

ALEKSANDRA PROKOPSKA¹⁾

JEDNOŚĆ FORMY I KONSTRUKCJI W ARCHITEKTURZE MOSTÓW

STRESZCZENIE. Podniesiona w pracy złożona problematyka projektowania architektury i konstrukcji mostów dotyczy wybranych problemów architektonicznych, konstrukcyjnych oraz metodologicznych. Podjęte analizy i rozważania interdyscyplinarne poparte zostały wybranymi przykładami architektury mostów, które tworząc harmonię z krajobrazem naturalnym i zurbanizowanym, charakteryzują się jednością formy i konstrukcji. W pracy wśród zaprezentowanych przykładów architektury mostów, mosty Calatravy wyróżniają się szczególnie bliskimi człowiekowi, formami organicznymi.

Praca skierowana jest do przedstawicieli nauki, techniki w tym konstruktorów mostowców, architektów projektantów, teoretyków architektury, prakseologów, metodologów, również przyszłych adeptów sztuki konstrukcyjnej i architektonicznej.

1. WSTĘP

Złożony, interdyscyplinarny problem jedności formy i konstrukcji w architekturze mostów wymaga posłużenia się odmiennymi pojęciami języka: sztuki, architektury, techniki oraz metodologii w tym metodologii projektowania. Język architektoniczny, z natury rzeczy posługuje się pojęciami nieostrymi sztuki i humanistyki oraz jednoznacznymi pojęciami techniki, w tym techniki budowlanej. Potrzeba projektowania architektury, jako sztuki harmonijnego kształtowania przestrzeni wynika z potrzeb natury ludzkiej. Współcześnie części konstrukcyjne nie zawsze są

¹⁾ dr hab. inż. – profesor Politechniki Rzeszowskiej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

postrzegane jako części składowe formy, np. formy mostu. Prezentowany fragmentarycznie w pracy współczesny język metodologii projektowania odnosi się do problemów konstrukcyjnych i architektonicznych. Według jednego z pierwszych polskich metodologów, konstruktora i mostowca prof. Wasiutyńskiego, teoria architektury [1] odnoszona do mostów ma różne stopnie ogólności. Ten metodologiczny punkt widzenia ma szczególne znaczenie w podjętym temacie jedności formy i konstrukcji w architekturze mostów. Z. Wasiutyński przedstawia to metodologiczne zróżnicowanie pojęć następująco: „są twierdzenia szczegółowe dotyczące budowy mostów przykładowo żelbetowych czy stalowych, twierdzenia dotyczące budowy wszelkich mostów, również twierdzenia ogólniejsze dotyczące sposobów projektowania wszelkich wytworów ludzkich” [1, 2]. Wartościom i problemom uniwersalnego języka pojęć metodologii projektowania, ułatwiającego rozumowanie konstrukcyjne i architektoniczne, poświęcił większość swoich prac naukowych. Wasiutyński w swej pracy poświęconej architekturze mostów [1] pisząc o ekspresji formy mostu, pisze też o „konieczności powstania jednolitej koncepcji zachowującej zasadę całości, realizowanej w jednolitej formie mostu”. Z. Wasiutyński pisząc tak o zasadzie zachowania całości odnosi się wprost do podstawowej definicji systemu, która brzmi: system to pracująca całość. W odniesieniu do problemów architektonicznych system można też określić jako pracującą i funkcjonującą całość. Cytowane powyżej stwierdzenia dotyczą podnoszonego problemu jedności formy i konstrukcji w systemie konstrukcyjnym mostu.

Z metodologicznego i systemowego punktu widzenia, czyli punktu widzenia odnoszącego się do mostu jako całości, forma systemu konstrukcyjnego decyduje o architekturze i konstrukcji mostu. Innymi słowy jedność formy i konstrukcji mostu zachowuje zasadę całości (pracującej całości) i manifestuje się w formie mostu.

Z punktu widzenia współczesnego rozwoju wiedzy i języka pojęć metodologii projektowania dotyczącego wielu dziedzin wiedzy, cytowane stwierdzenia Wasiutyńskiego opisują wartości [1, 2], które przetrwały próbę czasu.

Przedstawiane w pracy przykłady konstrukcji mostowych prezentują jednocześnie osiągnięcia współczesnej sztuki i techniki. Forma przedstawianych konstrukcji mostowych wzbudzająca pozytywne emocje estetyczne związana jest z uzyskaną w tych rozwiązaniach jednością formy architektonicznej i konstrukcji.

Współcześnie w architekturze preferowane są takie drogi myślenia, w których logika i wyobraźnia, racjonalizm i intuicja odgrywają dużą rolę [3 - 10], a zdolność konstruowania musi opierać się na nauczanych w wyczerpującym zakresie podstawach statyki [4]. Pogląd ten jest związany z uznaniem, że statyka określa konstrukcję z bezpośrednimi następstwami w zakresie efektów zastosowanego materiału, a rozsądek i logika muszą stanowić podstawę do wszelkiego projektowania jakichkolwiek przedmiotów, służących nie samym tylko emocjom wizualnym [4, 5, 7]. Jest to pogląd dzisiejszych konstruktorów praktyków, teoretyków oraz architektów opowiadających się za kształtowaniem konstrukcji [4]. Podstawowe wymagania w stosunku do każdej konstrukcji, w tym do konstrukcji mostowej, można określić jednoznacznie i prosto: powinna ona spełniać swoją funkcję bez niebezpieczeństwa zniszczenia.

Ekonomika wymaga jednak, aby konstrukcja miała taką wytrzymałość, by mogła funkcjonować z właściwym marginesem bezpieczeństwa i aby nie ulegała zniszczeniu pod działaniem najbardziej niekorzystnego układu obciążeń, jaki tylko racjonalnie można sobie wyobrazić. Rozumowanie to prowadzi do uznania prymatu konstrukcji nad formą.

