

ARCHITEKTURA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS

ARCHITECTURE

WYDAWNICTWO
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

8-A/2010

ZESZYT 18

ROK 107

ISSUE 18

YEAR 107

ANNA JÓŹWIK*

WPŁYW NOWYCH TECHNOLOGII SZKŁA NA FORMĘ ARCHITEKTONICZNĄ

THE INFLUENCE OF NEW TECHNOLOGY OF GLASS ON ARCHITECTURAL FORM

Streszczenie

Rozwój nowych technologii szkła przynosi swobodę w kształtowaniu współczesnej formy architektonicznej. Obok tradycyjnych brył pojawiają się struktury przestrzenne o dowolnym kształcie. Asymetria, deformacja, fałdowanie to odejście od dotychczasowych kanonów geometrii kartezjańskiej. Większa dowolność to szansa na bardziej indywidualną architekturę, ale także problemy projektowe i realizacyjne dotyczące kształtowania form swobodnych z zastosowaniem szkła.

Słowa kluczowe: szkło, konstrukcje szklane

Abstract

The development of new technology of glass causes the freedom in developing the contemporary architectural form. Besides traditional solids appears freeform spatial structures. Asymmetry, deformation, a folding is resigning from existing canons of Cartesian geometry. A greater freedom is a chance of more individual architecture, but also design and execution problems concerning freeform with application of glass.

Keywords: glass, structural glass

* Mgr inż. Anna Józwick, Katedra Projektowania Konstrukcji, Wydział Architektury, Politechnika Warszawska.

1. Wstęp

Architektura jest kształtowana przez elementy geometrii, które mają właściwości budowania formy architektonicznej. Forma określa wygląd przedmiotu jako jego kształt i układ, dlatego może być ona podstawowym elementem identyfikacyjnym bryły.

Ostatnie dekady charakteryzują się szerokim i różnorodnym użyciem szkła mineralnego. Sprzyja temu intensywny rozwój technologii tego tworzywa budowlanego. „Do urzeczywistnienia dzieła architektonicznego potrzebna jest technika. Dzięki technice przybiera ona swą postać i staje się trwałym wyrazem swego czasu. Technika zawsze wpływała na formę sztuki budowlanej” [1].

Współczesne technologie w przemyśle szklarskim umożliwiają uzyskanie tafli szklanych o niespotykanej dotychczas jakości. Dzięki dodatkowym procesom obróbki można zwiększyć wytrzymałość oraz odporność termiczną szkła. W rozwiązaniach konstrukcyjnych istotną rolę odgrywa również laminowanie szkła, które polega na sklejeniu dwóch lub więcej tafli szklanych za pomocą specjalnych warstw klejących. W chwili obecnej najczęściej jako warstwę klejącą stosuje się folię PVB (poliwinylotbutyralową).

2. Formy budynków ze szkła

Formy budynków ze szkła można podzielić na dwie główne grupy: formy proste i formy swobodne. Formy proste są formami regularnymi i symetrycznymi wobec jednej lub więcej osi. Le Corbusier mówił o sześcianie, stożku, kuli, walcu i ostrosłupie jako o formach do tworzenia najpiękniejszej architektury [2]. Formy proste stały się punktem wyjścia dla wielu współczesnych budynków ze szkła. Można wręcz stwierdzić, że „pudło ze szkła” [3] zdominowało współczesną architekturę.

Obok form prostych pojawiają się jednak formy swobodne, które stanowią przeciwwagę dla „pięknych brył” Le Corbusiera. Formy swobodne są na ogół asymetryczne i nieregularne. Ich powstanie jest wynikiem poszukiwania niekonwencjonalnej formy, której istota polega na dowolności i swobodzie, a nawet celowej deformacji kształtu. W jej odbiorze istotną rolę odgrywa powierzchnia, która tworzy kształt i objętość bryły.

3. Kształtowanie konstrukcji form swobodnych

Zastosowanie szkła w rozwiązaniach konstrukcyjnych stanowi próbę odpowiedzi na postulat Eduardo Torroja, który powiedział: „z konstrukcji należy usunąć cały zbędny materiał” [4]. Choć samo szkło nie jest lekkim materiałem, to konstrukcje z jego użyciem dają wrażenie lekkości i przestronności. Dzięki połączeniu szkła i stali powstają powłoki strukturalne stosowane w elewacjach i przekryciach dachowych. Elementami ściśle konstrukcyjnymi pozostają pręty metalowe łączone w węzłach.

W konstrukcjach strukturalnych osie prętów tworzą siatkę geometryczną. Oczka siatki z reguły wyznaczają podział powierzchni szklanych, który można kształtować o oczkach kwadratowych, rombów lub trójkątnych. Wprowadzenie siatek o oczkach trójkątnych znacznie zwiększa sztywność układu i zapobiega odkształceniom poziomym.

Podstawową ideą przestrzennych konstrukcji prętowych było zastosowanie typowego pręta i węzła. Pozwalało to na automatyzację wytwarzania poszczególnych elementów za tym idzie i na zminimalizowanie kosztów produkcji. W przypadku współczesnych form architektonicznych o zróżnicowanej geometrii i zakrzywionych powierzchniach, zachowanie powyższej idei jest niemożliwe. Komplikuje to znacznie przygotowanie i wykonanie konstrukcji. Proces modelowania odbywa się w specjalnych programach komputerowych, które umożliwiają zoptymalizować poszczególne metalowe i szklane elementy struktury.

