

Janusz Rębielak

Pryzmatyczne struktury przestrzenne jako systemy konstrukcyjne budynków wysokich

Struktury przestrzenne, dzięki swym korzystnym własnościom konstrukcyjnym, technologicznym oraz dużej swobodzie kształtowania, znajdują wiele zastosowań w architekturze i budownictwie [5], [9]. Nowoczesne rodzaje systemów konstrukcyjnych budynków wysokich, w postaci np. powłok ramowych, są wykonywane jako konstrukcje stalowe, żelbetowe lub stalowo-żelbetowe. Zostały one wprowadzone do praktyki inżynierskiej długo po zakończeniu drugiej wojny światowej i bazowały na osiągnięciach techniki lotniczej z tego okresu. Atak terrorystyczny na USA 11 września 2001 r. i katastrofy

wież *World Trade Center* w Nowym Jorku spowodowały nieco inne wymagania co do sposobów projektowania systemów konstrukcyjnych budynków wysokich. Głównymi zadaniami tych systemów pozostaje zapewnienie odpowiednio dużej sztywności całemu budynkowi, przenoszenie na fundament wszystkich rodzajów obciążeń oraz umożliwienie przebywającym tam osobom bezpiecznej ewakuacji w przypadkach nadzwyczajnych [1], [3], [4], [7]–[9], [24], [25]. Niniejszy artykuł zawiera opisy kilku rodzajów takich systemów proponowanych przez autora.

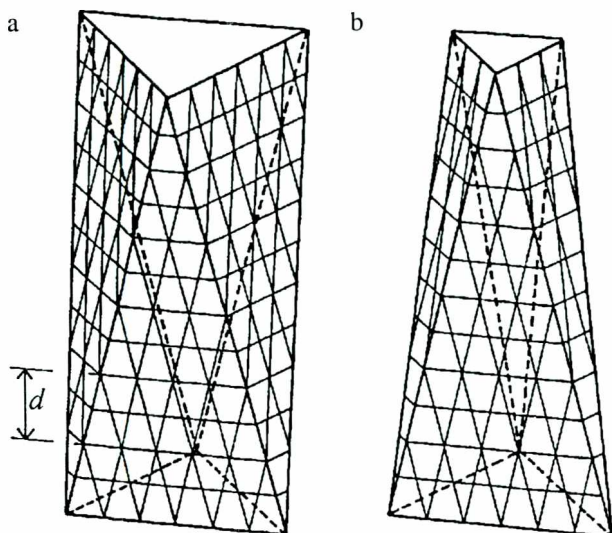
1. Wielościany ramowe

Prętowe struktury przestrzenne mogą być kształtowane w taki sposób, aby mogły pełnić funkcje głównych konstrukcji nośnych budynków wysokich. Sztywność systemów konstrukcyjnych w postaci powłok ramowych jest głównie sumą sztywności węzłów ortogonalnych siatek prętów stosowanych w strukturach usytuowanych pionowo na obwodzie budynku. Odpowiednie rozmieszczenie elementów diagonalnych oraz trzonu wewnętrznego zwiększa znacznie sztywność całego układu.

Trójkątne siatki prętów są ich najbardziej stabilną formą i nie wymagają stosowania węzłów sztywnych. W sposobach kształtowania różnorodnych rodzajów struktur przestrzennych autor stosuje moduły przestrzenne w postaci najprostszych wielościanów [10]–[12]. Są nimi najczęściej czworościan i ośmiościan o ścianach trójkątnych, które mogą być podzielone siatkami trójkątnymi. Jeśli przyjmiemy odpowiednio wydłużoną postać ośmiościanu jako formę budynku wielokondygnacyjnego, to trójkątne siatki prętów umieszczone na jego

ścianach bocznych będą pełniły rolę obwodowej struktury nośnej obiektu. W części centralnej znajduje się pion komunikacyjny, a liczba kondygnacji odpowiada liczbie pasm poziomych takich siatek. W zależności od gęstości siatki trójkątnej odległość między głównymi poziomymi jej odcinkami, oznaczona na ryc. 1a symbolem d , będzie równa wysokości jednej lub większej liczby kondygnacji. Forma podstawowa może ulegać przekształceniom, których przykładowy wynik przedstawiono na ryc. 1b. W tym wypadku gęstości siatek, zarówno na ścianach pionowych, jak i pochyłych są odpowiednio różne. Pręty ukośne tych siatek trójkątnych będą przenosić siły zarówno od obciążeń pionowych, jak i od obciążeń poziomych. Systemy konstrukcyjne budowane w ten sposób określono mianem wielościanu ramowego [15]–[20].

Przykład sposobu kształtowania budynku wysokiego za pomocą tego systemu konstrukcyjnego przedstawia ryc. 2. Za formę podstawową przyjęto zestaw dwóch segmentów, w postaci wydłużonych połówek czternastościana-