Z. Wasiutyński był zwolennikiem tzw. kształtowania konstrukcyjnego mostów na minimum potencjału, minimum zużycia materiałów. Otaczająca nas przyroda, której częścią jesteśmy preferuje podobne rozwiązania. Być może, obserwowane rozumowanie konstrukcyjne w przytaczanych przykładach konstrukcji mostowych doprowadziło do możliwości uzyskania jedności formy i konstrukcji mostu na drodze projektowania formy mostu jako pracującej całości.

2. ESTETYKA FORMY W ARCHITEKTURZE MOSTÓW

Projektantami mostów są przede wszystkim konstruktorzy, natomiast architekci są konsultantami w zakresie formy i estetyki [8, 9]. Przez formę rozumiany jest kształt tworzony zgodnie z uwarunkowaniami materiału z jakiego most powstaje.

Analizę jedności formy i konstrukcji w architekturze mostów można rozpatrywać rozpoczynając od analizy złożonej problematyki estetyki formy. Klasyczne poglądy dotyczące estetyki²⁾ głosiły, że piękno polega na ładzie i harmonii, na właściwej proporcji i zgodności części [5, 8, 9, 11 - 13]. Owa zgodność części, czyli form częściowych składających się na formę całości, polega na dążeniu do stworzenia w ramach kompozycji formy pewnego ładu określanego wspólnie, jako harmonia i piękno formy architektonicznej.

W architektonicznym procesie projektowym dotyczącym projektowania mostu, projektant uwzględnia w pierwszej fazie tego procesu, istniejące wszechstronne i zróżnicowane uwarunkowania (przestrzenne, techniczne, technologiczne, materiałowe, ekonomiczne itp.) [1, 2, 5, 10 - 14]. Ostatecznie przyjęta i opracowana forma mostu wraz z jego konstrukcją określa jego estetykę.

²⁾ Zasady estetyki klasycznej stały się źródłem i podstawą rozwoju naszej współczesnej estetyki i kultury. Rozważania Leone'a B. Albertiego są odbiciem klasycznych poglądów głoszących, iż piękno polega na ładzie, harmonii, proporcjach i zgodności części [Tatarkiewicz W.: Historia estetyki, t. 3, Warszawa 1991, 380]. Zasady estetyczne w historii rozwoju architektury były związane z rozwojem myśli estetycznej i wartościami uniwersalnymi, które sprawiają, że niektóre dzieła architektury uważamy za wybitne. Z artystycznego, estetycznego punktu widzenia istnieje nieograniczona ilość zróżnicowanych form, które dzielimy na różne typy, zbiory zgodnie z bieżącą potrzebą wypływającą z praktyki projektowania. Formy te zgodnie z zasadami percepcji wzrokowej człowieka i interakcji optycznych skłaniają nas do przeżyć estetycznych. Procesy te mają związek z psychiką człowieka, a ujmując problem ogólniej architektura ma związek z psychologią i psychiką człowieka

Z metodologicznego punktu widzenia całość przestrzenna pracującej konstrukcji mostu może tworzyć formę architektoniczną, w której części nie pozostają wobec siebie w sprzeczności, a wręcz przeciwnie wzajemnie się uzupełniają. Bywa, iż efektem twórczego procesu projektowego jest most żelbetowy lub stalowy, który nie gubi nadanych mu w pierwszej, wstępnej fazie procesu projektowego, założeń przestrzennych i wartości estetycznych. Często problem ten dotyczy i rozstrzygany jest w fazie szkiców architektonicznych [8, 11]. Podejście to jest stosowane przez współczesnych konstruktorów i architektów mniej lub bardziej konsekwentnie. Można je odnaleźć lub/i odczytać w przytaczanych przykładach konstrukcji mostowych Santiago Calatravy.

Z punktu widzenia istniejącej wiedzy konstrukcyjnej statyka jest nauką, która może doprowadzić do wielu jednakowo poprawnych formalnie i konstrukcyjnie rozwiązań. W ten sposób powstaje teoretyczny i praktyczny problem oraz pytanie: jak wybrać między nimi, czyli między formą, a formą?

Z. Wasiutyński [1, 2] twierdził, że pojęcie formy odnosi się zarówno do przedmiotów dostrzegalnych tylko przez rozumowanie, jak i do przedmiotów materialnych, widzialnych i dotykalnych. Ten metodolog, jako konstruktor mostów wskazywał też, że pojęcie formy powinno być wypisane w nagłówku wszystkich zestawień, kategorii i zbiorów, porządkujących pojęcia podstawowe i konstrukcyjne poznania.

W architekturze i metodologii forma dotycząca całości architektonicznej pozytywnie odbieranej przez jej użytkowników, określana jest jako forma syntetyczna [10, 11]. Syntetyczna forma architektoniczna lub inaczej całość architektoniczna oznacza, że w rezultacie specyficznych optycznych lub inaczej wzrokowych relacji między częściami, a całością formy architektonicznej nie mamy na ogół wątpliwości, co do tego, że dana część jest częścią właśnie tej a nie innej całości. Nie mamy też wątpliwości, że dana wybrana część formy architektonicznej, jak i całość, zostały zaprojektowane zgodnie z tym samym planem [11, 13].

Konstruktor prof. Waław Zalewski [4] twierdzi, że intuicja projektanta (w tym konstruktora i architekta) znajduje się poza obszarami wiedzy jawnej, nie jest dana z góry czyli a priori. Wartość ta zdobywana jest przez projektantów na bazie istniejącej wiedzy inżynierskiej i wieloletniego doświadczenia projektowego (np. przez zaprojektowanie wielu konstrukcji mostowych).

3. FORMA I KONSTRUKCJA W ARCHITEKTURZE MOSTÓW

Problem formy i konstrukcji w projektowaniu architektury mostów może być analizowany łącznie z wybranymi definicjami pojęcia architektury. Znana definicja architektury, od wielu lat akceptowana i nauczana na wielu uczelniach architektonicznych świata, to definicja amerykańskiego krytyka i historyka architektury współczesnej

Giediona [14]. Brzmi ona: „architektura pozostaje i pozostanie jeszcze długo dziedziną zawieszoną między dwoma biegunami ludzkiego myślenia – obiektywnym i subiektywnym, między różnymi typami nauk ścisłych, w których poznawanie postępuje szybko naprzód, a dotychczas właściwie nieznanym i mało obiektywnie badanym światem intuicji i emocji, do dziś zwanych intuicją i emocją artystyczną”. Rozważania o związkach formy i konstrukcji w architekturze mostów, to również rozważania zawieszane między światem emocji artystycznych i różnymi typami nauk ścisłych dotyczącymi budowania. Cytowana definicja jest aktualna w obszarze problematyki architektury mostów związanej z wiedzą i praktyką różnych typów nauk ścisłych, dotyczy sztuki syntezy problemów nauk ścisłych [11] oraz intuicji i emocji artystycznej.

