

ANTONI MATYSIAK

Uniwersytet Zielonogórski w Zielonej Górze

SCHEMAT STATYCZNY ODPOWIADAJĄCY RZECZYWISTEMU ZACHOWANIU SIĘ OBIEKTU DECYDUJE O BEZPIECZEŃSTWIE KONSTRUKCJI

W pracy omówiono kilka różnych i charakterystycznych konstrukcji, wskazujące na racjonalnie przyjęte schematy i rozwiązania zapewniające bezpieczeństwo konstrukcji i ekonomię projektowanego obiektu. Pomijanie w projektowaniu przestrzenności obiektu jest przyczyną nieoszczędnego rozwiązania. W niektórych układach konstrukcyjnych może to być rozwiązaniem błędnym, prowadzącym do awarii.

Słowa kluczowe: konstrukcja, przestrzenność, schemat statyczny

1. WSTĘP

Obiekty budowlane takie jak handlowe, magazynowe, przemysłowe, widowiskowe, wszelkie budynki typu szkieletowego są wykonywane z głównych i drugorzędnych elementów nośnych, z żeńników i elementów obudowy. Połączenia poszczególnych elementów są wykonywane za pomocą spoin w wyniku spawania elektrycznego, za pomocą śrub zwykłych, śrub pasowanych, śrub sprężonych typu doczołowego i ciernego. Stosuje się także połączenia przy użyciu śrub samogwintujących, kołków wstrzeliwanych, nitów jednostronnych, kotwi rozprężnych. Połączenia poszczególnych elementów mogą być ukształtowane jako sztywne, podatne lub przegubowe.

Konstrukcja w całości, niezależnie od przyjętych teoretycznych założeń i staranności wykonania stanowi układ przestrzenny. Udział poszczególnych elementów i sposobów połączeń w uprzestrzennieniu konstrukcji jest różny.

Pomijanie w projektowaniu przestrzenności obiektu jest przyczyną nieoszczędnego rozwiązania. W niektórych układach konstrukcyjnych może to być rozwiązaniem błędnym, prowadzącym do awarii.

Przykład katastrofy hali Międzynarodowych Targów Katowickich w Chorzowie i innych obiektów świadczą, jak ważnym zagadnieniem jest prawidłowe odczytanie zachowania się elementów i całej konstrukcji pod wpływem obciążenia zewnętrznego.

W pracy omówiono kilka różnych i charakterystycznych konstrukcji, wskazujące na racjonalnie przyjęte schematy i rozwiązania zapewniające bezpieczeństwo konstrukcji i ekonomię projektowanego obiektu.

2. SCHEMATY STATYCZNE RÓŻNYCH ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

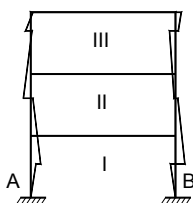
2.1. Hala Międzynarodowych Targów Katowickich w Chorzowie

Ogólne rozwiązanie konstrukcji jest interesujące i dostosowane do celów wystawowych. Układ głównych elementów nośnych jest czytelny i łatwo pozwalający ocenić i określić zachowanie się obiektu pod wpływem działania sił zewnętrznych. Dlatego też zastanawiające jest, dlaczego w projekcie było wiele podstawowych błędów opisanych w publikacji [1], które doprowadziły do katastrofy.

Zastosowane w projekcie i wykonane słupy dwugałęziowe z przewiązkami, a nie ze skratowaniem należy uznać z rozwiązanie prawidłowe. Innego zdania są autorzy publikacji [1]. Zastosowanie przewiązek zapewne zaproponował architekt, gdyż słupy z przewiązkami lepiej prezentują się w hali widowiskowej. Należało tylko taki słup prawidłowo zaprojektować. Można tu przypomnieć, że słup z przewiązkami, obciążony zewnętrznymi siłami prostopadłymi do osi pręta, to nic innego jak ściskana belka bezprzekątniowa, typu Vierendeela. W publikacji [1] za błąd uznano, że jedna z podpór dźwigara o rozpiętości 47,00 m nie była wyposażona w łożysko wałkowe, toczne. W przypadku oparcia dźwigara na stalowym, sprężystym słupie można wykonać oparcie nieprzesuwne. Łatwo sprawdzić wpływ obciążenia słupa wywołane zmianą temperatury. W tym przypadku wynosi to około 9,0%. Przy wymiarowaniu wpływ ten można uwzględnić.