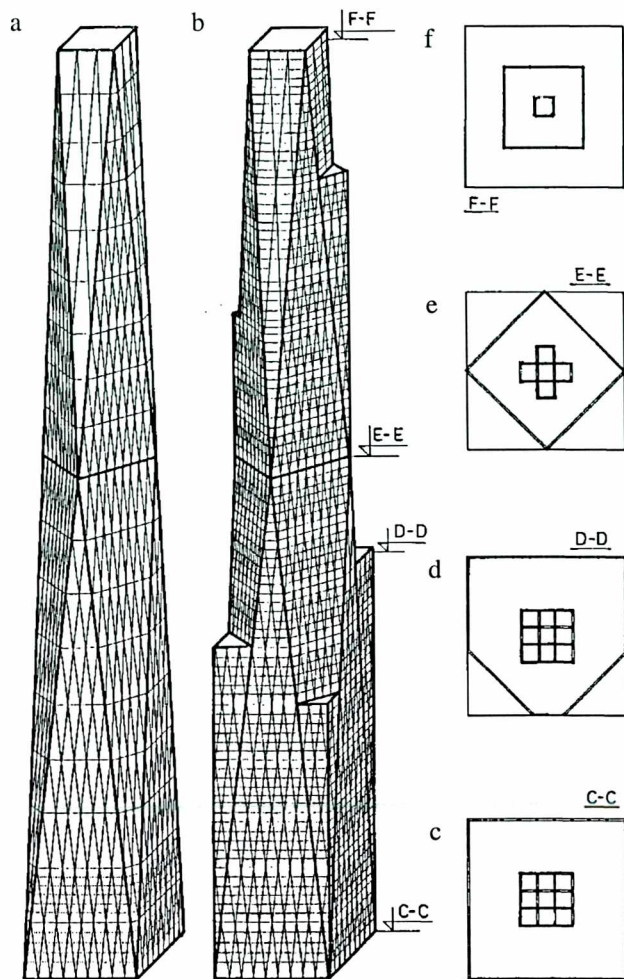


Ryc. 1. Modelowe postacie systemu określanego jako wielościan ramowy

Fig. 1. Model forms of the system described as a framed polyhedron

nu półforemno, o dostosowanych odpowiednio wymiarach i pionowo ustawionych na sobie (ryc. 2a). Oczka siatki trójkątnej na ścianach zewnętrznych są wydłużone w kierunku pionowym, a na ścianach każdego segmentu znajduje się dziewięć rzędów takiej siatki. Jeśli pojedynczy rząd będzie miał wysokość sześciu kondygnacji, to cały budynek może zawierać 108 kondygnacji nadziemnych. Kondygnacja parteru ma wysokość najczęściej większą niż pozostałe.

Ta forma podstawowa może być rozbudowana, np. w sposób przedstawiony na ryc. 2b. Pierwotna bryła budynku została uzupełniona dodatkowymi elementami czworobocznymi, umieszczonymi w narożach każdego z dwóch pionowych segmentów. Wysokości elementów dodatkowych w kolejnych narożach mogą być różne. W przestrzeni wewnętrznej obiektu, między formą podstawową a elementami dodatkowymi, muszą się znajdować elementy konstrukcyjne, usytuowane uprzednio na ścianach pochyłych, jednak gęstości siatek tych prętów mogą być znacznie mniejsze niż gęstości siatek na ścianach zewnętrznych. W części centralnej budynku znajduje się trzon wielokomorowy, zawiera-



Ryc. 2. Kształtowanie formy budynku wysokiego za pomocą systemu konstrukcyjnego w formie wielościanu ramowego

Fig. 2. Shaping of the high-rise building's form using the construction system of the framed polyhedron

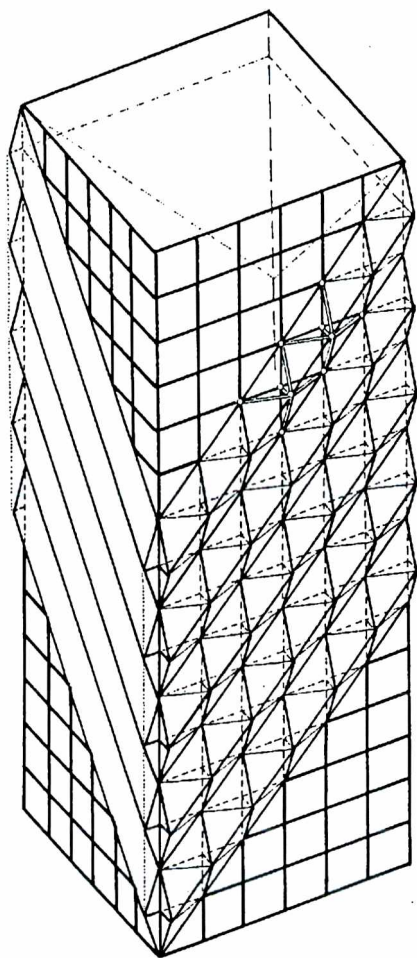
jący pionowe komunikacyjne i instalacyjne oraz współpracujący z obwodową strukturą nośną. Trzon centralny może mieć różne kształty rzutu poziomego zmieniające się na wysokości budynku (ryc. 2c-f). Dzięki tak ukształtowanemu systemowi konstrukcyjnemu budynek osiągając dużą sztywność może jednocześnie uzyskać interesującą i indywidualną formę architektoniczną.

2. Proste formy struktur pryzmatycznych

Konstrukcja budynku może być zaprojektowana w formie dwuwarstwowej struktury przestrzennej, rozmieszczonej pionowo wzdłuż jego obwodu i podzielonej na segmenty, jak to prezentowano we wcześniejszych pracach autora [10]–[19]. W przestrzeniach takich struktur można zaprojektować dodatkowe pionowe komunikacyjne, które mogą być oddzielone od głównych przestrzeni budynku odpowiednimi przegrodami, spełniającymi wymogi ochrony przeciwpożarowej i w niewielkim stopniu ograniczające dostęp światła dziennego do

wymaganej powierzchni użytkowej. Dzięki temu byłaby możliwa ewakuacja osób nie tylko pionami umieszczonymi w trzonie centralnym, lecz także wydzielonymi drogami usytuowanymi na obwodzie budynku. Sztywność konstrukcji jest wprawdzie duża, lecz sama jej postać sprawia, że niektóre jej elementy, zlokalizowane zwłaszcza w narożach poszczególnych segmentów, mogą być poddane działaniu sił o bardzo dużych wartościach.