Jest wiele definicji pojęcia architektury. Pojęcia te wzajemnie się uzupełniają i dopełniają. Jedną ze współczesnych definicji brzmi: architektura jest organizacją przestrzeni życia człowieka³⁾ [7]. Celem każdej przeprawy mostowej jest zwykle polepszenie organizacji przestrzeni życia człowieka i jakości środowiska, w jakim ma powstać most. W projektowaniu architektury i konstrukcji mostów występuje wiele zmiennych czynników, które zgodnie z przytoczoną definicją Giediona [14] można podzielić na zmienne subiektywne i obiektywne. Z punktu widzenia architekta-twórcy, analiza zmiennych subiektywnych, dokonana po uprzedniej analizie potrzeb i możliwości (w tym konstrukcyjnych, technicznych, technologicznych i przestrzennych, środowiskowych np. geologicznych) może prowadzić do kreatywnego powstania idei projektu mostu jako syntezy wiedzy, intuicji i emocji artystycznej. Następnie w architektonicznym procesie projektowania mostu wariantowe rozwiązania form konstrukcji mostu są analizowane, modyfikowane i eliminowane zgodnie z istniejącymi aktualnie możliwościami, wiedzą i sztuką inżynierską⁴⁾.

Najstarsza znana definicja architektury i budownictwa, która odnosi się w sposób szczególny do architektury i konstrukcji mostów została sformułowana przez Witruwiusza [15] w I-szym wieku p.n.e. Ta słynna triada pojęć: *utilitas*, *firmitas*, *venustas* (użyteczność, trwałość, piękno) stanowiła przez wieki podstawę wszelkich rozważań teoretycznych w architekturze. Z definicji tej wywodzi się współczesne przekonanie, że jedność i harmonia, lub też inaczej synteza, owych trzech fundamentalnych czynników: formy, funkcji i konstrukcji stanowi podstawę wartości dzieła architektonicznego.

Z metodologicznego punktu widzenia z definicji architektury Witruwiusza [15] wynika, że proces projektowy można rozpocząć od dowolnie wybranego jednego z trzech wymienionych elementów, współcześnie interpretowanych jako funkcja, konstrukcja,

³⁾ Definicja ta (proekologiczna) jest związana z ograniczoną przestrzenią planety - ekosystemu człowieka [6]

⁴⁾ Giedion w swojej książce [14], z której uczyło się wiele pokoleń architektów pisze iż: „...około 1908 roku metody naukowe i metody artystyczne bezwiednie stały się do siebie podobne.. spostrzegliśmy, że konstrukcja i malarstwo poszukując rozwiązań dawniej nie znanych problemów dotarły do podobnych elementów podstawowych”.

forma. W tak złożonym procesie projektowym ważne jest badanie np. zróżnicowanych powiązań i zależności formy od konstrukcji oraz formy i konstrukcji od przyjętych materiałów, uwarunkowań środowiska, w jakim ona ma być zrealizowana (np. istniejących uformowań przestrzennych, jakości gruntu). O problemach budowania, w tym o potrzebie zachowania proporcji i harmonii, pisał w języku starożytnych pojęć w swym dziele Witruwiusz [15, 16]. Definicja Witruwiusza mimo upływu czasu i istnienia wielu równoległe stosowanych i uznawanych definicji architektury, nie straciła na znaczeniu, odnosi się do problemów architektury współczesnej i również do problemu sztuki syntezy formy i konstrukcji w architekturze mostów. Wynika z niej m.in., że wzajemne wielopłaszczyznowe powiązania pomiędzy wartościami dzieła architektonicznego (np. konstrukcji mostowej) zapewnić mogą jedność jego formy, konstrukcji, funkcji, a przez to również piękno, harmonię kształtu oraz prawidłowe funkcjonowanie [17, 18].

W starożytności, wśród budowniczych nie istniał podział na konstruktora i architekta. Witruwiusz rzymski architekt i budowniczy stawiał pytanie: kto jest powołany do budowania teorii architektonicznych, z natury rzeczy dotyczących również konstrukcji: czy tylko praktyk, który z praktyki wyprowadzi ogólną teorię, czy teoretyk, który umie operować poprawnie pojęciami i swą ogólną teorię zastosuje do praktyki, czy może teoretyk sztuki, esteta [17]? Współcześnie wiedza teoretyczna (know-that) i wiedza praktyczna (know-how) nieustannie się uzupełniają, pozostają często w praktyce, w procesach projektowych we wzajemnych zależnościach, w tym w sprzężeniach zwrotnych [19]. Dzieje się tak przy realizacji wielu konstrukcji w tym przedstawianych mostów.

Synteza formy i konstrukcji, w projektowaniu architektury mostów osiągana jest czasem przez syntezę części pozostających wobec siebie w zróżnicowanych zależnościach technicznych, wytrzymałościowych, konstrukcyjnych, w tym plastycznych i systemowych. Prawidłowość ta dotyczy budowli mostowych, których architekturę określa się jako architekturę organiczną. Cechą systemu naturalnego żywego (czyli organizmu) lub też systemu projektowanego o cechach organicznych jest ów integracyjny, całościowy aspekt prowadzący do tego, że całość kontroluje (również pod względem wytrzymałościowym oraz plastycznym) części składowe, podporządkowując je sobie [12, 13], a forma i konstrukcja stanowią jedność pracującą. Kształtowanie i projektowanie konstrukcji mostu wynika ze sztuki syntezy zróżnicowanych, często sprzecznych czynników w estetycznie harmonijną i harmonijnie pracującą całość [20].

