

Jolanta Tofil*

FORMA ORGANICZNA KONSTRUKCJI CIĘGNOWEJ MOSTÓW I PRZEKRYĆ – PIĘKNO STRUKTURY NATURALNEJ

THE ORGANIC FORM OF STRING STRUCTURES OF BRIDGES AND ROOFS CONSTRUCTIONS – THE BEAUTY OF NATURE STRUCTURE

According to P. L. Nervi the value of architecture is limited to the advantages of its organism structure. By means of realizing the principles of construction it is the nature who gives us errorless, fascinating, plastic and esthetic forms. As an example string constructions can be given, which are often called suspended structures and can be characterized, by first of all, by highly dynamic and trembling architecture forms. The paper describes the natural beauty of these structures.

*Struktury naturalne stanowią punkt wyjścia
i ostateczny punkt odniesienia wszelkiego
wyobrażenia piękna, chociaż wiemy,
że piękno jest czysto ludzką wartością*
Roger Caillois

Świat przyrody ożywionej i nieożywionej inspiruje nie tylko sztukę, ale także inne dziedziny wiedzy i umiejętności, nie wyłączając nauk ścisłych. Tradycja sięgania po wzorce dostrzeżone w naturze trwa od początków dziejów kultury. W przeszłości, dalszej i bliższej, podobnie jak dziś motywacją tych poszukiwań jest naśladowanie wyglądu tworów naturalnych i ich budowy ale także wzorowanie się zasadami działania sił w naturze.

W dziejach architektury powinowactwo z naturą objawiało się w nader różnych postaciach. Czasy historyczne sięgały po naturalne kształty traktując je jako wątki w zdobnictwie czy ornamentyce elementów budowli. W dobie nowoczesnej, kiedy program artystyczny wspiera purystyczna estetyka odrzucająca ozdobę, natura jest źródłem inspiracji w poszukiwaniach kształtów budowli. Dla podążającej tym samym tropem konstrukcji, poszukującej odpowiedniej idei statycznej, inspiracją stała się praca sił w tworach natury. Odkrywanie tych praw wspierało się na przekonaniu, że budowa form natury ożywionej i nieożywionej jest bardziej doskonała niż tworów ludzkiego umysłu. Dla inżynierii

budowlanej istotne było także to, że prawa rządzące naturą wydawały się być bardziej racjonalne co uzasadniało ich przydatność ze względu na wydajność i ekonomię konstrukcyjnego pomysłu.

Architektów niewątpliwie zachwyca inżynierska „mądrość” tworów przyrody żywej. Choćby wspomnieć todygi kwiatów odchylających się zgodnie z ruchem słońca w ciągu doby. Dzięki postępowi w dziedzinie budownictwa – nowatorskim rozwiązaniom i innowacyjnym materiałom, architektura może stopniowo zbliżać się do doskonałych rozwiązań natury.

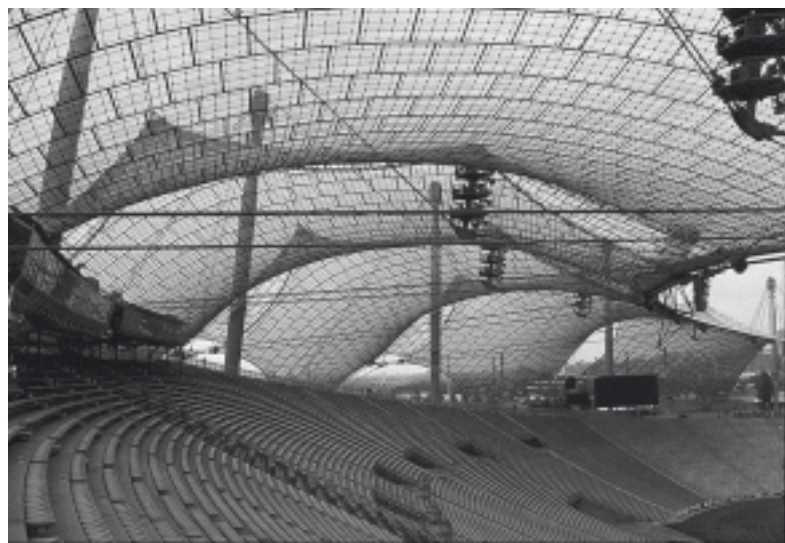
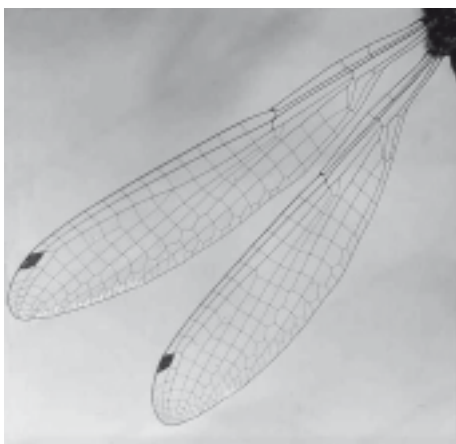
Wiele współczesnych konstrukcji architektonicznych, takich jak: kopuły prętowe, kratownice przestrzenne czy też konstrukcje cięgnowe, odznacza się wielkim podobieństwem do konstrukcji żywych – do wewnętrznej budowy roślin, a także zwierząt. Budowę organizmów żywych cechuje doskonałość określona przez celowość i idealne przystosowanie do środowiska.