Studium formowania obwodowych struktur pryzmatycznych przedstawiono na ryc. 3. Pionowa, ortogonal-



Ryc. 3. Studium budowy struktury pryzmatycznej wokół obwodowej struktury nośnej budynku wysokiego o ortogonalnej siatce słupów i rygli

Fig. 3. Study of building the prismatic structure around the circumferential carrying structure of a high-rise building of an orthogonal grid of pillars and spandrel beams

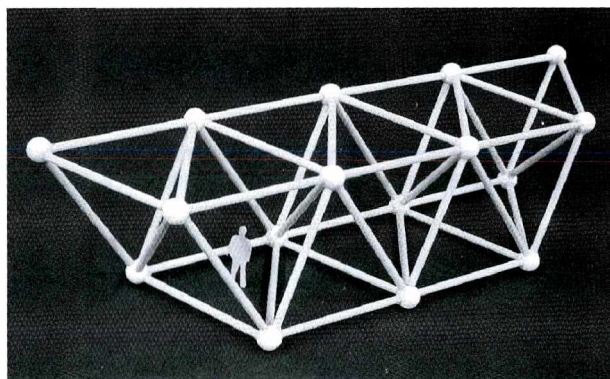
na siatka słupów i rygli może być w wybranych częściach uzupełniona o pręty rozmieszczone poza obwodem typowej kondygnacji przykładowego budynku. W tym wypadku zastosowano układ prętów właściwy dla typowej postaci struktury znanej pod nazwą *square on square*. W jej warstwie zewnętrznej zastąpiono ortogonalną siatkę prętów układem prętów ukośnych, rozmieszczonych w odpowiednich pasmach. Dodatkowe pręty diagonalne są także zlokalizowane w odpowiednich polach pionowych siatek ortogonalnych słupów i rygli, zwiększając znacznie sztywność całego układu. Ukośne pręty warstwy zewnętrznej nie łączą się z sobą w narożnych słupach budynku. Tak ukształtowana konstrukcja nie ma cech struktury o pełnej formule przestrzennej, co sprawia, że jej sztywność w strefach narożnikowych jest mniejsza, jednak dzięki temu można uniknąć nadmiernej koncentracji sił w tych strefach. Ten przykładowy kształt jest spowodowany dążeniem do ogniskowania sił wzdłuż narożnych słupów budynku w płaszczyźnie ortogonalnej siatki słupów i rygli. Strefy narożne mogą być zaprojektowane w nieco odmienny sposób. W pasmach ukośnych takiej struktury można zaprojektować klatki schodowe łączące wzdłuż obwodu kolejne kondygnacje. Węzły tej konstrukcji mogą posłużyć do takiego zamocowania ścian osłonowych, aby ukośne pasy struktur pryzmatycznych nie wyodrębniały się z bryły budynku, ale znajdowały się w jego przestrzeni wewnętrznej. W tym wypadku liczba sposobów aranżacji dróg ewakuacji w wybranych częściach strefy obwodowej budynku znacznie się zwiększa. Budynki o większej smukłości będą dzielone na segmenty o odpowiedniej liczbie kondygnacji, a każdy segment będzie zaprojektowany w sposób podobny do opisanego. Ta prosta forma struktury pryzmatycznej może być zastosowana w procesach modernizacji obiektów istniejących.

3. Inne formy struktur pryzmatycznych

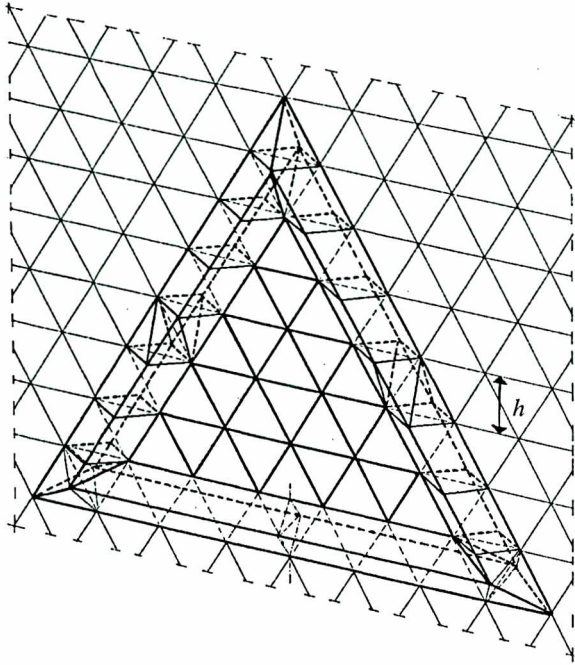
Wielowarstwowe struktury przestrzenne, jeśli są budowane z prętów o długościach co najmniej 4 m, mogą stanowić konstrukcję obiektów mieszkalnych [2]. Jedną z najszywniejszych jest struktura zwana czasami krystaliczną, która jest zbudowana z prętów o jednakowych długościach, umieszczonych wzdłuż krawędzi czworokątnu foremego i ośmiościanu foremego, będących składnikami jej układu brylowego. Model pojedynczego pasma tej struktury przedstawiono na ryc. 4. To samo pasmo, uzupełnione niewielką liczbą prętów, może zawierać elementy komunikacji pionowej obiektu wielokondygnacyjnego.

