

JANUSZ RĘBIELAK*

BUDYNEK O ZESPOLONEJ FORMIE
SYSTEMU KONSTRUKCYJNEGOBUILDING OF COMBINED FORM
OF STRUCTURAL SYSTEM

Streszczenie

W artykule przedstawiono autorską koncepcję systemu konstrukcyjnego budynku, który pomimo wielu obciążeń i kondygnacji nadziemnych może być posadowiony na gruntach o słabej nośności lub na terenach szkód górniczych albo na obszarach aktywnych sejsmicznie. Proponowana forma konstrukcji nośnego została uzyskana w wyniku przekształceń systemów opracowanych wcześniej przez autora.

Słowa kluczowe: system konstrukcyjny, budynek wysoki, fundament, strefa sejsmiczna

Abstract

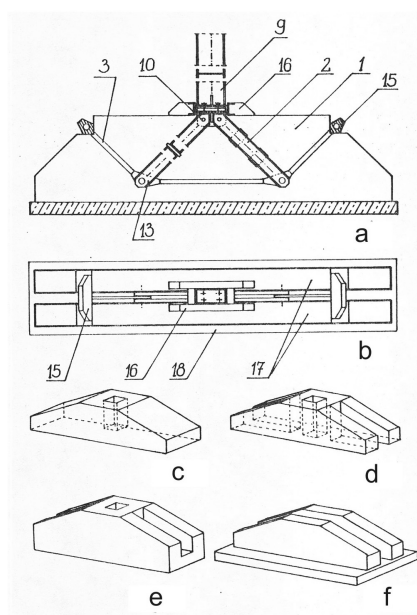
The paper summarizes presents author's concept of structural of a building, which in spite of being heavy loaded and having e.g. numerous aboveground storeys can be located on grounds of small load capacity or in mining damage areas or in earthquake zones. The proposed shape of bearing structure is obtained as result of suitable transformations of systems previously developed by the author.

Keywords: structural system, tall building, foundation, earthquake zone

* Prof.dr hab.inż.arch. Janusz Rębielak, Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

1. Przykłady wcześniej opracowanych postaci systemów konstrukcyjnych

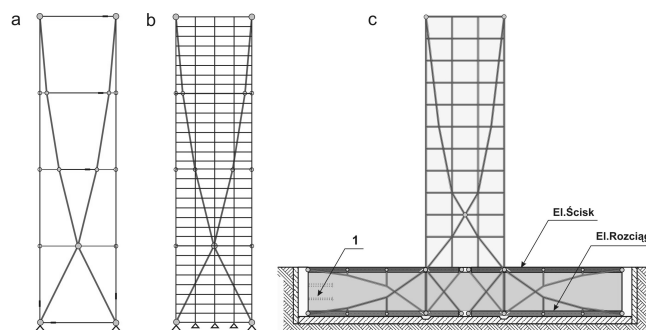
Struktury nośne budynków wysokich muszą przenosić ogromne wielkości sił spowodowanych działaniem układu wielu różnych obciążeń, w którym dominującą rolę odgrywają obciążenia poziome spowodowane głównie działaniem wiatru. Proces projektowania i wykonywania takich obiektów jest bardzo złożony zwłaszcza w przypadku lokowania ich na gruntach o niskiej nośności lub np. na obszarach aktywnych sejsmicznie [1, 2]. Konstrukcje takich budynków oraz towarzyszące im systemy posadowień są specyficznymi formami struktur przestrzennych i są od wielu lat przedmiotem opracowań naukowych i projektowych autora [3, 4, 5]. Jedno z nich dotyczyło konstrukcji fundamentu zespolonego [6], którego schematy budowy wg. opisu patentowego pokazano na il. 1. Przestrzenne składniki tego fundamentu są zaprojektowane w postaci elementów żelbetowych (1), które zwykle wykonane są jako stosownie ustawione belki monolitycznie osadzone na wspólnej poziomej płycie podstawy. W przestrzeni pomiędzy tymi elementami żelbetowymi jest ściśle osadzony zestaw elementów ściskanych (2) i rozciąganych (3) tworzących układ kratownicowy, na którym oparty jest element konstrukcji budynku (9) i układ ten jest zamocowany w materii belek za pomocą bloków kotwiących (15). Dzięki takiej konfiguracji elementy żelbetowe są sprężone odpowiednimi składowymi poziomymi siłami w wyniku działania sił pionowych przekazywanych za pośrednictwem słupa (9), a sam fundament może przekazywać te ostatnie siły bardziej równomiernie na większą powierzchnię podstawy niż w tradycyjnie stosowanych rozwiązaniach technicznych.