2.2. Wielokondygnacyjny szkieletowy budynek przemysłowy

Zaprojektowano i wykonano trzynawowy i wielopiętrowy budynek przemysłowy z prefabrykatów żelbetowych, w postaci ram o kształcie dużej litery H. Prefabrykaty wykonano na terenie budowy w drewnianych formach. Elementy o dużych wymiarach i dużej masie miały znaczne odchyłki od założonych wymiarów [2]. Po zmontowaniu konstrukcji układ ramowy przyjął kształt jak pokazano na rysunku 1.

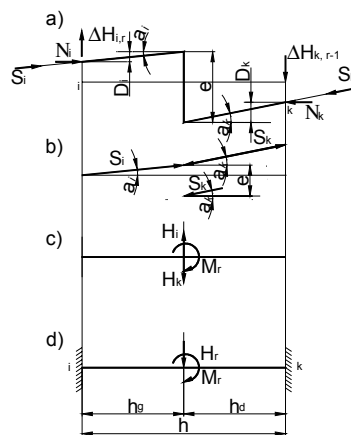


Rys. 1. Schemat ramy, zniekształcona siatka ramy

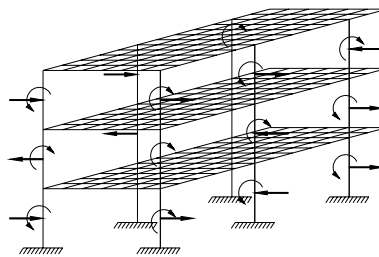
Z powodu wyraźnych zmian kształtu ramy zlecono wykonanie ekspertyzy. Sposób wykonania świadczył o miernej wiedzy eksperta, szczególnie w zakresie analizy sił wewnętrznych. Zatem wykonano drugą ekspertyzę. W drugiej ekspertyzie, po rozwiązaniu płaskiego układu ramowego z uwzględnieniem sił działających na mimośrodach wykazano, że nośność ram jest wystarczająca. Z uwagi na dwie różne opinie zlecono wykonanie trzeciej ekspertyzy. Ostatecznie projektanci zagadnienie rozwiązali sami.

Przedstawiając w skrócie rozumowanie projektanta przyjęto, że słup na odcinku między stropami kondygnacji jest obciążony jak pokazano na rysunku 2. Poszczególne układy poprzeczne są monolitycznie połączone stropami, tworząc układ przestrzenny. Każdy słup jest losowo obciążony siłami o różnych wartościach i różnych zwrotach. Schemat konstrukcji i obciążenie przedstawiono na rysunku 3. Dla celów projektowych wystarczy obliczyć siły wewnętrzne według schematu pokazanego na rysunku 2a, b.

Wynik ścisły można uzyskać rozwiązując układ przestrzenny (rys. 3).



Rys. 2. Układ sił działających na pręt zniekształcony



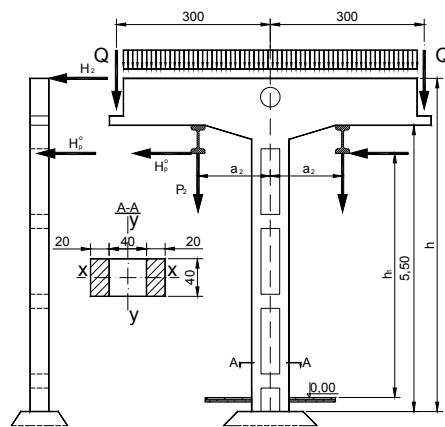
Rys. 3. Układ sił działających na konstrukcję przestrzenną po zastąpieniu siatki zniekształconej siatką teoretyczną

2.3. Hala przemysłowa o siatce słupów 12,0 x 12,0 m

Hala żelbetowa z podwieszonymi suwnicami w obu prostopadłych kierunkach jest całkowicie prefabrykowana. Na słupach o kształcie dużej litery T oparto dźwigary strunobetonowe o rozpiętości 12,0 m, a na dźwigarach płyty żebrowe o długości 6,0 m. Dolna pionowa część słupa jest dwugałęziowa z przewiązkami (rys. 4). Hala ma wiele naw w obu prostopadłych kierunkach [3].