Proponuje się umieszczanie wybranych pasm takiej struktury przestrzennej wzdłuż krawędzi bocznych trójkątnych ścian budynku wysokiego, np. w sposób przedstawiony na ryc. 5. W tym wypadku centralna część struktury obwodowej ma formę trójkątnej siatki prętów, szerokość zaś pojedynczego jej pasma (h) jest np. wysokością typowej kondygnacji obiektu. Usytuowanie struktury

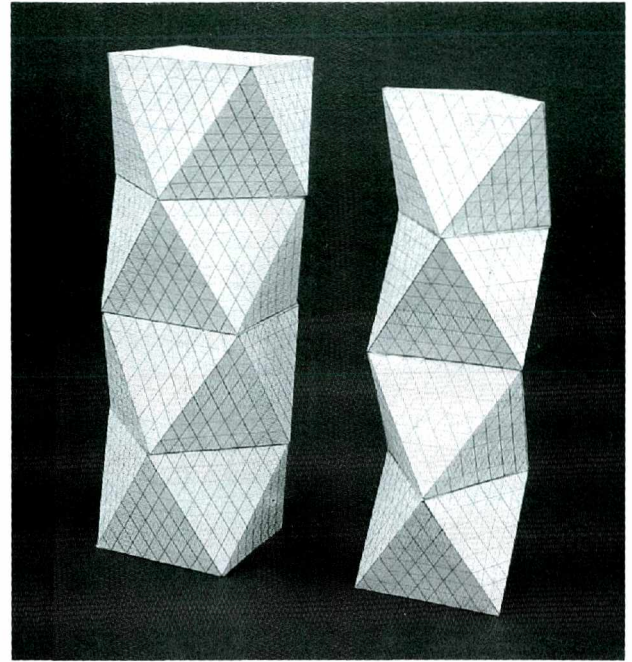
pryzmatycznej wzdłuż krawędzi odpowiednich ścian spowoduje zogniskowanie sił wzdłuż jej głównych prętów krawędziowych, umieszczonych na obwodzie każ-



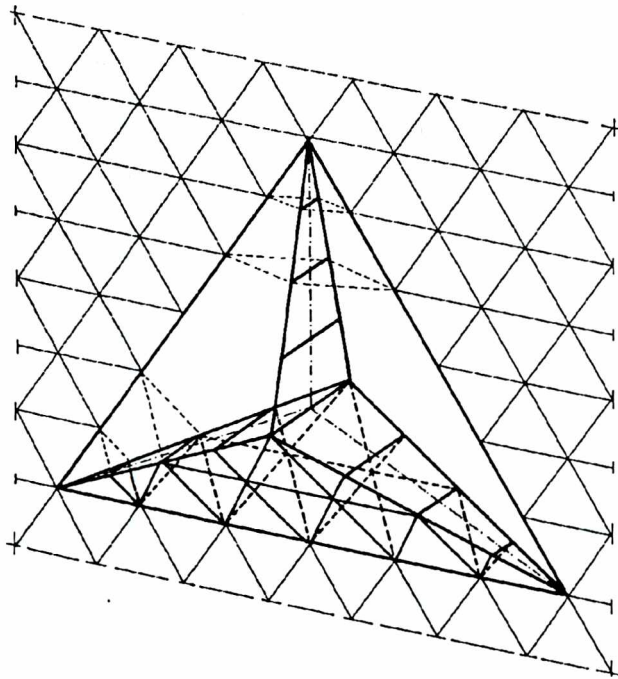
Ryc. 4. Model „mieszkalnej” prętowej struktury przestrzennej
Fig. 4. Model of a „habitable” prismatic structure



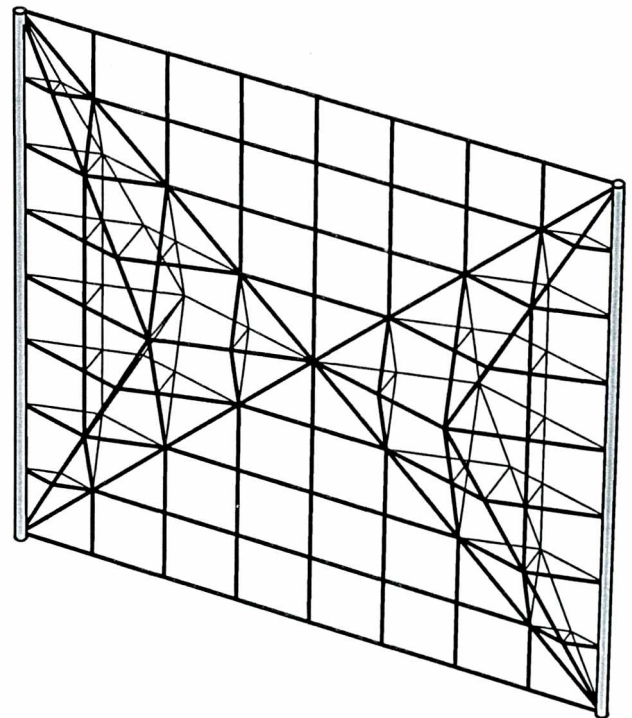
Ryc. 5. Trójkątna postać prostej formy struktury pryzmatycznej
Fig. 5. Triangular shape of a simple form of a prismatic structure



Ryc. 6. Przykłady brył obiektów wysokich o trójkątnych formach ścian bocznych
Fig. 6. Examples of forms of high-rise objects of triangular shapes of the side walls