W ustrojach biologicznych tworzywo konstrukcyjne i jego układ w tkance kostnej czy roślinnej jest tak dobrany, by uzyskać jak największą wytrzymałość przy najmniejszym ciężarze. Podobnie, w rozwiązaniach budowlanych, inżynierzy dążą do stosowania tych samych generalnych zasad, a więc do uzyskania maksimum nośności przy minimalnej masie – ciężarze własnym konstrukcji oraz do znalezienia takiej formy konstrukcji, która pozwoli na maksimum nośności.

* Tofil Jolanta, dr inż. arch., Politechnika Śląska, Ośrodek Geometrii i Grafiki Inżynierskiej.



1 Kadr Mostu Brooklyńskiego w Nowym Jorku; 2 Układ cięgien w pajęczynie; 3 Skrzydła ważki; 4 Przekrycie stadionu olimpijskiego w Monachium.



W świecie przyrody wszystkie konstrukcje pracują trójwymiarowo – przestrzennie, niezależnie czy jest to pajęczyna, czy skorupa ślimaka. Należy pamiętać, iż, konstrukcje przyrodnicze pracują na rozciąganiu i ściskaniu, elementy zginane występują w przyrodzie bardzo rzadko. Realizując racjonalne zasady działania konstrukcji przyroda „proponuje nam” bezbłędne, fascynujące plastycznie, estetyczne formy. Zaliczyć do nich możemy ustroje cięgnowe, zwane często konstrukcjami wiszącymi, charakteryzujące się nade wszystko dynamiczną, rozedrganą formą architektoniczną. Stwarzają szerokie możliwości projektowania i realizowania konstrukcji o dużych powierzchniach i rozpiętościach. Istotny jest fakt, iż posiadają mały ciężar własny konstrukcji, na co mają wpływ wysoka wytrzymałość materiału oraz fakt, że w przekrojach poprzecznych cięgien występują jedynie naprężenia rozciągające. A jak wiemy, P.L. Nervi twierdził iż wartość architektury sprowadza się do zalet budowy jej organizmu [1].

Widoki mostów [Il.1] i przekryć wiszących o konstrukcjach cięgnowych wydają się być tymi obrazami, w których forma architektoniczna i idea konstrukcyjna niemal w pierwszym spojrzeniu kojarzy się wprost z organicznymi kształtami i ich budową.

Spotykana nieomal codziennie pajęczyna czasem zatrzymuje wzrok z racji urody rozpiętych sieci nitek, które błyszczą w słońcu lub połyskują pośród zatrzymanych na niej kropli deszczu. Nie codziennie w tej organicznej strukturze dostrzega się te elementy jej budowy, które wprost przywodzą na myśl strukturę inżynierską o konstrukcji cięgnowej.