W projekcie przyjęto, że dolna część słupa jest obciążona siłą osiową i momentem zginającym. W obliczeniach pominięto wpływ sił poprzecznych wywołanych obciążeniem wiatrem ścian obudowy i sił poziomych wywołanych suwnicami. Siły te są prze-

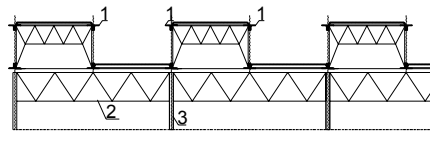
kazywane na wiele słupów za pośrednictwem konstrukcji dachu tworzącej sztywną tarczę. Pojedynczy słup jest więc obciążony siłami poziomymi pomijalnie małymi. Nie można pomijać wpływu sił pionowych wywołanych pracą suwnic. Konstrukcja hali jest układem przestrzennym. Każdy słup na poziomie dachu jest sprężysto podparty. Z tego względu jednostronnie pionowe obciążenie poziomego ramienia słupa powoduje powstanie siły poprzecznej w pionowej części słupa. Słup składa się z dwóch gałęzi zbrojonych na działanie siły osiowej (według projektu). W rzeczywistości każda gałąź słupa jest również zginana. Zbrojenie powinno być zaprojektowane na przejście siły osiowej i momentu zginającego, gałęzi o małej wysokości przekroju.



Rys. 4. Obciążenie słupa suwnicami podwieszonymi do dźwigarów strunobetonowych, ciężarem stałym, śniegiem i wiatrem

2.4. Hala przemysłowa o oryginalnym rozwiązaniu konstrukcji

Przekrój poprzeczny konstrukcji dachu w osi podpór pokazano na rysunku 5. Pokrycie dachu wykonane z płyt żebrowych o długości 6,0 m jest ułożone przemiennie na parach dźwigarów kratowych: raz na pasach górnych i raz na pasach dolnych. Uzyskano w ten sposób oświetlenie hali [4]. Jest to rozwiązanie nietypowe. Należało szczególnie przeanalizować sposób stężenia konstrukcji. Każda para kratownic musi być układem samodzielnie zapewniającym stateczność. Projektanci nie przewidzieli, jak wymyślona przez nich konstrukcja zachowa się pod wpływem obciążających sił zewnętrznych. Brak odpowiednich tężników i inne nieprawidłowości były przyczyną katastrofy.

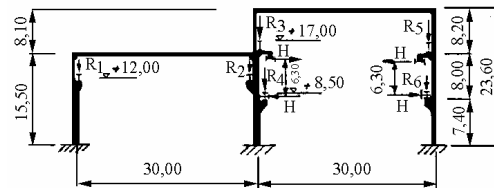


Rys. 5. Przekrój pionowy przy słupach, prostopadłe do wiązarów dachu:
1 – wiązary dachu, 2 – podciągi, 3 – słupy

2.5. Hala montażu i pakowania silników okrętowych

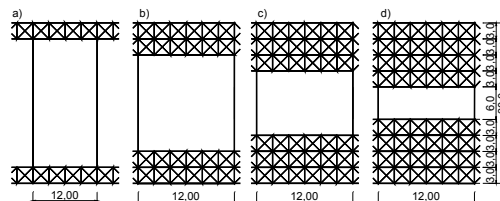
Zaprojektowana i wybudowana hala przedstawiona na rysunku 6 ma duże wymiary i duże obciążenie eksploatacyjne.

Na wysokości 17,0 m pracują dwie suwnice o udźwigu 80,0 t, a na wysokości 12,0 m dwie suwnice o udźwigu 50,0 t. Na obu ścianach wyższej nawy pracują po cztery suwnice konsolowe o wysięgu 12,0 m i udźwigu 6,0 t.