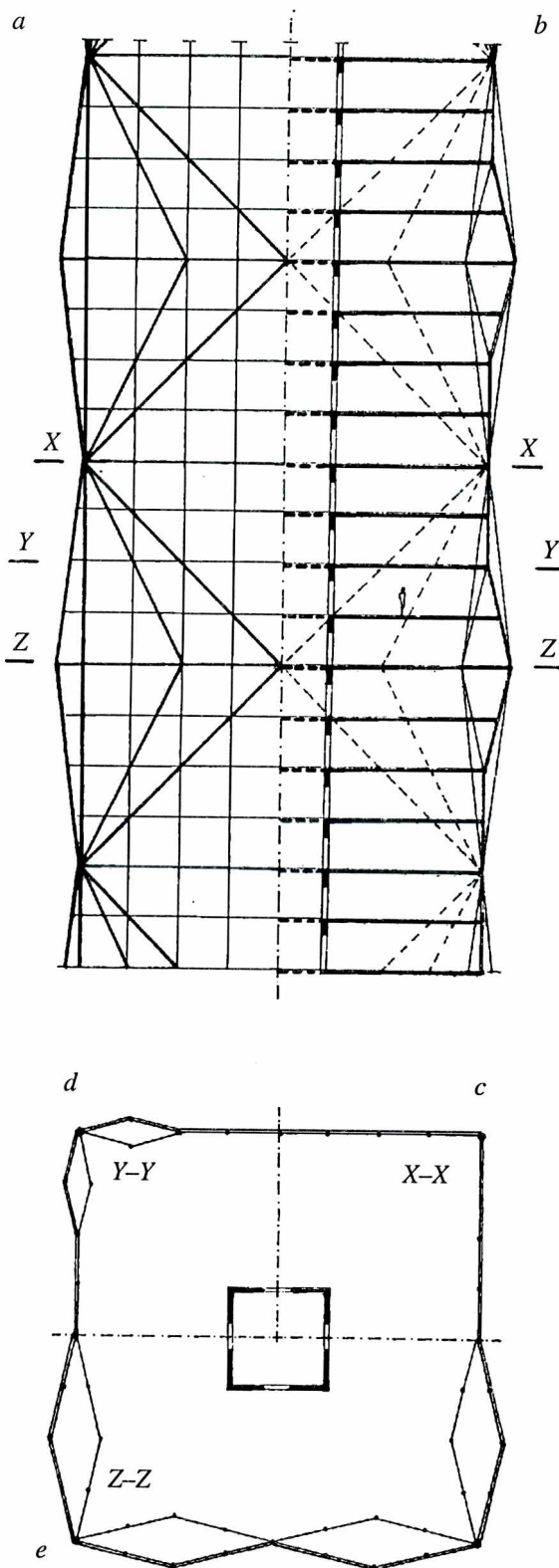
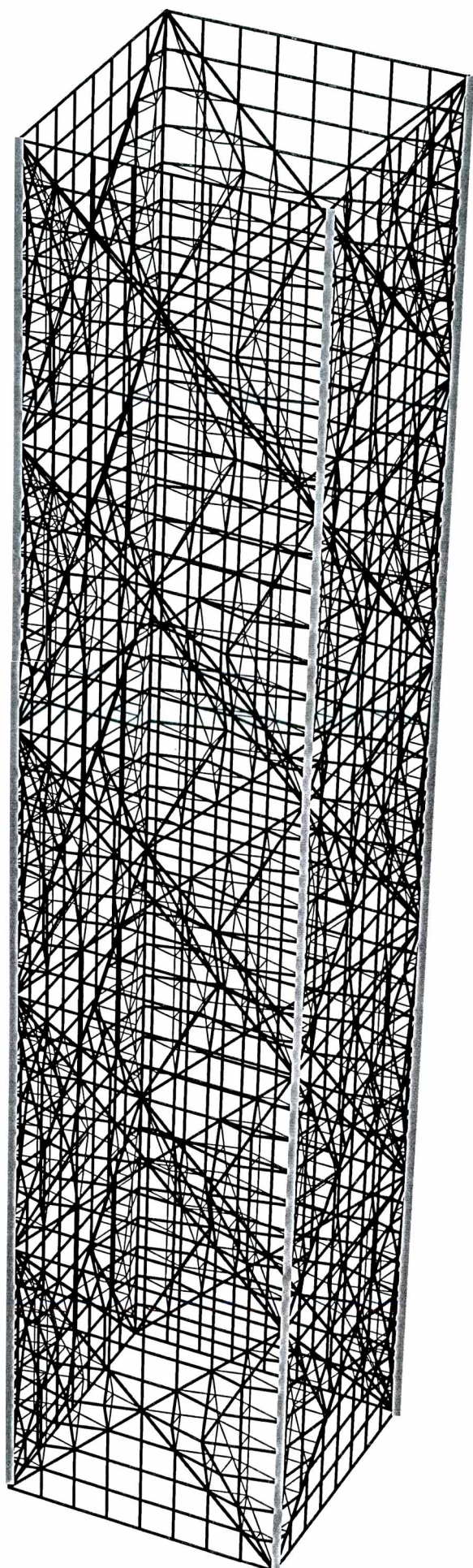
Ryc. 7. Podstawowa forma gwiazdистой struktury pryzmatycznej
Fig. 7. Basic form of a star-shaped prismatic structure



Ryc. 8. Przykładowa lokalizacja dwóch gwiazdистой struktur pryzmatycznych
Fig. 8. Exemplary localization of two star-shaped prismatic structures

dego trójkątnego pola. Sama struktura może być zaprojektowana jako przenikająca częściowo przestrzeń wewnętrzną budynku lub jako konstrukcja umieszczona na zewnątrz jego podstawowej materii. W tej drugiej formie to rozwiązanie techniczne mogłoby znaleźć zastosowanie podczas renowacji istniejących obiektów. Przykła-

dowe formy budynków o trójkątnych ścianach zewnętrznych przedstawiono na rys. 6. Proponowana prosta postać struktury pryzmatycznej może być adaptowana na potrzeby innych kształtów ścian i obwodowych konstrukcji zewnętrznych, np. ścian o formach prostokątnych, z ortogonalnymi siatkami słupów i rygli. Struktury pryzmatycz-