4. JEDNOŚĆ FORMY I KONSTRUKCJI W ARCHITEKTURZE MOSTÓW NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH

Każde rozwiązanie architektoniczne jest syntezą wielu czynników [21 - 23]. W przedstawianych przykładach architektury mostów synteza ta doprowadziła do uzyskania jedności formy, konstrukcji, również funkcji.

Przedstawione na rysunku 1 rozwiązanie konstrukcji mostowej, to architektoniczne rozwiązanie przestrzenne pozostające w harmonii z otoczeniem, czyli krajobrazem uznany współcześnie za niezbywalny w realizacji idei zrównoważonego rozwoju⁵⁾. Pełna harmonia formy mostu ze środowiskiem naturalnym, jako kontekstem miejsca widoczna jest w słynnym moście Roberta Mailarta (rys. 1) [14]; most „zawieszony nad przepaścią” utożsamia jedność formy i konstrukcji. Most ten, wybudowany w latach 1926 - 1930 (rozpiętość przęsła 92 m), jest klasycznym przykładem sztuki strukturalnej oraz pięknej i eleganckiej formy użytkowej.



Rys.1. Most Salginatobel, architekt i konstruktor: Robert Mailart [14]
<http://www.schierstourismus.ch/salgina/esalgina.htm>

Fig.1. Salginatobel bridge, architect and construction by Robert Mailart [14]

Jest to także przykład formy architektonicznej bez ozdób; most jest dopełnieniem przestrzeni miejsca i w sensie artystycznym sam jest ozdobą.

R. Mailart jako konstruktor projektując most Salginatobel scalił wartości sztuki i techniki w jedność w formie i konstrukcji. Wielu historyków architektury twierdzi, że konstruktor ten wykazywał wrażliwość i intuicyjne wycucie sił działających na konstrukcję [14].

⁵⁾ We Florencji w 2000 r. (Dz. U. z dnia 29 stycznia 2006 r.) sporządzona i podpisana została Europejska Konwencja Krajobrazowa dotycząca zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska. Celami niniejszej konwencji są: rozwój gospodarki i zatrudnienia, ochrony i planowania krajobrazu, a także organizowanie współpracy europejskiej w/w zakresie. W konwencji tej definiuje się krajobraz jako ważną część jakości życia oraz stwierdza m.in., że krajobraz pełni ważną rolę w publicznych zainteresowaniach dziedzinami kultury, ekologii i sprawami społecznymi oraz stanowi zasób sprzyjający działalności gospodarczej.

Od końca XVIII w, a szczególnie w wieku XIX, wraz z pojawieniem się nowych materiałów budowlanych takich jak stal i żelbet, nastąpił rozwój konstrukcji inżynierskich, obejmujących w tym czasie głównie mosty. W tym czasie w tworzonych systemach konstrukcyjnych dominowała stal. Zwiększano wytrzymałość stali i kształtowano nowe typy profili stalowych, np. w postaci rur o przekroju kołowym lub kwadratowym. Projektowane konstrukcje mostowe pozwalały na logiczne zastosowanie konstrukcji stalowych. Równocześnie przez kilkadziesiąt lat, od czasu wynalezienia cementu portlandzkiego w 1824, rola betonu i żelbetu rosła. W wieku XX, który niósł wiele postaw i tendencji, występuje filozofia strukturalizmu w architekturze i konstrukcji [24 - 26]. W tym czasie powstaje nowy styl architektoniczny „modernizm” i później jego odmiany np. postmodernizm. Nowoczesny styl architektoniczny związany jest głównie z możliwościami kształtowania przestrzennego, jakie przynosi zastosowanie nieustannie doskonalonych współczesnych materiałów (w tym m.in. nowej generacji betonów o unikalnych właściwościach), technik i technologii. Współcześnie beton daje możliwości prawie nieograniczonej wizji plastycznego rzeźbienia architektury, w tym także architektury mostów. Istniejący współcześnie pluralizm postaw twórczych oraz postęp wiedzy i nauki dyktuje zmianę spojrzenia na wiele dziedzin życia, w tym na możliwości projektowania i realizacji konstrukcji mostowych.

Santiago Calatrava-Hiszpan, z wykształcenia konstruktor i architekt należy do niewielu twórców, którym udało się powiązać współczesne osiągnięcia inżynierii z formami organicznymi. Postać Calatravy jest wyjątkowa i łączy trzy profesje: rzeźbiarza, architekta i konstruktora. Calatrava uzyskuje w swoich rozwiązaniach architektonicznych i konstrukcyjnych mostów, jedność formy i konstrukcji [27]. Obserwuje on naturę i poszukuje rozwiązania problemu: jedności formy i konstrukcji w naturze, szczególnie w formach organizmów żywych. Proponuje architekturę organiczną. Calatrava pracuje tak jak pracują rzeźbiarze, a architektura jego mostów dzięki „organicznie” kształtowanym elementom konstrukcyjnym, głównie betonowym często przypominającym np. żebra (rys. 2) wydaje się człowiekowi szczególnie bliska.

