

PRZEMYSŁAW MARKIEWICZ*

KSZTAŁTOWANIE ARCHITEKTONICZNO-PRZESTRZENNE PRZESZKLONYCH STRUKTUR ŚCIAN Z PUNKTOWYM MOCOWANIEM SZYB

ARCHITECTURAL AND SPATIAL DESIGNING OF A NEW TYPES OF GLAZED STRUCTURES WALLS WITH POINT FIXING TECHNOLOGY

Streszczenie

Tematem artykułu jest dynamicznie rozwijająca się technologia punktowego mocowania przeszkleń strukturalnych, związane z nią rozwiązania konstrukcyjne oraz nowe, opracowane przez autora rozwiązania architektoniczno-konstrukcyjne.

W artykule przedstawiono sposoby kształtowania struktur przestrzennych o różnorodnej formie i konstrukcji, umożliwiające realizację powierzchni krzywiznowych przeszklonych elewacji oraz konstrukcji energooszczędnych ścian dwupowłokowych, pełniących jednocześnie funkcję usztywnienia całej struktury konstrukcyjnej budynku.

Słowa kluczowe: konstrukcje prętowo-cięgnowe, strukturalne ściany szklane, punktowe mocowanie przeszkleń

Abstract

Subject of the article concern the developing technology of the point fixing structural glass walls, connected with her construction and new solutions. The author is showing the proposals of new solutions and applications of point fixing structural glass walls technology: in the spatial structure of the curvature walls, in energo-thrifty double walls, in structures stiffening the construction of the whole building.

Keywords: tension-strut constructions, structural glass wall, point-fixing glass

*Dr inż. arch. Przemysław Markiewicz, Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Do symbolu architektury XXI w. zaczynają pretendować budynki, których wyraz architektoniczny tworzony jest przez bezramowe przeszklenia oparte na filigranowych konstrukcjach. Najnowsze technologie budowlane pozwalają na uzyskanie już nieomal pełnej transparentności przeszkleń budynku, dającej wrażenie, że wnętrza płynnie przenikają się z otoczeniem.

Najbardziej zaawansowaną technicznie i jednocześnie podatną na wprowadzanie innowacji technologię przeszklonych ścian osłonowych stanowią ściany z punktowym mocowaniem szyb, w których rama utrzymująca przeszklenie na całym obwodzie została zredukowana jedynie do punktów mocujących tafle szklane w narożnikach.

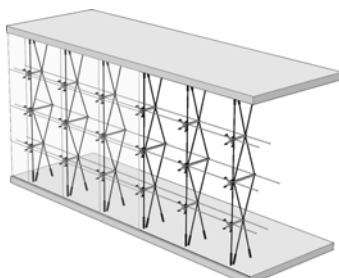
2. Rozwiązania architektoniczno-konstrukcyjne stosowane w technologii punktowego mocowania przeszkleń

Systemy oszklenia z punktowym mocowaniem szyb charakteryzują się przegrodą utworzoną tylko przez szkło. Poszczególne płyty szkła lub termoizolacyjne zestawy szklane mocowane są punktowo i wspornikowo na specjalnych uchwytych-okuciacz (tzw. rotulach). Te natomiast mocowane są do konstrukcji nośnej budynku lub do konstrukcji wsporczej wykonanej specjalnie dla celów przeszklenia. Poszczególne płyty przeszklenia uszczelnione są pomiędzy sobą za pomocą szczeliwa lub specjalnych sznurów uszczelniających. Elewacja budynku w tym systemie jest bezdominantowa – delikatne podziały geometryczne dzielące powierzchnię elewacji na poszczególne płyty szklane są nierozpoznawalne z większej odległości. W przeszkleniu z punktowym mocowaniem szyb stosowane są najczęściej szyby całkowicie przejrzyste.