Podobieństwo elementów i ich układu w obydwu przypadkach jest zaskakujące. W pajęczynie jednoznacznie czytelna jest zasada, którą odnajdujemy w wiszącej konstrukcji napiętych cięgien w budowli, cięgien zakotwionych w fundamentach, słupach, pylonach lub innych jej stałych podporach. Najbardziej czytelna jest budowa pajęczyny rozpiętej pomiędzy sąsiadującymi z nią stałymi tworami w płaszczyźnie zbliżonej

do pionowej. Charakterystyczną cechą jest to, że odległości pomiędzy poszczególnymi nitkami są stosunkowo duże. Część tych nitek rozchodzi się promieniście od środka a pozostałe, biegnące dookoła, tworzą z nimi oczka sieci. W tym przypadku uwagę zwraca rysunek powiązania linii-nitek na płaskiej powierzchni. Kształt pajęczyn rozpostartych w poziomie zwykle związany jest ze sposobem zaczepienia, można by powiedzieć zakotwienia, którego celem jest uzyskanie większej sztywności przestrzennej tego naturalnego ustroju. W poziomym ułożeniu nitki pajęczyny mogą być poddane dodatkowemu ugięciu spowodowanemu chociażby ciężarem kropelek rosy. Nie tylko budowa pajęczyny ale także kierunek jej rozpięcia wskazuje wprost na analogie do problemów statycznych, które są rozstrzygane w konstrukcjach wiszących [1.2].

Obserwacja natury wskazuje także pewne powiązania pomiędzy konstrukcją wiszącą bardzo cienkich powłok jednorodnych, a budową błon skrzydeł owadów. Takie powinowactwo ujawnia się w przyjętym określeniu „wiszące przekrycie błonowe”. Podstawowymi elementami tej konstrukcji są maszty, liny i powłoka. Jednym z ciekawszych przykładów, w których zastosowano takie rozwiązanie jest przekrycie obiektów olimpijskich w Monachium. Konstrukcja oparta na sieci linowej wypełnionej panelami z przyciemnionego akrylu, przekrywa tam trybuny stadionu, halę sportową i basen.

Wybrane widoki, kadry tej budowli pozwalają wskazać powinowactwa z formą organiczną [Il.4]. Przekonywującym przykładem wydaje się być budowa skrzydła ważki [Il.3]. Budują je błony rozpięte płasko pomiędzy delikatnym szkieletem. Poszczególne błony wypełniają skrzydło, nieregularne w konturze i układzie szkieletu, tworząc w nim wielokąty o dowolnych kształtach. Przeważnie są to czworokąty i sześciokąty. Taka budowa pozwala wyeliminować dodatkowe ugięcia jego powierzchni.

Układ elementów w strukturach naturalnych, w tkance kostnej czy roślinnej, jest tak dobrany, aby

uzyskać jak największą wytrzymałość przy najmniejszym ciężarze. Wspierając się na zasadach jakiejś podpowiada natura konstrukcje cięgnowe realizują nadrzędne zadania statyczne. Uzyskują one maksimum nośności przy minimalnym ciężarze własnym konstrukcji dzięki formom stosownym dla osiągnięcia takiego celu.

Zaskakująca różnorodność kształtów w naturze i przemawiająca zasada ich budowy wydaje się uzasadniać to, że architektura nowoczesna poszukująca nowych form sięgała do tego źródła inspiracji. Poszukiwała tam podpowiedzi o racjonalności konstrukcji i wzorów kształtu budowli dotychczas nie stosowanych w praktyce budowania. Szkielety promienic wyróżniające się finezją form i ich układów inspirowały ideę kopuł prętowych, którą odkrył Buckminster Fuller [2]. Wybitni konstruktorzy: Pier Luigi Nervi czy Frei Otto, a także konstruktor i architekt zarazem Santiago Calatrava wskazywali naturę jako źródło inspiracji konstrukcji i formy swoich niepowtarzalnych budowli w historii architektury. Frei Otto zaproponował kryteria oceny przydatności form biologicznych oraz możliwości przetransponowania ich dla potrzeb architektury. Jednym z nich jest kryterium zgodności estetycznych wartości form biologicznych z aktualnymi estetyczno-przestrzennymi potrzebami człowieka.