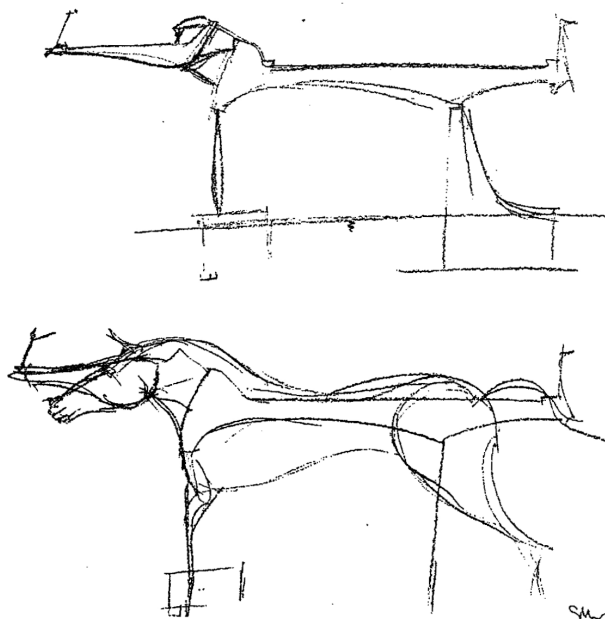
Calatrava swoje projekty rozpoczyna, tak jak wielu architektów, od szkiców odręcznych (rys. 3). Rysuje ptaki, postacie ludzkie, zwierzęta, a nawet naturalnie wyginające się karty otwartej księgi [27]. Szkice odręczne sylwetki konia stały się pierwowzorem dla mostu w Walencji. Calatrava na podstawie szkiców wzorowanych na naturze, a właściwie na podstawie dostrzeżonych w niej fragmentów form, ocenionych jako inspirujące, tworzy odręczny szkic modelu, np. modelu mostu [27]. Następnie model ten urealnia, korzystając z klasycznej wiedzy inżynierskiej, konstrukcyjnej i architektonicznej. Tak powstał most w Barcelonie (rys. 4) [27] i kładka dla pieszych łącząca dwie części miasta Bilbao (rys. 5, 6), tworząc fragment większego założenia urbanistycznego. Rozwiązania te, prezentujące spójność formy i konstrukcji, powstały w fazie wstępnej, na drodze kolejnych analiz i szkiców odręcznych. Twórca ten poszukuje inspiracji i syntetycznej formy w naturze. Rozpoczyna proces projektowy konstrukcji mostowej od przyjęcia określonej w szkicach idei formy. Forma ta stanowi punkt wyjścia do dalszych rozważań projektowych i konstrukcyjnych.



Rys.2. Elementy betonowej konstrukcji dworca kolejowego w Lizbonie (1993-1998), architekt Santiago Calatrava

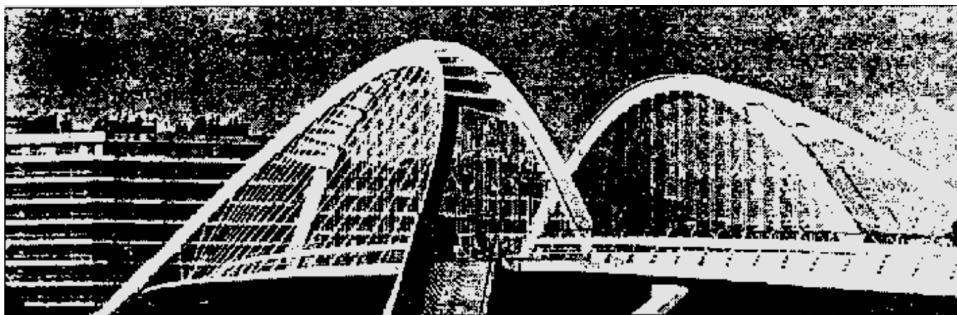
<http://www.galinsky.com/buildings/oriente/index.htm>

Fig.2. Elements of reinforced concrete construction of railway station in Lisbon (1993-1998), architect Santiago Calatrava



Rys.3. Szkice odręczne grzbietu końskiego Santiago Calatravy [27]

Fig.3 Sketchbook horseback drawings by Santiago Calatrava [27]



Rys.4. Most w Barcelonie Santiago Calatravy z początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku to współczesny przykład formy organicznej w architekturze [27]

http://www.greatbuildings.com/buildings/Campo_Volantin_Footbridge.html

Fig.4. Santiago Calatrava's bridge in Barcelona constructed in the early 90s, contemporary example of an organic architectural form [27]

S. Calatrava rysuje te swoje szkice-studia ołówkiem na białym papierze z rozmachem i pewnością. Rysunki odręczne Calatravy przywołują na myśl dziesiątki rysunków odręcznych z procesów projektowych Le Corbusiera, wielkiego twórcy architektury współczesnej. Calatrava podobnie jak Le Corbusier rysuje na szkicu odręcznym pomyslaną już wcześniej ideę formy [7].



Rys.5. Kładka dla pieszych w Bilbao; architekt Santiago Calatrava [28]

http://www.greatbuildings.com/buildings/Campo_Volantin_Footbridge.html

Fig.5. Santiago Calatrava's footbridge in Bilbao [28]



Rys.6. Kładka w Bilbao zrealizowana w konstrukcji żelbetowej [28]
 Fig.6. Reinforced concrete and structural steel construction of a footbridge in Bilbao [28]

Stworzona przez Calatravę forma architektoniczna żelbetowego mostu w Barcelonie (rys. 4) wykazuje podobieństwo do jego szkiców, wzorowanych na formie grzbietu ryby. W realizacjach architektonicznych mostów Calatravy (rys. 5 i 6), często można spotkać smukłe i gęsto rozstawione: elementy żelbetowe lub stalowe. W kładce w Bilbao podpory są żelbetowe. Konstrukcja jest stalowa, oprócz szklanych „cegieł” na pomoście.

Budowle Calatravy zanim stały się profesjonalnymi projektami i realizacjami inżynierskimi były rysowanymi ideami jedności konstrukcji i formy np.:

- kształtem łabędzia w locie (most Ponte d’Austerlitz w Paryżu),
- głową byka (przekrój poprzeczny konstrukcji mostu Puente sobre El Guadaina w Merida, a także most w Sewilli Parnas San Lazaro),
- sylwetką konia (most 9 d’Octubre w Walencji),
- kształtem ryby (most Felipe II w Barcelonie),
- formami gałęzi i konarów drzew (BCE Place Galery w Toronto).