W konstrukcjach stosowanych jako struktura podtrzymująca mocowane punktowo przeszklenie można wyróżnić kilka odmian:

- **Konstrukcje z lin** to konstrukcje polegające na umieszczeniu elementów mocujących przeszklenie na krzyżujących się, sprężonych linach stalowych.
- **Konstrukcje na słupach** to konstrukcje polegające na umieszczeniu elementów mocujących przeszklenie na sztywnych słupach, najczęściej wykonanych z metalowych profili zamkniętych.
- **Konstrukcje prętowo-ciężnowe** to konstrukcje ze ściskanych prętów i rozciąganych ciężarów napinających, przenoszących siły parcia–ssania wiatru oraz siły obciążeń własnych przegrody. Ciężary pracujące na rozciąganie mogą być wykonane z naprężanych wstępnie stalowych linek lub z niewymagających wstępnego sprężenia prętów stalowych.
- **Konstrukcje na słupach w formie szklanych żeber** to konstrukcje, w których słupy w celu uzyskania maksymalnej przejrzystości ściany osłonowej są wykonane ze szkła. Konstrukcje tego typu są zwykle podwieszane do konstrukcji znajdujących się powyżej nich.

Wymienione konstrukcje kształtowane są zazwyczaj w taki sposób, że elementy składowe usytuowane są w jednej prostopadłej do elewacji płaszczyźnie jako odpowiednik słupów lub dźwigarów. W celu usztywnienia w kierunku prostopadłym stosuje się dodatkowe ciężary łączące elementy sąsiednie.



Ryc. 1. Przykład konstrukcji z prostopadłych do elewacji płaskich ustrojów prętowo-ciężnowych
 Fig. 1. The example of tension-strut construction made from flat systems perpendicular to the elevation

3. Autorskie propozycje rozwojowe dla technologii punktowego mocowania przeszkleń

Proponowane rozwiązania polegają na zastąpieniu wielu płaskich układów konstrukcyjnych strukturami przestrzennymi, złożonymi z powtarzalnych modułów o kształcie wielościanów foremnych. Prezentowane systemy konstrukcyjne zostały opracowane przez autora w wyniku przekształceń geometryczno-konstrukcyjnych odpowiednich form struktur przestrzennych.

3.1. Konstrukcje przestrzenne dla ścian o powierzchniach krzywiznowych

Formy architektoniczne z powierzchniami krzywiznowymi często projektowane są jako przeszklone ściany osłonowe. Tradycyjne przeszklenia, gdy szkło osadzone jest w ramach, są w takich zastosowaniach bardzo skomplikowane technicznie. Technologia szklenia bezramowego z punktowym mocowaniem przeszklania umożliwia znacznie prostsze rozwiązania techniczne.

Rozwiązania konstrukcyjno-budowlane umożliwiające realizację struktur przestrzennych dla różnego typu powierzchni krzywiznowych oparte zostały na module elementarnym o kształcie czworościanu foremnego.

W opracowanej przez autora strukturze prętowo-ciężnowej w przestrzeni połączonych modułów opartych na czworościanie foremnym znajdują się naprzemiennie prostopadłe do siebie pręty ściskane, zapewniające sztywność przestrzenną konstrukcji. Zewnętrzne węzły tych prętów połączone są ze sprężonymi ciężnami tworzącymi przestrzenny pas konstrukcyjny.

Proponowana konstrukcja prętowo-ciężnowa oparta na pasmowym połączeniu czworościanów foremnych jest strukturą o znacznie większej sztywności i stabilności niż układy prętowo-ciężnowe stosowane w jednej płaszczyźnie. Struktura ta, dzięki swoim właściwościom geometryczno-konstrukcyjnym, umożliwia zastosowanie w konstrukcjach przeszkleń krzywiznowych przy jednoczesnym zachowaniu usztywnienia struktury w kierunku poziomym i pionowym.

Na rycinie 2 przedstawiono przykład ściany o kształcie figury obrotowej, a więc o wygięciu elewacji zarówno w płaszczyźnie pionowej, jak i poziomej, z zastosowanymi



Ryc. 2. Struktura przestrzenna ściany krzywiznowej oparta na module z czworościanu foremnego
Fig. 2. The spatial structure of the curvature wall leaning on the regular tetrahedron

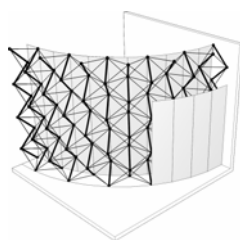
powtarzalnymi pasmowymi strukturami pionowymi. Osie skrętu poszczególnych modułów stanowią ściskane pręty poziome usytuowane równoległe do siebie na całej wysokości. Kąt wygięcia pomiędzy poszczególnymi modułami struktury może być zmienny dla każdego z połączeń pomiędzy pojedynczymi modułami.