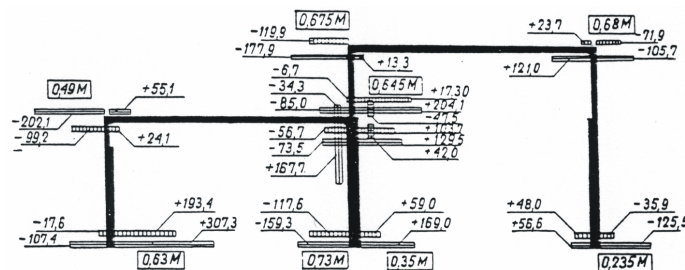
Rys. 6. Schemat statyczny i obciążenie hali

Projekt opracowano w 1961 r., wówczas normy nie ograniczały przemieszczeń słupów na poziomie torów suwnicowych [5]. Autor projektu właściwie ocenił zagrożenie i opracował tężniki dachowe przedstawione na rysunku 7d. Na rysunku 7a pokazano tężnik wymagany przez przepis normowy.



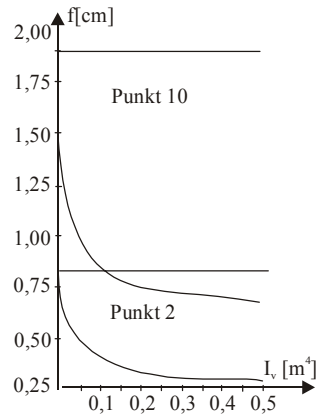
Rys. 7. Schemat tężników dachowych o szerokościach: 3,00 m, 6,00 m, 9,00 m, 12,00 m

Tężnik dużej sztywności zapewnia uprzestrzennienie konstrukcji. Siły wewnętrzne w konstrukcji ramowej hali obliczone w układzie płaskim i przestrzennym pokazano na rysunku 8. W ramkach podano stosunki momentów zginających układu przestrzennego do płaskiego.



Rys. 8. Wartości momentów zginających w poszczególnych przekrojach obliczone w układzie płaskim i przestrzennym

Korzystając ze sztywności poszczególnych tężników (rys. 7) obliczono przemieszczenia słupów na poziomie torów suwnicowych. Wyniki przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Poziome przemieszczenia słupów

Punkt 2 dotyczy nawy niższej, a punkt 10 nawy wyższej. Linie poziome przedstawiają wyniki obliczone dla układu płaskiego. Pokazane na rysunkach 8 i 9 świadczą o celowości uprzestrzennienia konstrukcji, zwłaszcza przy konstrukcji o dużych wymiarach i dużym obciążeniu.

3. WNIOSKI

Z omówionych kilku przykładów (wykonanych obiektów budowlanych) wynika, że zdarzają się dość często różne oceny zachowania się konstrukcji pod działaniem obciążeń zewnętrznych. Zespół projektantów, architekt i konstruktor mają ambicje opracowania rozwiązania często odbiegającego od powszechnie stosowanego. Bywa też, że architekt proponuje wykonanie ciekawej bryły obiektu. Projekt taki może być realizowany pod warunkiem, że konstruktor potwierdzi realność pomysłów architekta.

W przypadkach, gdy wiedza konstruktora nie jest wystarczająca, może dochodzić i dochodzi do awarii, a nawet katastrofy budowlanej.

LITERATURA

- [1] Biegus A., Rykulak K., 2006. Katastrofa hali Międzynarodowych Targów Katowickich w Chorzowie. Inżynieria i Budownictwo 4.
- [2] Matysiak A., 1965. Hala montażu i pakowania silników okrętowych. Problemy Projektowe Hutnictwa Przemysłu Maszynowego 7.
- [3] Matysiak A., 1966. Hala przemysłowa o siatce słupów 12,0 m x 12,0 m. Inżynieria i Budownictwo 3.

- [4] Matysiak A., 1971. O właściwą ocenę wpływu błędów montażu na wytrzymałość szkieletu prefabrykowanej konstrukcji budynku. Inżynieria i Budownictwo 6.
- [5] Matysiak A., 1976. Katastrofa stalowej konstrukcji małego obiektu i dużej hali przemysłowej. II Sympozjum naukowe, Mat. Konf. Politech. Szczecińska.

STATIC DIAGRAM WHICH CORRESPONDENTS WITH THE REAL WORK OF THE OBJECT DETERMINATES CONSTRUCTION SAFETY

Summary

In the report there have been discussed few characteristic solutions of the building constructions. There has been carried out the analysis of the assumed diagrams of these static constructions, which determine safety and solution economy. In analysed cases the mistakes and the results of these mistakes have been talked over and there have been presented the proper solutions.

Key words: construction, space, statical diagram