10

Ryciny: 9. Widok perspektywiczny obwodowej struktury nośnej kształtowanej za pomocą wybranych postaci gwiaździstych struktur pryzmatycznych; 10. Schematy: a) elewacji, b) przekroju pionowego, c, d, e) wybranych poziomów budynku wysokiego projektowanego za pomocą proponowanego systemu konstrukcyjnego

Figures: 9. Perspective view of the circumferential carrying structure shaped by chosen forms of star-shaped prismatic structures; 10. Schemes of: a) elevations, b) vertical cross-section, c, d, e) chosen levels of a high-rise building designed according to the proposed construction system

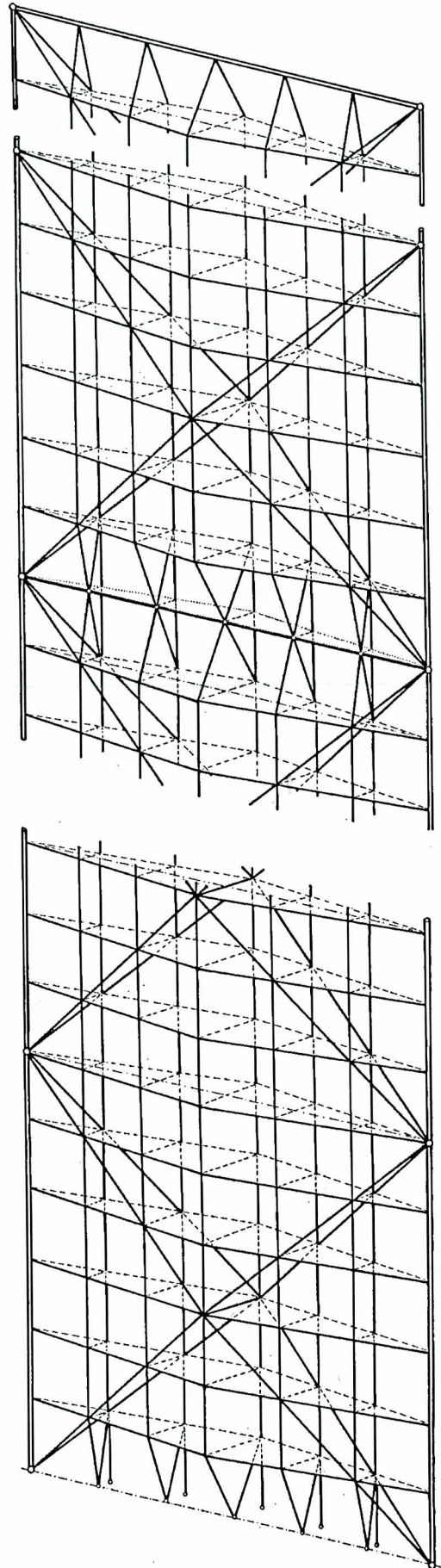
ne mogą być projektowane w każdym właściwym polu lub odpowiednio w co drugim trójkątnym polu obwodowej konstrukcji budynku wysokiego. Możliwe jest także zastosowanie takiej struktury pryzmatycznej na ortogonalnych siatkach słupów i rygli.

Struktura pryzmatyczna może przyjąć także postać wpisaną np. w trójkąt równoboczny (rys. 7), którą można określić mianem gwiazdzistej [21]–[23]. Trójkątną formę takiej dwuwarstwowej struktury przestrzennej planuje się rozmieszczać w sposób podobny do konstrukcji opisanej wcześniej. Szytywność pojedynczego segmentu takiej konstrukcji jest większa niż sztywność struktury prezentowanej uprzednio. W planowanych konfiguracjach kształty samej struktury pryzmatycznej muszą być odpowiednio modyfikowane, w zależności od wymogów funkcjonalnych budynku. Wybrane części przestrzeni wewnętrznej tej struktury mogą być odseparowane od przestrzeni całego budynku przegrodami o odpowiedniej wytrzymałości ogniowej i przeznaczone na umieszczenie tam dodatkowych dróg ewakuacyjnych.

Postać struktury pryzmatycznej może być wpisana w różnego rodzaju formy trójkątne. Jedną z nich jest gwiazdzista struktura pryzmatyczna wpisana w trójkąt prostokątny, którego przeciwprostokątna jest pionowa i wzdłuż jej osi biegną słupy główne obiektu. Wewnętrzne podziały struktury pryzmatycznej mają formę siatki ortogonalnej. Przykładowa postać budynku wysokiego ma sześciokątną formę podstawy, z centralnym trzonem wewnętrznym i gwiazdzistymi strukturami pryzmatycznymi, umieszczonymi w co drugim polu trójkątnym struktury obwodowej. W pozostałych polach trójkątnych umieszczone są pionowo ortogonalne siatki słupów i rygli.

Struktura pryzmatyczna może być zastosowana w sposób przedstawiony na ryc. 8. Dwie formy takiej struktury, zwrócone przeciwnie do siebie i połączone we wspólnym węźle centralnym, tworzą rodzaj przestrzennej „przewiązki” słupa dwugałęziowego, którego pionowe gałęzie główne biegną wzdłuż przeciwprostokątnych boków struktury pryzmatycznej. Słupy główne budynku będą się znajdować w narożach wybranej formy rzutu podstawy. Pręty ukośne takich konstrukcji muszą mieć przekroje poprzeczne zbliżone do wymiarów przekrojów słupów głównych. Rycina 9 przedstawia schematy systemu konstrukcyjnego przykładowej formy budynku wysokiego. Pojedynczy segment struktury pryzmatycznej ma wysokość ośmiu kondygnacji typowych. W czworokątnych polach struktury obwodowej, poza obszarami struktur gwiazdzistych, znajdują się pionowe, ortogonalne siatki prętów. Ten rodzaj systemu konstrukcyjnego może ulegać odpowiednim przekształceniom, dzięki czemu budynki projektowane za jego pomocą mogą uzyskiwać ciekawe formy architektoniczne [21]–[23].