II. 1. Schematy budowy jednej z podstawowych postaci fundamentu zespolonego a) przekrój pionowy, b) widok z góry, c–f) przykłady możliwych form elementów przestrzennych

III. 1. Schemes of structure of one of basic shapes of combined foundation, a) vertical cross-section, b) top view, c–f) examples of possible forms of spatial elements

Struktury nośne kondygnacji nadziemnych mogą być wykonane w różnych systemach. W jednym z ostatnio proponowanych zastosowano układ tzw. dźwigara soczewkowego [4], a przykładową postać jego połówki zastosowanej w koncepcji projektowej budynku wysokiego pokazano na il. 2. Układ elementów składowych konstrukcji nadziemnej jest komplementarnym dopełnieniem układu składników tworzących przekształconą postać fundamentu zespolonego [5]. W tej proponowanej postaci jednymi z głównych składników systemu fundamentu są elementy przestrzenne (1) zaprojektowane w postaci długich podwójnych belek żelbetowych, mogących mieć wysokość kilku kondygnacji podziemnych i spoczywających na płycie poziomej. W modelowym przypadku w wąskiej przestrzeni pomiędzy dwiema sąsiadującymi ze sobą belkami (1) są umieszczone ściśle dwa niezależne od siebie systemy elementów dodatkowych zaprojektowanych osobno dla każdego głównego słupa krawędziowego. Pierwszy z tych systemów jest utworzony przez elementy rozciągane skierowane ku górze, a ich geometria sprawia, że poziomy element (El.Ścisk) umieszczony w górnej części fundamentu poddany jest ściskaniu pod wpływem sił obciążenia słupów krawędziowych skierowanych pionowo ku dołowi. Drugi z systemów jest zbudowany z podobnych elementów, których rozmieszczenie jest symetrycznym odwzorowaniem pierwszego układu względem osi poziomej usytuowanej w połowie wysokości belek (1) fundamentu i powoduje on rozciąganie elementu poziomego (El.Rozciąg) umieszczonego w części dolnej. Tak ukształtowany system może spełniać postulowane zadania jest jednak dość złożony i wymaga bardzo precyzyjnego wykonania oraz montażu jego części składowych. Zachowując podstawowe założenia konstrukcyjne, podano t postać odpowiednim przekształceniom w celu uzyskania prostszej i bardziej niezawodnej struktury fundamentu o postulowanych własnościach, a uzyskane rezultaty przedstawiono poniżej.



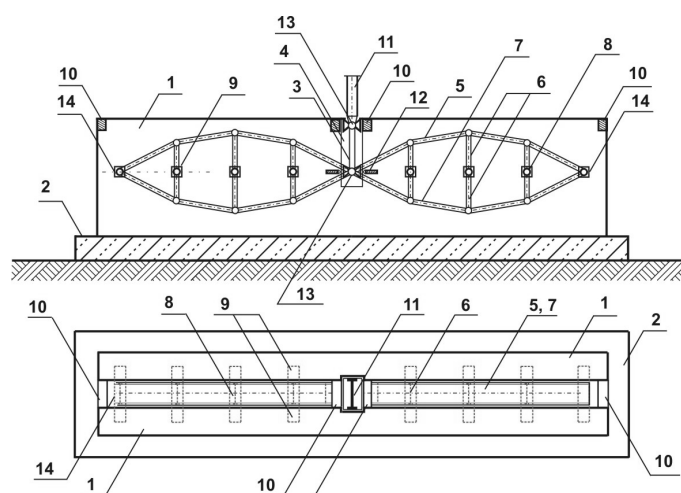
II. 2. Schematy a–b) połówki dźwigara soczewkowego zastosowanej w strukturze nośnej kondygnacji nadziemnych budynku, c) przekształconej postaci fundamentu zespolonego