U Calatravy koncepcyjne kształtowanie formy architektonicznej mostu jest sztuką syntezy wielu czynników i wymagań. Należy do architektów poszukujących syntetycznej formy dostosowanej też do krajobrazu (rys. 5 i 6) w jakim powstaje most. Z architektonicznego i konstrukcyjnego punktu widzenia niezwykle interesującym przykładem jedności formy i konstrukcji jest most Barqueta zrealizowany w Sewilli (rys. 7 - 9). W architekturze tego mostu jest wyraźnie widoczne założenie konstrukcyjne narzucające jego formę przestrzenną. Jest to most stalowy łukowy z jazdą dołem, w którym rozpór łuku (siły rozporowe) przenosi pomost. Siły rozpierające łuk

mostu Barqueta w Seville zostały podzielone na dwie podpory, co prezentują rysunki 8 oraz 9. Uznając każde rozwiązanie architektoniczne jako syntezę wielu czynników należy podkreślić, że w prezentowanym przykładzie dynamika rozkładu sił w konstrukcji mostu miała wpływ na ekspresję formy. Most Barqueta jest pracującą konstrukcją, całością przestrzenną, stanowiącą jedność jego formy i konstrukcji. Ten most rozporowy o rozpiętości 168 metrów jest przykładem sztuki strukturalnej, był przedstawiany na Expo 92 (rys. 7 - 9).



Rys.7. Most Barqueta, Sevilla 1998; projektanci: Juan J. Arenas i M.J. Pantalón [29]
Fig.7. Barquet Seville Bridge (1998) designed by Juan J. Arenas and M.J. Pantalón [29]



Rys.8. Most Barqueta, Sevilla 1998 [29]
http://www.arenasing.com/ingles/menu_1/proyectos/p_urbanos/oblatas/informacion.html
Fig.8. Bridge of Barquet, Sevilla 1998 [29]



Rys.9. Most Barqueta w Seville
jako przykład
sztuki strukturalnej [29]
Fig.9. Barquet bridge in Seville
as a structural art example [29]

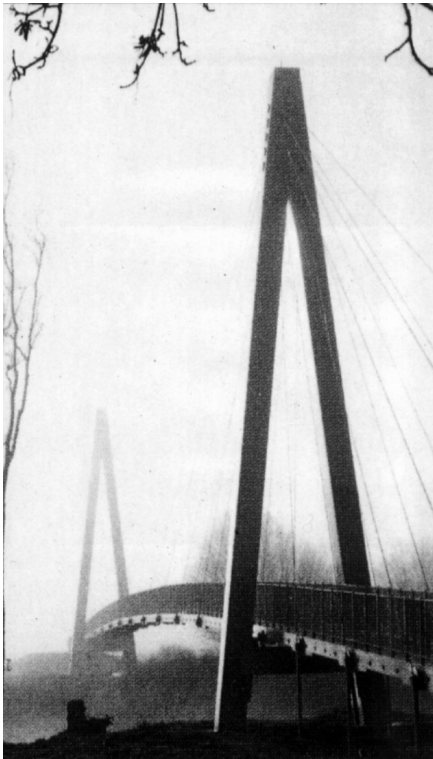
Most w Pamplonie przedstawiany na rysunku 10 prezentuje harmonię kształtu i jedność formy architektonicznej i konstrukcji. Most ten jest budowlą powszechnie akceptowaną przez mieszkańców miasta i odwiedzających, jako tworzącą harmonijną całość z istniejącym wokół środowiskiem-organizmem miasta. Most składa się z łuku żelbetowego, wieszaków stalowych i pomostu wykonanego z betonu sprężonego.



Rys.10. Most w Pamplonie (1992) wpisany harmonijnie w środowisko;
projektant Juan J. Arenas [29]
Fig.10. Bridge in Pamplona (1992) harmonically implanted in the environment
designed by Juan J. Arenas [29]

Szczególnym prototypowym mostem podwieszonym⁶⁾ posiadającym spójną formę architektoniczną prezentującą jedność formy i konstrukcji, jest kładka dla pieszych na polu golfowym w Aberfeld, Szkocja (rys. 11). Jest przykładem romantycznej sztuki architektonicznej, a szczególną jego cechą jest materiał, z którego został zrealizowany, tj. tworzywo sztuczne zbrojone włóknem szklanym. Kładka dla pieszych o szerokości 2 m została zbudowana na terenie prywatnego klubu golfowego, posiada dwa pylony w kształcie litery A, o wysokości 63 m. Twórcą rozwiązania jest grupa specjalistów zajmujących się stosowaniem tworzyw sztucznych (firmy Manusell Structural Plastics). Tą konstrukcję mostową montował zespół studentów V-tego roku, przyszłych konstruktorów.

Mosty z kompozytów są znacznie droższe od stalowych, mimo to w wielu przypadkach ich stosowanie jest opłacalne, gdyż koszt utrzymania mostów zbrojonych,



wzmocnionych kompozytami jest stosunkowo mały. W tym rozwiązaniu relatywnie duże przekroje pylonów są uzależnione od przestrzeni potrzebnej dla rozwiązania obsługi siłowników napinających kable podwieszenia. Realizacja mostu (rys. 11) pozwoliła na wniesienie nowych obserwacji i danych dotyczących bezpieczeństwa kabli kompozytowych i stabilności areodynamicznej, tego typu przyszłościowych konstrukcji. W mostach podwieszonych kable podwieszające pylon i pomost stanowią układy trójkątne geometrycznie niezmiennie. Dlatego pomost w mostach podwieszonych może mieć niedużą wysokość. Być może, że ten konstrukcyjny warunek decyduje w dużym stopniu o spójności formy i konstrukcji mostu w Aberfeldy. Jest to most o przekroju skrzynkowym i długości 120 m wykonany z tworzywa sztucznego na polu golfowym przez rzekę Tay, prototypowa konstrukcja mostowa z użyciem udoskonalonych materiałów kompozytowych.

Rys.11. Kładka piesza na polu golfowym, Aberfeldy, Szkocja 1992

<http://www.ksci.com/frpbridges.html>

Fig.11. Footbridge, Aberfeldy Golf Club, Scotland, 1992

⁶⁾ Mosty podwieszane od mostów wiszących różnią się geometryczną formą kabla [10].