Proponowana struktura konstrukcyjna oparta na pasmowym połączeniu czworościanów foremnych umożliwia, w zależności od przyjętej zasady geometrycznej, utworzenie konstrukcji wsporczych, m.in. dla następujących kształtów przeszklonych elewacji krzywiznowych:

- powierzchni obrotowych,
- powierzchni prostokreślnych (np. powierzchni konoidalnych),
- powierzchni opartych na helikoidzie,
- kopuł,
- powierzchni nieregularnych.

3.2. Konstrukcyjne struktury całopowierzchniowe

Zestawienie oddzielonych od siebie pasmowych struktur przestrzennych w jedną całopowierzchniową strukturę prętowo-cięgnową jeszcze bardziej polepsza właściwości konstrukcyjne, w szczególności dla przeszkleń na krzywiznach.



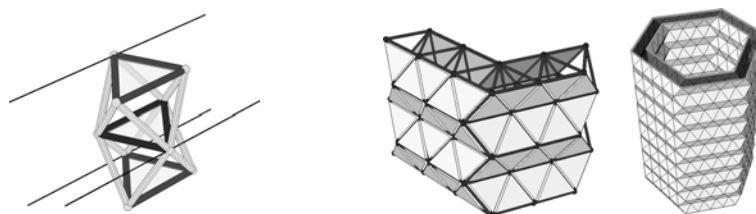
Ryc. 3. Przykład struktury całopowierzchniowej
Fig. 3. The example of the whole-surface structure

Prętowo-cięgnowe struktury całopowierzchniowe ze względu na swoje właściwości konstrukcyjne mogą być zastosowane jako konstrukcja wsporcza w energooszczędnych ścianach dwupowłokowych.

3.3. Konstrukcje usztywniające

W dotychczasowych realizacjach konstrukcje przeszklonych ścian osłonowych miały najczęściej za zadanie jedynie przenoszenie obciążeń własnych i obciążeń wywołanych wiatrem. Realizowane konstrukcje nośne ścian osłonowych są w związku z tym o kilka rzędów słabsze niż konstrukcje pracujące w ustroju konstrukcyjnym całego budynku.

Specyfika systemów konstrukcyjnych stosowanych w technologii punktowego mocowania przeszkleń umożliwia rozszerzenie zakresu stosowania tej technologii poza funkcję ściany osłonowej. Wiązary kratowe o układzie poziomym, pionowym czy całopłaszczyznowym, powiązane i sprężone ze sobą cięgnami stalowymi, mogą być łatwo powiązane z konstrukcją całego budynku. Przestrzenne struktury nośne umożliwiają bowiem różnorodne systemy powłokowego usztywnienia struktury całego budynku, w których konstrukcja nośna przeszkleń jest włączana jako hierarchiczny element składowy ustroju konstrukcyjnego całego budynku.

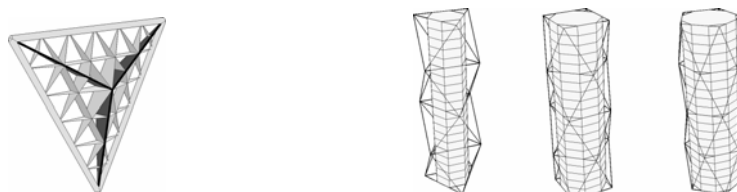


Ryc. 4. Konstrukcja usztywniająca z ośmiościanów foremnych
Fig. 4. The stiffening construction from regular octahedral

Jedną z najsztyniejszych form skratowania elementów prętowych jest struktura krystaliczna. Składa się ona z prętów o jednakowych długościach, które umieszczone są wzdłuż krawędzi ośmiościanu foremnego. Struktura prętowo-ciężnowa, proponowana jako układ usztywniający, oparta jest na module elementarnym utworzonym przez ośmiościan foremny, tworzący poprzez zwielokrotnienie bardzo sztywny układ przestrzenny. Ściskane pręty są zestawione w trójkąty opisujące rdzeń przestrzennej struktury słupa. Na kolejnych sąsiadujących ze sobą poziomach konstrukcji trójkąty te są skręcone względem siebie o kąt wynoszący 45° .