III. 2. Schemes of, a–b) half of lenticular girder applied in support structures of aboveground storeys of building, c) transformed shape of combined foundation

2. Przykładowa przekształcona postać systemu fundamentu zespolonego

Nowy rodzaj konstrukcji fundamentu może przyjmować różne formy, a budowę jednej z podstawowych przedstawiono schematycznie na il. 3. W tym przypadku element konstrukcji naziemnej budynku (11) jest oparty na krótkim słupie wewnętrznym (3), który jest usta-

bilizowany pomiędzy dwoma elementami przestrzennymi (1) za pomocą pionowych prowadnic (4). Dolny węzeł podporowy (13) słupka wewnętrznego (3) jest połączony z dwoma zestawami dolnych (7) i górnych (5) elementów konstrukcyjnych, usytuowanych wzdłuż krzywych łamanych tworzących wewnętrzną strukturę łukowo-ciężnową. Węzły tej struktury łączą się za pomocą krótkich prętów (6) z węzłami centralnymi (8). Te ostatnie oraz węzły skrajne (14) są monolitycznie połączone z materią belek (1) za pośrednictwem odpowiednich trzpieni (9). Siły pochodzące od pionowego obciążenia słupa konstrukcji budynku (11) są przekazywane za pośrednictwem tego układu na węzły centralne (8) i skrajne (14) rozmieszczone równomiernie wzdłuż długich belek (1) i usytuowane w połowie ich wysokości. Wszystkie te składniki są umieszczone ściśle w przestrzeni pomiędzy elementami przestrzennymi (1) osadzonymi na wspólnej płycie podstawy (2), wykonywanymi zwykle jako odpowiednie belki żelbetowe, których równą odległość gwarantują stosowne elementy dystansowe (10). Taka konfiguracja strukturalna powinna zapewnić rozłożenie dużych sił pionowych na stosunkowo dużej powierzchni podstawy fundamentu, dzięki czemu wartości naprężeń w gruncie mogą osiągnąć bardzo niewielkie wartości. Ponadto długie elementy przestrzenne (1) takiego fundamentu sprawiają, że może on być w niewielkim stopniu podatny na przypadkowe przemieszczenia nawet znacznych części podłoża gruntowego oraz na działania obciążeń sejsmicznych.



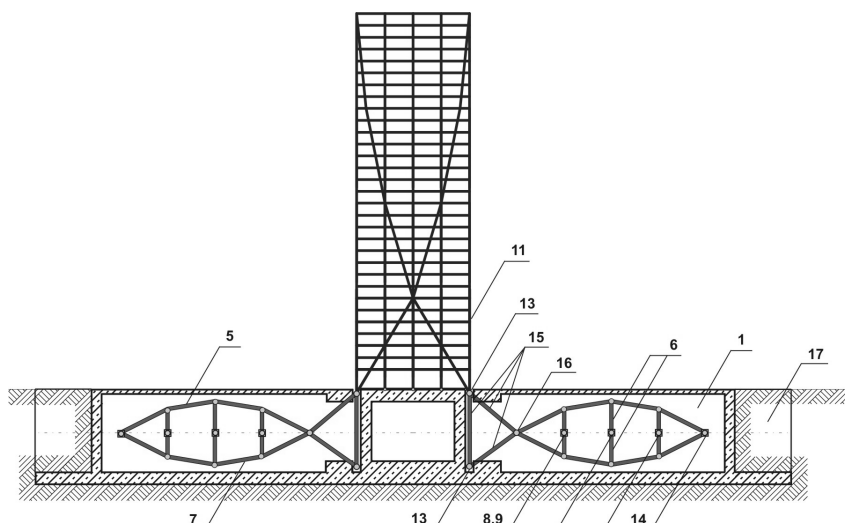
II. 3. Schematy budowy jednej z podstawowych form systemowego fundamentu zespolonego