4. Przykłady realizacji



II. 1. British Museum w Londynie (źródło: www.fairmontstate.edu)

III. 1. British Museum, London

Znaczącym przykładem formy swobodnej z zastosowaniem szkła jest dach w British Museum w Londynie autorstwa Normana Fostera. Szklane przekrycie dotychczasowego dziedzińca stało się kluczowym elementem przebudowy obiektu zakończonej w 2000 roku. Wprowadzenie zadaszania umożliwiło pozyskać dodatkową powierzchnię użytkową. Dach przekrywa powierzchnię wyznaczoną przez rzut prostokąta o wymiarach 95×74 m, a w najwyższej części znajduje się 26,6 m nad posadzką. Utrudnieniem w modelowaniu geometrii przekrycia dachowego była cylindryczna czytelnia. Zastosowana siatka o oczkach trójkątnych umożliwia przetransponowanie kołowego obwodu rotundy w prostokątne obrzeże ścian. Układ konstrukcyjny tworzy 4878 prę-

tów i 1826 węzłów stalowych oraz 3312 szklanych trójkątów. Do przeszkleń dachu zastosowano szyby zespolone o następującym układzie: zewnętrzna tafla ze szkła hartowanego o grubości 10 mm, przerwa międzyszybowa o grubości 16 mm oraz wewnątrz tafla z laminowana z dwóch warstw szkła float o grubości 6 mm [5].



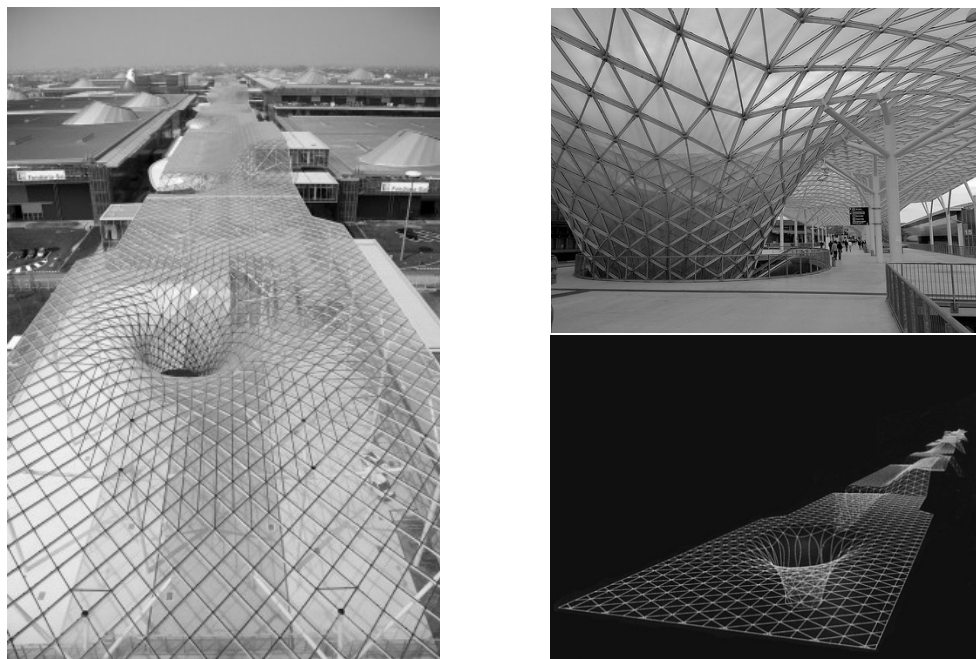
II. 2. Złote Tarasy w Warszawie

III. 2. Złote Tarasy, Warsaw

Podobny typ konstrukcji zastosowano w przekryciu centrum handlowego Złote Tarasy w Warszawie, zaprojektowanym przez biuro architektoniczne Jerde Partnership. Forma szklanego dachu została pomyślana jako metafora do historycznych warszawskich parków. Pofalowana powierzchnia ma nawiązywać do koron drzew widocznych z lotu ptaka. Przekrycie dachowe podtrzymywane jest przez jedenaście słupów nawiązujących wyglądem do drzew. Te ustroje arboralne [3], inspirowane naturą, w kształcie wielogałęziowych podpór, stanowią dopełnienie założeń projektowych. Podstawową zasadą konstrukcyjną tego typu układów jest minimalizowanie wielkości elementów przekrycia przez zwiększenie liczby węzłów podpartych. Sam dach ma powierzchnię 10 500 m² wyznaczaną eliptycznym kształtem o głównych wymiarach 116×110 m. Układ konstrukcyjny tworzy 7123 prętów i 2300 węzłów oraz 4788 trójkątnych szyb. Do przeszkleń dachu zastosowano szyby zespolone o następującym układzie: zewnętrzna tafla ze szkła hartowanego o grubości 8 mm, przerwa międzyszybowa o grubości 16 mm oraz wewnątrz tafla z laminowana z dwóch warstw szkła float o grubości 8 mm [6].