Mosty podwieszane mają kable prostoliniowe. Porównywane są do żaglowców z masztami, stąd nazwa mosty wantowe. Mosty wiszące mają kable o kształcie krzywoliniowym

Łukowy most drogowy w Stanie Ohio, USA, otwarty w 1996 roku jest również rozwiązaniem unikatowym. Zaprojektowany został przez Figg Engineering Group of Tallahassee, Florida [29] i złożony przy pomocy dźwigów na placu budowy z „gotowych” segmentów przestrzennych. W konstrukcji został zastosowany beton sprężony. Rozwiązanie konstrukcji mostowej (rys. 12) nie niszczy organizacji życia zwierząt i przestrzeni Parku Narodowego Ohio (USA), zachowując tożsamość miejsca i przyrody. Jest to przykład racjonalnej dbałości o zachowanie delikatnej równowagi środowiska naturalnego i tzw. zbudowanego. Most tworząc jedność z otaczającym go krajobrazem, chroni bezcenny fragment środowiska naturalnego Parku Narodowego. Most ten jest odpowiedzią na wiele współczesnych problemów ekologicznych. Ten most i mosty wcześniej przedstawiane prezentują jedność formy architektonicznej i konstrukcji.



Rys.12. Most łukowy w Parku Narodowym w stanie Ohio (USA).
Natchez Trace Double Arch Bridge jako przykład rozwiązania ekologicznego
<http://www.flickr.com/photos/thefuntimesguide/66374427>

Fig.12. Arch bridge in Ohio National Park (USA).
Natchez Trace Double Arch Bridge as an example of ecological solution

Skala zmian formy architektonicznej oraz złożoności rozwiązań innowacyjnych współczesnych mostów związana jest z rozwojem wiedzy inżynierskiej, nowymi własnościami materiałów budowlanych (kompozytów) i nieustannie doskonalonymi procesami projektowymi konstrukcji i materiałów.

5. DYSKUSJA I WNIOSKI

Proces projektowania konstrukcyjnego i architektonicznego mostu wraz z nowymi możliwościami projektowania założonych właściwości materiałów, ma znaczący wpływ na uzyskanie jedności formy i konstrukcji w architekturze mostów.

We współczesnej nauce i technice (w tym architekturze i budownictwie) działania racjonalne są wspierane działaniami metodycznymi i metodologicznymi, w tym logistycznymi, a także intuicją projektową, związaną z praktyką i sztuką projektowania.

Z metodologicznego, systemowego i architektonicznego punktu widzenia, przestrzenne części konstrukcyjne mostu to części składowe całościowej formy mostu. Jest tak pod warunkiem, że te przestrzenne części składowe mostu są potrzebne, lub inaczej mówiąc, projektowana całość konstrukcyjna mostu pozbawiona tych części nie pracuje bezpiecznie. Prezentowane w pracy przykłady mostów spełniają ten warunek.

Szczególnym przykładem działań inspirowanych formami natury są działania projektowe Santiago Calatravy, sięgającego zgodnie z intuicją projektową systematycznie i metodycznie przy projektowaniu mostów do form natury, jako zasobu wzorców, lub inaczej fragmentów pierwowzorów. To jak pracuje Calatrava jest zapewne jednym ze sposobów na otrzymanie jedności formy i konstrukcji mostu. Dlatego warto analizować jego procesy projektowe z możliwie wielu punktów widzenia: konstrukcyjnego, systemowego, metodologicznego i architektonicznego. Przedstawiane przykłady jego konstrukcji mostowych, inspirowane w pierwszej fazie procesu, projektowego formami natury, w następnych fazach tego procesu są podporządkowane racjonalnym działaniom, zgodnie ze współczesną wiedzą i sztuką inżynierską. Na tej bazie Calatrava uzyskuje w swej twórczości jedność formy architektonicznej i konstrukcji w innowacyjnych rozwiązaniach konstrukcji mostowych. Formy natury stanowią dla niego źródło inspiracji twórczej w poszukiwaniu nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych i artystycznych. Jego formy konstrukcji mostowych wzorowane na formach organizmów to architektoniczne formy organiczne, a twórczość Calatravy prezentuje architekturę organiczną.

Pojęcie organiczności w architekturze odnosi się do inspiracji organizmami żywymi i dotyczy wzajemnych relacji części, tworzących formę. Ta szczególna organiczna interakcja części tworzących całość architektoniczną, stanowiąc jedność formy i konstrukcji, przypomina wzajemną niezbywalność i współpracę części składowych formy, jak w żywym organizmie. Formy przyrody to formy bez ozdób, bo same są ozdobą, tak jak np. prezentowany most w Salginatobel.

Współcześnie konstrukcje mostowe w większości są kształtowane i wznoszone przy współpracy konstruktora z zespołem interdyscyplinarnym, w tym we współpracy z architektem. Współczesne przeprawy mostowe to zbiorowe dzieła konstruktorów, architektów, technologów, inwestorów. Projektowanie i realizacja tych dzieł polega na racjonalnym i kreatywnym stosowaniu nowych materiałów i wiedzy, w tym szczególnie wiedzy inżynierskiej, technicznej i praw sztuki. Działania takie często podejmowane

są w zgodzie z harmonią postrzeganą w naturze. Prezentowane przykłady przekonują, że projektowanie konstrukcji i architektury mostów powinno być traktowane jako złożony racjonalny, świadomy i zrównoważony proces oparty na analizie realnych potrzeb, wiedzy i możliwości technicznych. Przykłady te pozwalają mieć nadzieję, że architektura mostów XXI wieku, może być realizowana w procesach zrównoważonego rozwoju budownictwa i architektury, w harmonii z naturalnym środowiskiem [11] – jedynym, jakie mamy do dyspozycji.

Mimo, że wystarczająca wiedza do prawidłowego wykonania mostów istnieje, to wiele problemów w tym problemach konstrukcyjnych, architektonicznych, metodologicznych i ekologicznych oczekuje rozwiązań.