Konstrukcja prętowo-ciężnowa, oparta na połączeniu w strukturę przestrzenną ośmiościanów foremnych, ma zastosowanie w charakterze powłokowych konstrukcji usztywniających dla budynków wysokich. Właściwości proponowanych struktur przestrzennych pozwalają na włączenie ich jako jednego z poziomów w hierarchicznie zaprojektowanej konstrukcji całego budynku.

Przy większych polach wyznaczonych przez konstrukcję główną, kiedy pola te obejmują wysokość kilku kondygnacji, można zastosować drugorzędowe wypełniające konstrukcje prętowo-ciężnowe, dzielące podstawowy trójkąt na mniejsze trójkąty równoboczne. Poziome i ukośne pasy konstrukcji prętowo-ciężnowych tworzą w takim przypadku rozszerzającą się ku środkowi strukturę pryzmatyczną (ryc. 5).



Ryc. 5. Pojedynczy trójkątny moduł tworzący powłokową konstrukcję usztywniającą budynków wysokich

Fig. 5. The stiffening coating construction of high buildings

4. Podsumowanie

Proponowane systemy konstrukcyjne mogą być zastosowane w projektowaniu różnorodnych form struktur przeszklonych ścian z punktowym mocowaniem szyb. Struktury przestrzenne realizowane za pomocą tych systemów mogą uzyskać indywidualne i interesujące formy architektoniczne. Zaprezentowane rozwiązania stanowią zestaw propozycji rozwojowych dla jednej z najnowszych współczesnych technologii budowlanych – technologii punkowego mocowania przeszkleń. Proponowane rozwiązania lub rozwiązania do nich zbliżone z pewnością będą realizowane w perspektywie najbliższych lat. Aby jednak mogło do tego dojść, potrzebne będzie sprzężenie trzech elementów: architekta, który swoją wizję projektową zacznie opracowywać do realizacji, koncernu–producenta zdolnego opracować i wdrożyć do stosowania nowatorskie rozwiązania techniczne oraz inwestora z dużym kapitałem, oczekującego, w celu podniesienia własnego prestiżu, takiej realizacji, która wyprzedza technologicznie swój czas.

Wszystkie proponowane rozwiązania to rozwiązania studialne i koncepcyjne. Zanim zostaną one zastosowane w realizacjach architektoniczno-budowlanych muszą być poddane wielu dalszym złożonym analizom statycznym, dynamicznym oraz innym badaniom w celu bezpiecznego i ekonomicznego zrealizowania konstrukcji.

Literatura

- [1] *Building Skins – concepts, layers, materials*, praca zbiorowa, Institut für Internationale Architektur Dokumentation, Edition Detail, Monachium 2001.
- [2] Charleston A., *Structure as Architecture*, A Source Book for Architects and Structural Engineers, Elsevier 2005.
- [3] Compagno A., *Intelligent Glass Façades*, Birkhauser, 1995.
- [4] Macdonald A., *Structure and Architecture*, Architectural Press, wyd. II, 2001.
- [5] Pawłowski Z.P., *Budynki wysokie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- [6] Rębielak J., *Prymatyczne struktury przestrzenne jako systemy konstrukcyjne budynków wysokich*, Architectus nr 1-2, 2003.
- [7] Rębielak J., *Tension-strut systems shaped on basis of triangular-hexagonal grid*, Politechnika Wrocławska, Zakład Konstrukcji i Budownictwa Ogólnego.
- [8] Rębielak J., *Shaping of space structures*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2005.
- [9] Rice P., Dutton H., *Structural glass*, Spon Press, Londyn–Nowy Jork 2005.
- [10] Sobek W., Schittich C., Staib G., Balkow D., Schuler M., *Glasbau Atlas*, Institut für Internationale Architektur Dokumentation, Edition Detail, Monachium 1998.
- [11] Sobek W., Kutterer M., *Konstruieren mit glas – festigkeit und trakverhalten*, Monachium 1998.
- [12] *Stahlbau Atlas*, praca zbiorowa, Institut für Internationale Architektur Dokumentation, Edition Detail, Monachium 1998.
- [13] Vollers K.J., *Twist & Build, creating non-orthogonal architecture*, 010 Publishers, Rotterdam 2001.
- [14] Vollers K.J., *Framing Systems for Façades of Non-Standard Geometry*, materiały konferencji „Glass Processing Days 2005”.