nowy most w Limoges

Przejdę teraz do kilku głównych konstrukcji, jak np. wantowy most w Térénez nad rzeką Aulne (rys. 10) z zakrzywionym w planie pomostem. Ten most jest dobrym przykładem tego, jak projekt jest całkowicie zdominowany przez przepływ sił. Droga prowadząca z głębi łądu jest równoległa do rzeki, następnie przecina rzekę pod kątem 90 stopni i wreszcie podąża wzdłuż drugiego brzegu.



Rys. 10. Most w Térénez

Pierwszy projekt był już zaproponowany, kiedy wezwano mnie do pomocy. Uznałem wówczas, że unikatowym rozwiązaniem, wyjątkowo korzystnym dla komfortu ruchu, jest zaprojektowanie mostu wantowego zakrzywionego w planie. Nie było to łatwe zadanie, ponieważ odciągi zakotwiczone do zakrzywionego pomostu generują bardzo duże momenty zginające poprzeczne w pylonach i mogą przecinać skrajnię ruchu. Po wielu pracach i długim czasie udało mi się zaprojektować wieże po wewnętrznej stronie łuku, z kolumną nad pomostem nachyloną na zewnątrz łuku, w kierunku wynikającego z tego działania want pod stałym obciążeniem oraz z kształtem odwróconej litery V pod pomostem, dostosowanym do pionowego obciążenia konstrukcji pomostu. Kształt został natychmiast dostosowany przez architekta do wyrażenia przepływu sił.

W końcu miałem też okazję zaprojektować trzy duże mosty, poczynając od mostu w Normandii (rys. 11 i 12): 19 lat minęło między moim pierwszym udziałem w tym projekcie, gdy jako młody inżynier zacząłem pracę, a otwarciem mostu dla ruchu.

Kiedy stałem się odpowiedzialny za projekt, postanowiłem przeprowadzić się przez rzekę bez podpory w Sekwanie. Wybrałem ciągłą konstrukcję o długości 2140 metrów pomiędzy szczelinami dylatacyjnymi, ze względu na jedność, proporcje i przejrzystość. Architekt postanowił zamocować lampy do oświetlenia nocnego na wantach, aby uniknąć wizualnego konfliktu pomiędzy pionowymi słupkami latarni a nachylonymi odciągami.

Wiadukt w Millau (rys. 13) to najsłynniejszy z moich mostów, zaprojektowany wspólnie z lordem Normanem Fosterem. Koncepcja





Rys. 11. Most Normandzki



Rys. 12. Most Normandzki – układ latarni na watach

konstrukcyjna była już wybrana, kiedy dołączył on do naszego zespołu, z głównymi liniami filarów i pylonów podporządkowanymi potrzebom konstrukcyjnym. Ale mieliśmy wspólny cel: smukłość, przejrzystość i jedność. Aby jak najlepiej wykonać wpisanie się w miejsce, poprosił o wynurzenie filarów z ziemi i przywrócenie po pracach naturalnego stanowiska, ze specjalnym potraktowaniem dwóch głównych filarów ze względu na lokalne warunki. Żądał również, aby pomost sprawiał wrażenie wnikania w głąb wzgórza na obu końcach. Żeby osiągnąć ten cel, musieliśmy zaprojektować bardzo specyficzne przyczółki, wąską dolną część i szeroką górną część mającą dokładnie kształt pomostu. Nie wspomnę o ciężkiej pracy związanej z projektowaniem filarów o różnych wymiarach, wzdłużnych i poprzecznych, z połową paneli o lekko wypaczonej powierzchni, aby uzyskać światło i cień; tak, aby



Rys. 13. Wiadukt w Millau

powstałe kształty mogły być budowane przy użyciu rusztowań samowspinających.

Wspominałem, że uniwersytety i szkoły wyższe muszą uczyć klasycznej analizy strukturalnej, aby skutecznie zrozumieć siły i odkształcenia. Ale to nie wystarczy. Jak podkreślał Leonhardt, należy sprzyjać rozwojowi wyobraźni i kreatywności, a także poczucia piękna i elegancji. Oznacza to, że studenci studiów inżynierskich muszą również otrzymać wykształcenie artystyczne, przynajmniej architektoniczne i muszą brać udział w życiu kulturalnym. Przynajmniej w celu ułatwienia przyszłych dyskusji i debat z architektami, właścicielami i społeczeństwem.

Zanim zakończę słowami podziękowania, muszę przeprosić żonę i dzieci, bo mieć za męża i ojca kogoś, kto poświęcił się projektowaniu i budowie mostów, możliwie sprawnemu i eleganckiemu, to nie jest najkrótsza droga do szczęścia.

I muszę podziękować wszystkim tym, którzy mnie kształcili, byli moimi wzorami lub inspiratorami, lub pracowali ze mną w najlepszych warunkach. Ponieważ byłaby to długa lista, wymienię tylko Jacquesa Mathivata, Rogera Lacroix, René Walthera i Jörga Schlaicha, którzy stali się moimi mentorami, a stopniowo przyjaciółmi.

Zakończę oddaniem hołdu Jean-François Kleinowi, który odszedł od nas cztery lata temu po długiej chorobie, pokazaniem Trzeciego Mostu Bosforskiego (rys. 14), którego projekt przygotowaliśmy od białej kartki w ramach konkursu na zaprojektowanie i budowę, rozpoczętego w lutym 2012 r.

Most jest dokładnie taki, jak go sobie wymarzyliśmy, Jean-François i ja, z zasugerowaną przeze mnie koncepcją hybrydową i bardzo eleganckimi wieżami zaprojektowanymi przez Jean-François, które nadają temu mostowi kształt bardzo odmienny od wyglądu klasycznych mostów wiszących, mających bardzo sztywne pylony z ich pionowymi kolumnami. Kształt wybrany ze względu na swoją oryginalność, elegancję, lekkość nadaje temu mostowi majestatyczną siłę.



Rys. 14. Trzeci Most Bosforski w Stambule, w Turcji

\* \* \*

Tekst z języka angielskiego tłumaczył Marco Teichgraber, natomiast Jan Biliszcuk zaproponował tytuł oraz dokonał niezbędnych skrótów i wyboru ilustracji.