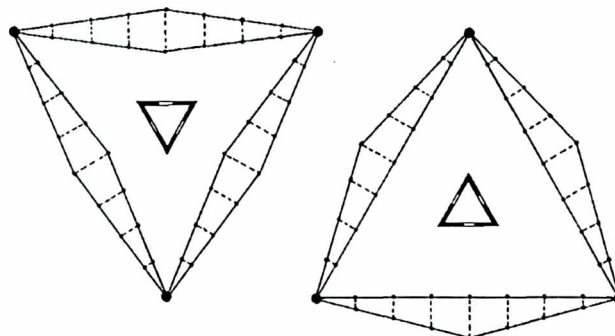
Na rycinie 10 przedstawiono model przekształconej postaci struktury pryzmatycznej, która jest rozpięta między słupami głównymi budynku wysokiego i ma przekrój poziomy w kształcie wąskiego rombu. Pojedynczy moduł takiej struktury zawiera ukośne skratowanie typu X. Tak jak uprzednio, słupy główne muszą się znajdować w narożach budynku. W środkowej części tej postaci struktury pryzmatycznej, w połowie odległości między słupa-



Ryc. 11. Widok ogólny pionowej postaci struktury pryzmatycznej
Fig. 11. General view of a vertical prismatic structure

mi głównymi, znajdują się słupy pośrednie i w tej strefie planuje się umieszczenie dodatkowych pionów komunikacyjnych. Struktura pryzmatyczna budynku wysokiego o dużej smukłości będzie złożona z większej liczby pionowo ustawionych modułów. W tym wypadku struktura ta będzie musiała być podzielona na segmenty, a ich graniczne strefy muszą być odpowiednio ukształtowane. Podział takiej struktury na stosowne części jest spowodowany dążeniem do ograniczenia wpływu odkształceń konstrukcji całego budynku na wartości odkształceń poszczególnych elementów składowych całego systemu i dążeniem do ograniczenia koncentracji sił działających w pewnych jego obszarach.

Pojedynczy segment proponowanej struktury może być złożony np. z trzech modułów pionowo umieszczonych na sobie, sam budynek zaś może mieć wysokość kilku takich segmentów. Na granicy dwóch segmentów gałęzie pionowych słupów pośrednich łączą się w jednym węźle. Ponieważ gałęzie tych słupów, umieszczone w przestrzeni wewnętrznej budynku, są obciążone znacznie większymi wartościami sił niż gałęzie usytuowane bezpośrednio na obwodzie, więc proponuje się prowadzić gałęzie wewnętrzne w liniach ciągłych od fundamentu aż niemal do szczytu budynku. Pola powierzchni przekrojów poprzecznych skrajnych tej struktury muszą mieć także wartości zbliżone do przekrojów poprzecznych słupów głównych, umiejscowionych w narożach budynku. Ściany osłonowe będą zamocowane do zewnętrznych węzłów obwodowej



Ryc. 12. Schematy przekrojów poziomych budynków projektowanych za pomocą proponowanej formy struktury pryzmatycznej

Fig. 12. Schemes of horizontal sections of buildings designed according to the proposed form of prismatic structure

struktury nośnej. Ściany te mogą biec w liniach pionowych między fundamentem a dachem budynku, dzięki rozmieszczeniu odpowiednio ukształtowanych elementów konstrukcyjnych, zlokalizowanych w strefach granicznych między dwoma segmentami struktury pryzmatycznej [22], [23]. Taka postać tej struktury może być zastosowana do projektowania nowego budynku wysokiego, np. trójkątnej formie rzutu podstawy. Przekształcona postać tej samej struktury może zostać użyta w przebudowach istniejących budynków wysokich i przystosowaniu ich do nowych zwiększonych wymogów bezpieczeństwa takich obiektów.

4. Uwagi końcowe

Wszystkie prezentowane w tym artykule systemy konstrukcyjne zostały opracowane przez autora w wyniku odpowiednich przekształceń wybranych form struktur przestrzennych. Proponowane systemy muszą być poddane wielu wyczerpującym analizom, aby w bliskiej przyszłości określić ich praktyczną przydatność do wnioskowanych celów technicznych. Większość proponowanych systemów została opracowana przez autora podczas realizacji projektu badawczego KBN *Metody numeryczne w projektowaniu*

architektonicznych struktur przestrzennych. Modele numeryczne systemów konstrukcyjnych przygotowano w języku programowania Formian; główny autor – prof. Hoshyar Nooshin ze Space Structures Research Centre na University of Surrey w Wielkiej Brytanii. Autor współpracuje z tym centrum badawczym od wielu lat. Modele fizyczne proponowanych form konstrukcji zostały zbudowane przez autora podczas jego pobytu w Kawaguchi Lab w Institute of Industrial Science na University of Tokyo w Japonii.