III. 3. Schemes of structure of one of basic forms of systematic combined foundation

3. Zespolona forma systemu konstrukcyjnego budynku

Formuły konstrukcyjne dźwigara soczewkowego oraz nowej postaci fundamentu zespolonego mogą być zastosowane jednocześnie w całościowej strukturze budynku wysokiego (il. 4). W konstrukcji kondygnacji nadziemnych zastosowano odpowiednią formę pionowo ustawionego dźwigara soczewkowego. Najważniejszymi jego składnikami są dwa przeciw-

nie skierowane i przenikające się łuki uzupełnione o pionowe oraz poziome pręty, będące integralnymi składnikami całej konstrukcji (il. 2). Przekształcona postać fundamentu zespolonego jest zbudowana z długich podwójnych belek, najczęściej żelbetowych (1), w wąskiej przestrzeni między którymi są umieszczone ściśle elementy ściskane i rozciągane tworzące wewnętrzną strukturę łukowo-ciągnową. Słupy narożne budynku opierają się na krótkich prętach pionowych biegnących w odpowiednich prowadnicach wewnątrz fundamentu, a ich węzły (13) przekazują na materię fundamentu jedynie siły skierowane poziomo. Węzeł wierzchołkowy (16) trójkątnego zestawu prętów (15) przekazuje siły na odpowiednie odcinki łukowo-ciągnowych zestawów prętów (7 oraz 5) nie stykając się z materią belek żelbetowych (1). Kolejne węzły tych zestawów są, za pośrednictwem krótkich pionowych prętów (6), połączone z węzłami centralnymi (8), rozmieszczonymi wzdłuż osi poziomej biegnącej w połowie wysokości belek żelbetowych (1). Siły pionowe są przekazywane na materię tych belek za pośrednictwem tylko węzłów centralnymi (8) oraz skrajnych (14). Ponieważ w węzłach skrajnych będą działać siły o dużych wartościach skierowanych pionowo w górę, zatem brzegowe części belek (17) należy tak ukształtować, aby część gruntu bezpośrednio przylegająca do fundamentu i zawarta w przestrzeni klina odłamu mogła posłużyć do ich dociążenia i stabilizacji całej jego konstrukcji.



II. 4. Schemat głównego przekroju pionowego budynku zaprojektowanego za pomocą zespolonej postaci systemu konstrukcyjnego

III. 4. Scheme of main vertical cross-section of a building designed by means of combined form of structural system

4. Wnioski

Wstępna analiza statyczna, dokonana na podstawie stosownych modeli numerycznych proponowanej formy systemu konstrukcyjnego, potwierdziła poprawność przyjętych założeń projektowych. Określenie wszystkich ważnych jego cech wymagać będzie przeprowadzenia

wielu kompleksowych badań i analiz. Modele numeryczne tego systemu konstrukcyjnego zostały zdefiniowane w języku programowania Formian [7] w toku realizacji projektu badawczego MNiSzW nr NN527 2464 38 pt. „Metody numeryczne w projektowaniu nowoczesnych form architektonicznych struktur przestrzennych”.

Literatura

- [1] Thornton C.H., Tomasetti R.L. *et al.*, *The world tallest building – The Miglin-Beitler Tower, Chicago, Illinois*, Proceedings IV-th World Congress of Tall Buildings, Hong Kong, 1990.
- [2] Kowalczyk R.M., Sim R., Kilmister M.B. (eds), *Structural systems for tall buildings*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, McGraw-Hill, New York, 1993.
- [3] 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, Vol. 40, nr 1, 1999, 65-75.
- [4] Rębielak J., *Lenticular girder – structural shape and proposals for applications*, Evolution and trends in design, analysis and construction of shell and spatial structures, 50th Anniversary Symposium of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS), Valencia, Spain, 2009, 256-257.
- [5] Rębielak J., *Structural systems shaped for tall objects*, Spatial structures – temporary and permanent, International Symposium of the International Association for Shell and Spatial Structures, Shanghai, China, November 8-12, 2010, 1991–1998.
- [6] Rębielak J., *Fundament zespolony*, Patent nr 149760, Politechnika Wrocławska, 31 sierpnia 1990.
- [7] Nooshin H., Disney P., *Formex Configuration Processing II*, International Journal of Space Structures, Vol. 17, No 1, 2002, 1-50.