W dobie architektury nowoczesnej pojawiło się określenie „architektura organiczna”. Frank Lloyd Wright mówił o niej: *w architekturze organicznej – „Organic Architecture” jest całkowicie niemożliwe, by rozważać budynek jako jedną rzecz, inną jego urządzenie i układ, i jego otoczenie jako jeszcze inną* [3]. Architektura według niego miała rosnać w harmonii form, kolorów, i materiałów dobranych do otoczenia. Hugo Häring osobistą ideę organiczności tłumaczył nierozdzielalnym związkiem formy budynku i jego funkcji, plan miał być organiczną konsekwencją użyteczności [4]. Każda z tych interpretacji

kieruje uwagę wprost na ścisły związek konstrukcji, funkcji i formy.

Koncepcja architektury organicznej Wrighta dziś kojarzyć się może z badaniami bioniki architektonicznej, która rozeznaje zasady budowy tworów natury i możliwości ich zastosowania w konstrukcji form architektonicznych oraz organizacji przestrzeni uwzględniającej także dbałość o równowagę ekologiczną.

Pomysł, projekt, realizacja, w których ten związek utrzymany jest w stosownej równowadze kojarzy się z budową organiczną, z naturą. Świat zastany jest pojemnym i cennym źródłem praw, reguł i wzorów, na których wspiera się idea struktury organicznej. Ta idea kojarzy się wprost z formą organiczną, z budową kształtów wzorowanych na tworach natury ożywionej i nieożywionej. W architekturze forma organiczna jest punktem odniesienia i źródłem inspiracji. Te inspiracje są czytelne w mostach i przekryciach o konstrukcjach cięgnowych a cechy tej architektury potwierdzają powinowactwo z formami organicznymi.

W definicji sztuki Władysław Tatarkiewicz mówi, że: *sztuka jest odtwarzaniem rzeczy bądź konstruowaniem form...* [5]. Wprowadzone w definicji rozróżnienie Tatarkiewicz wywodzi z odmiennych relacji pomiędzy sztuką i rzeczywistością. Sztuka odtwarza kształty z natury, konstruuje kształty nieznanne w rzeczywistości. W architekturze mostów i przekryć wiążących odtwarzanie rzeczy znajduje wyraz we wskazanych powinowactwach ze światem natury.

Pier Luigi Nervi formułując zasady nowego stylu architektury powstającej w oparciu o postępową konstrukcję nazwał go „stylem prawdy autentycznej”. W swoim referacie wygłoszonym na VI Kongresie Międzynarodowej Unii Architektów w Londynie latem 1961 roku powiedział: *Każdy obiekt o wysokiej sprawności będzie jednocześnie zadowolający pod względem estetycznym* [6].

BIBLIOGRAFIA

W. Addis, *The Art of the Structural Engineer*, Artemis, London 1994.

A. Elliott, *Creating a Beautiful Bridge. Bridge Aesthetics – Around the World*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1991.

P. Harbeson, *Architecture in bridge design. Bridge Aesthetics around the World*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington 1999.

P. Jodidio, *Nowe formy. Architektura lat dziewięćdziesiątych XX wieku*, przeł. M. Motak, Warszawa 1998.

M. Misiągiewicz, *O prezentacji idei architektonicznej*, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2003.

A. Niezabitowski, *Architektura organiczna Hugona Häringa. Doktryna – oddziaływania – analogie*, Gliwice 1991.

J. Sławińska, *Ekspresja sił w nowoczesnej architekturze*, Warszawa 1997.

P. Trzeciak, *Przygody architektury XX wieku*, Nasza Księgarnia, Warszawa 1974.

PRZYPISY

[1] J. Sławińska, *Ekspresja sił w nowoczesnej architekturze*, Warszawa 1997, s. 19.

[2] P. Trzeciak, *Przygody architektury XX wieku*, Nasza Księgarnia, Warszawa 1974, s. 312.

[3] Cytat za: M. Misiągiewicz, *O prezentacji idei architektonicznej*, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2003, s. 109.

[4] A. Niezabitowski, *Architektura organiczna Hugona Häringa. Doktryna – oddziaływania – analogie*, Gliwice 1991 oraz

M. Misiągiewicz, *O prezentacji*, *op. cit.*, Kraków 2003, s. 121.

[5] W. Tatariewicz, *Dzieje sześciu pojęć. Sztuka, piękno, forma, twórczość, odtwórczość, przeżycie estetyczne*, Warszawa 1988, s. 52.

[6] P. Trzeciak, *Przygody*, *op. cit.*, Warszawa 1974, s. 314.