Bibliografia

- [1] *Architecture of tall buildings*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Nowy Jork 1995.
- [2] Gabriel J.F., *Are space frames habitable? Beyond the cube*, [w:] *The Architecture of Space Frames and Polyhedra*, red. J.F. Gabriel, Wiley, Nowy Jork 1997, s. 439–494.
- [3] Kowalczyk R., *Zastosowanie betonów wysokiej wytrzymałości w budynkach wysokich*, „Inżynieria i Budownictwo”, 1993, nr 9, s. 366–369.
- [4] *L'Art de l'ingenieur, constructeur, entrepreneur, inventeur*, red. A. Picon, Centre Georges Pompidou, Le Moniteur, Paryż 1997.
- [5] Levy M., *Engineering in the 21st Century*, [w:] *International Symposium on Theory, Design, and Realization of Shell and Spatial Structures*, IASS Symposium, Nagoja 2001, s. 2–3.
- [6] Makowski Z.S., *Space frames and trusses. Steel design. An international guide*, Elsevier, Londyn 1992.
- [7] Nooshin H., Disney P., Yamamoto C., *Formian*, Multi-Science, Brentwood 1993.
- [8] Pawłowski A.Z., *Przestrzenne i płaskie struktury konstrukcyjne budynków wysokich*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
- [9] Pawłowski A.Z., *Tendencje rozwoju systemów konstrukcyjnych budynków wysokich*, Zakład Konstrukcji Budowlanych w latach 1964–1997, Politechnika Wroclawska, Wrocław 1997, s. 26–39.
- [10] Rębielak J., *Space structures used in the construction of large span roofs and tall buildings*, [w:] *Space Structures 4, Proceedings of the Fourth International Conference on Space Structures*, red. G.A.R. Parke, C.M. Howard, Guildford, t. 2, Londyn 1993, s. 1581–1590.
- [11] Rębielak J., *Proposals of shaping multi-layer and vertical space structures*, [w:] *Proceedings of the International Conference on Lightweight Structures in Civil Engineering*, t. 1, red. J.B. Obrebski, Warszawa, 1995, s. 77–82.
- [12] Rębielak J., *Proposals of application of space structures in shaping of constructional systems for large span roofs and tall buildings*, [w:] *Proceedings of the 7th International Conference*

- on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, t. 1, Kraków 1996, s. 57–61.
- [13] Rębielak J., *Proposal of structural system of a high-rise building formed by means of chosen types of space structures*, [w:] *Lightweight Structures in Civil Engineering – Local Seminar of IASS Polish Chapter*, red. J.B. Obrębski, Warszawa 1996, s. 148–151.
- [14] Rębielak J., *Examples of shaping for large span roofs and for high-rise buildings*, „*International Journal of Space Structures*”, 1996, t. 11, nr 1–2, s. 241–250.
- [15] Rębielak J., *Construction systems for tall buildings shaped by means of space structures*, [w:] *Proceedings of the International Conference: Challenges to Civil and Mechanical Engineering in 2000 and Beyond*, t. 3, Wrocław 1997, s. 389–395.
- [16] Rębielak J., *Some proposals of space structures shaping*, [w:] *Proceedings of the International Colloquium: Structural Morphology – Towards the New Millennium*, red. J.C. Chilton, B.S. Choo, W.J. Lewis, O. Popovic, Nottingham 1997, s. 144–151.
- [17] Rębielak J., *Structural proposals for long span roofs and high-rise buildings*, [w:] *Proceedings of International Conference on Lightweight Structures in Civil Engineering*, red. J.B. Obrębski, Warszawa 1998, s. 108–117.
- [18] Rębielak J., *Some proposals for shaping of high-rise buildings*, [w:] *Proceedings of the International Conference – Engineering a New Architecture*, Aarhus 1998, s. 169–176.
- [19] Rębielak J., *Some proposals of structural systems for long span roofs and high-rise buildings*, „*Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*”, 1999, t. 40, nr 1, s. 65–75.
- [20] Rębielak J., *Some examples of space structures shaping by means of Formian*, [w:] *Proceedings of 4th International Colloquium on Structural Morphology*, IASS – Bridge between civil engineering and architecture, Delft 2000, s. 131–137.
- [21] Rębielak J., *Prismatic space frames as the main support structures for high-rise buildings*, [w:] *Lightweight Structures in Civil Engineering, Local Seminar of IASS Polish Chapter*, red. Jan B. Obrębski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Wrocław 2001, s. 81–89.
- [22] Rębielak J., *Some structural propositions for high-rise buildings*, [w:] *Proceedings of International Conference on Lightweight Structures in Civil Engineering*, IASS Symposium, Warszawa, 2002, s. 129–134.
- [23] Rębielak J., *Structures of high-rise buildings designed by means of prismatic space frames*, [w:] *Space Structures 5*, red. J.B. G.A.R. Parke and P. Disney, t. 1, Telford, Londyn 2002, s. 855–863.
- [24] Robbin T., *Engineering a New Architecture*, Yale University Press, 1996.
- [25] Robinson R., *Malayasia's Twins: high-rise, high strength*, „*Civil Engineering*”, 1994, nr 7, s. 63–65.

Prismatic space frames as structural systems for high-rise buildings

The subject of the paper are structural systems proposed by the author for the design of high-rise buildings. The buildings, due to the application of these systems, may obtain a great spatial rigidity and individual architectonic shapes. The proposed forms of the structural systems make it possible to arrange ways of evacuation not only in the inner core but also along chosen parts of the circumferential structure of the tall building.

The spatial structures, due to their advantageous constructional and technological properties as well as unconstrained shaping, find

many applications in architecture and building. Contemporary types of construction systems of high-rise buildings in the form of, for example, prismatic space frames, are made of steel, reinforced concrete or reinforced concrete and steel.

The main aim of these systems is to assure proper rigidity of the whole building, the conveying of all kinds of loads on to the foundation, and to enable safe evacuation of people from the building in extreme situations. This article presents descriptions of several such systems proposed by the author.