Współcześnie godząc się z koniecznością nieustannego rozbudowywania środowiska architektonicznego, którego niezbywalnym elementem są mosty, zrównoważony rozwój budownictwa i architektury i wraz z nim poszukiwanie racjonalnej harmonii ze środowiskiem naturalnym wydaje się możliwą drogą rozwoju i przetrwania. Rozważając wielość problemów, w tym interdyscyplinarność uwarunkowań projektowych konstrukcji mostowych oraz możliwości współczesnej techniki, być może warto zapytać za inżynierem, metodologiem, etykiem i prakseologiem prof. Gasparskim: „Czyżby poszukiwanie w świecie coraz bardziej uświadamianej sobie złożoności techno-społecznej przywoływało na pomoc grecki ideał piękna i dobra (...)?” [17].

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Wasiutyński Z.*: O architekturze mostów. PAN, PWN, Warszawa 1971
- [2] *Wasiutyński Z.*: Pisma. Tom III, Naukoznawstwo, Metodologia techniki. Część 2. Z zagadnień metodologii techniki. PAN, PWN, Warszawa 1981
- [3] *Silviero E., Cecchi A.*: Form and construction in designing of bridges. Structural Engineering International 1/94
- [4] *Zalewski W.*: O wszczęcie nauczania projektowania konstrukcji. Inżynieria i budownictwo, nr 10-12/1989
- [5] *Soltan J.*: Rozmowy o architekturze. Red. Jola Gola, Muzeum Akademii Sztuk Pięknych, Warszawa 1996
- [6] *Collen A., Bazewicz M.*: Podstawy metodologiczne systemów ludzkiej aktywności i informatyki. Wrocław, 1995
- [7] *Prokopska A.*: Morphology of the Architectural Achievement. A methodological analysis of selected morphological systems of the natural and architectural environments. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Systems, Journal of Transdisciplinary Systems Science, 7, 1-2. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej i Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2002

- [8] Łagoda G., Łagoda M.: Aspekt estetyczny kształtowania obiektów mostowych, Drogi i Mosty, nr 1/2004
- [9] Prokopska A.: O aspektach architektoniczno-konstrukcyjnych w twórczości prof. Zbigniewa Wasutyńskiego i prof. Wacława Zalewskiego. Inżynieria i Budownictwo, nr 6/1999
- [10] Jarominiak A.: Mosty podwieszane. Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1997
- [11] Prokopska A.: Methodology of the morphological analysis in architectural creativity. Systems approach to design. Journal of Transdisciplinary Systems Science, Wrocław, 1998
- [12] Prokopska A.: O znaczeniu rysunków karnetowych w twórczości Le Corbusiera. Teka Komisji Urbanistyki i Architektury, PAN, Kraków 2002, 119-123
- [13] Niezabitowski A.: O pojęciu organiczności w architekturze, Sztuka a natura, Katowice 1991
- [14] Giedion S.: Time and Architecture, The Growth of a New Tradition. Harvard College, 1965.
- [15] Witruwiusz (M. Polo Vitruvius – 70 rok I wiek p.n.e.): De Architektura. ed.R. Scheneider, Leipzig 1807 - 1808 (przekład – K. Kumaniecki: O architekturze ksiąg dziesięć. PWN, Warszawa 1957)
- [16] Gasparski W.: In two thousand years. From Vitruvius to Systems Engineering, In Pichler F.(ed.), Proc. of the Fourth European Meeting on Cybernetics and Systems Research.: Hemisfere Publications, Washington 1978, 273 - 283
- [17] Gasparski W.: Względy etyczne w ocenianiu przedmiotów technicznych. Projektowanie i Systemy, t. XVI, Zagadnienia metodologiczne nauk technicznych, Komitet Naukoznawstwa PAN, Warszawa 2000
- [18] Prokopska A.: Znaczenie sztuki syntezy we wstępnej fazie projektowania architektonicznego. Budownictwo ogólne i konstrukcje drewniane Zeszyt Naukowy nr 7, Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska, Łódź (Szkłarska Poręba) 2006
- [19] Wise A. J.: Decyzje w projektowaniu, analiza i wspomaganie sztuki syntezy, Projektowanie i Systemy, tom XI., Zakład Narodowy imienia Ossolińskich, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław-Kraków-Warszawa-Lódź 1990
- [20] Flaga K., Januskiewicz K., Hrabiec A., Cichy-Pazder E.: Estetyka konstrukcji mostowych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005
- [21] Żurawski J.: O budowie formy architektonicznej. Arkady, Warszawa 1973
- [22] Gawłowski T.: O swoistościach teoretycznych i formalnych dwu koncepcji budowy formy architektonicznej. Prace polskich architektów na tle kierunków twórczych w architekturze i urbanistyce w latach 1945-1995. Międzynarodowa Konf. 50-lecia Wydziału Architektury i Politechniki Krakowskiej, Kraków 1995

- [23] *Bąbiński Cz.*: Elementy nauki o projektowaniu. Problemy i metody techniki. WNT, Warszawa 1972
- [24] *Blauberg J. W., Judin E. G., Sadowski W. N.*: Koncepcje systemowe we współczesnej nauce. Problemy metodologii badań systemowych, WNT, Warszawa 1973
- [25] *Hall A. D.*: A methodology for systems engineering. Van Nostrand Reinhold, Englewood Cliffs, New Jersey, USA 1973
- [26] *Dietrych J.*: System i konstrukcja. WNT, Warszawa 1985
- [27] *Kozłowski D.*: Metafory Santiago Calatravy. Cement Polski, styczeń/luty 1999
- [28] *Jodidio Ph.*: Santiago Calatrava. Taschen Verlag 1998.
- [29] Arenas & Asociados. Ingenieria de Diseño, Enero 2000, www.arenasing.com

UNITY OF FORM AND STRUCTURE IN ARCHITECTURE OF BRIDGES

Abstract

The paper concerns the complex subject of architecture and construction of bridges, in particular selected architectural, constructional and methodological problems. The interdisciplinary analyses and considerations are accompanied with the selected examples of the architecture of bridges creating harmony with natural and organized landscape and being simultaneously characterized by the unity of form and construction. From among the presented examples of bridge architecture, the bridges of Calatrava are distinguished by organic forms particularly close to the human being.

This work is directed to those in the field of science and technology, including bridge designers, architects, theoreticians of architecture, praxiologists, methodologists, as well as to future students of the arts of construction and architecture.