Przez dwa i pół roku, równoległe do prac projektowych, prowadzone były analizy i próby wytrzymałościowe w zmiennych warunkach atmosferycznych i termicznych. Przeprowadzono wiele analiz dotyczących m.in. wpływu opadów atmosferycznych i wiatru, absorpcji i odbijania promieni słonecznych. Dzięki powyższym analizom udało się zaprojektować nie tylko optymalny kształt pofalowania, ale także opracować system pomocny w utrzymaniu i konserwacji przekrycia.

Szczególnym problemem związanym z kształtem dachu było zaleganie śniegu w niektórych jego partiach. Chodziło zarówno o napór ciężaru śniegu na konstrukcję, jak i gromadzenie się w zagłębieniach topniejących warstw. Konieczne okazało się wprowadzenie systemu do ogrzewania dachu, dzięki któremu zalegający śnieg będzie się topił. W tej sytuacji istotne było odpowiednie zaprojektowanie systemu odprowadzania wody z przekrycia dachowego.



II. 3. Milan Trade w Mediolanie (źródło: www.worldarchitecturenews.com)

III. 3. Milan Trade, Milan

Formą swobodną charakteryzuje się pasaż łączący poszczególne hale wystawiennicze na terenie Międzynarodowych Targów w Mediolanie zaprojektowany przez Massimiliano Fuksasa. Głównym założeniem projektowym było stworzenie interesującej przestrzeni dla odwiedzających targi, jako łącznika na głównej osi kompleksu targowego. W wyniku powyższej koncepcji powstało przekrycie szklane, nazwane VELA, o szerokości 30 m i długości 1300 m. Pofalowana płaszczyzna, przechodząca od płaskiej do zakrzywionej powierzchni, jest podtrzymywana, podobnie jak w przypadku Złotych Tarasów, przez ustroje arboralne oraz specjalne struktury w formie przypominającej wulkan. Strukturę dachu ukształtowano przy pomocy 38 000 prętów i 16 500 węzłów. Siatkę tworzą oczka kwadratowe, zagęszczone w niektórych miejscach przez podział na elementy trójkątne. Przeszklenie przekrycia dachowego wykonano z szyb zespolonych o następującym układzie: na zewnątrz szkło hartowane o grubości 8 mm, przerwa międzyszybowa o grubości 16 mm oraz wewnątrz tafla laminowana z dwóch warstw szkła float o grubości 6 mm [7].

Formę swobodną dostrzec można również w budynku BMW Welt (Świat BMW) zlokalizowanym w bezpośrednim sąsiedztwie fabryki produkującej samochody, który zaprojektowano jako wielofunkcyjny obiekt z funkcją ekskluzywnego salonu samochodowego. Niekonwencjonalna forma odzwierciedla charakter biura architektonicznego Coop Himmelb(l)au, w którym powstał projekt budynku BMW Welt. Dynamiczny akcent w bryle stanowią odwrócone do siebie stożki stykające się wierzchołkami. Konstrukcję wyznacza siatka o oczkach trójkątnych.



II. 4. BMW Welt w Monachium (źródło: www.eckelt.at)

III. 4. BMW Welt, Munich

5. Wnioski

Rozwój nowych technologii szkła sprzyja kształtowaniu form swobodnych w architekturze, co podnosi jej atrakcyjność. Dominique Perrault powiedział: „spektakularny budynek to reklama na świat, zachęca to do tworzenia architektury demonstracyjnej, gestykulującej formą. Budynek zdeformowany to jakby współczesne znaki nie tylko miejsca, ale także pewne symbole niespokojnej myśli twórczej i ciągłych poszukiwań i co jest szczególnie istotne poligon sprawdzania możliwości technicznych w ich realizacji”[8].

Literatura

- [1] Siegiel K., *Formy strukturalne w nowoczesnej architekturze*, Arkady, Warszawa 1974.
- [2] Szparkowski Z., *Zasady kształtowania przestrzeni i formy architektonicznej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
- [3] Kuryłowicz S., *Pudło ze szkła*, „Architektura – Murator” 3/2003.
- [4] Obrębski J.B., *Lekkie konstrukcje w budownictwie – rozwój, stan obecny*. „Inżynier Budownictwa” 6/2007.
- [5] Barnes M., Dickson M., *Widespan Roof Structures*, Thomas Telford Ltd, 2000.
- [6] Anderson D., Czajewski Z., Clarke S., Feltham I., Geeson P., Karczmarczyk M., Kent R., Killion D., Kotynia Z., Lewonowski M., Lindsay R., Monypenny P., Murgatroyd Ch., Ojeil J., Orłowski R., Sitko A., Wool F.D., *Złote Tarasy, Warsaw, Poland*, „The Arup Journal” 1/2008.
- [7] Schober H., Kürschner K., Jungjohann H., *Neue Messe Mailand – Netzstruktur und Tragverhalten einer Freiformfläche*. „Stahlbau” 8/2004.
- [8] Rokicki W., *Konstrukcja w aerytycznej architekturze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.