



VII Ogólnopolska Konferencja Naukowa

8-9 marca

Kampus Główny Politechniki Krakowskiej
ul. Warszawska 24

PIOTR SOKAL, WOJCIECH SOKAL ¹

WYBRANE PROBLEMY ANALIZ OBLICZENIOWYCH ELEMENTÓW
KONSTRUKCYJNYCH HAL PRZEMYSŁOWYCH MODERNIZOWANYCH
W ZWIĄZKU Z WPROWADZENIEM W OBIEKTACH ZMIAN W
TECHNOLOGII PRODUKCJI

SELECTED PROBLEMS OF ANALYSES OF STRUCTURAL ELEMENTS
OF INDUSTRIAL HALLS DUE TO INTRODUCTION OF CHANGES OF
PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE BUILDINGS

Streszczenie

W artykule omówiono przykładowe analizy statyczno-wytrzymałościowe elementów (takich jak: słupy, krótkie wsporniki oraz belki podsuwnicowe) istniejących hal przemysłowych przewidzianych do modernizacji z uwagi na wprowadzenie nowych procesów technologicznych. Przeanalizowano na wybranych przykładach stan techniczny elementów budowlanych poddanych zwiększonym obciążeniom, z uwzględnieniem wpływu wieloletniego użytkowania obiektów. Skróceniwo opisano również wyniki niszczących badań belek podsuwnicowych. Zwrócono uwagę na sposoby ewentualnych wzmocnień elementów budowlanych z uwagi na wprowadzenie nowych technologii produkcji.

Słowa kluczowe: wzmocnienie elementów hal, krótkie wsporniki, belki podsuwnicowe.

¹ mgr inż. Piotr Sokal, mgr inż. Wojciech Sokal.

Abstract

The paper discusses example of static and strength analyses of elements (such as: columns, short cantilevers and crane beams) of existing industrial halls which are being modernized to setup new technological processes. The state of structural elements subjected to increased loads and impacted by long-term usage is analyzed on examples. Results of destructive tests of the crane beams are described. Attention is drawn to possible means of strengthening of structural elements due to the introduction of the new production technologies.

Keywords: strengthening of the elements of the halls, short cantilever, crane beams.

1. Wstęp

Współcześnie zarówno małe jak i duże podmioty gospodarcze chcąc sprostać wymaganiom rynku oraz mając na celu zdobycie przewagi nad firmami konkurencyjnymi, zmuszone są bardzo często do modernizowania swoich linii produkcyjnych. Przeważnie zachodzi również konieczność zmian w profilu produkcji, bądź też rozszerzenia asortymentu produktów i usług.

Podjęte decyzje co do koniecznych zmian w procesach technologicznych zakładu wymuszają zazwyczaj przedsięwzięcie działań zmierzających do przystosowania elementów budowlanych hal przemysłowych w związku z nową bądź zmodyfikowaną funkcją obiektu.

Działalność gospodarcza wielu firm prowadzona jest w wielu przypadkach w istniejących halach przemysłowych wzniesionych jeszcze przed przemianami ustrojowymi. Hale te w związku z tym, iż wybudowane zostały kilkadziesiąt lat temu wykazują niejednokrotnie zużycie techniczne, a co za tym idzie stwarzają dodatkowe problemy z adaptacją obiektów.

Częstym zagadnieniem budowlanym w modernizowanych halach przemysłowych jest zmiana lub modernizacja suwnic na suwnice o większym udźwigu. W takim przypadku sytuacja ta wymaga sprawdzenia stanu konstrukcji budynku w związku ze zmianą układu obciążeń elementów. Zazwyczaj dokładniejszej analizy wymagają belki podsuwnicowe oraz konstrukcje wsporcze pod pracującymi suwnicami, czyli słupy i krótkie wsporniki, na których oparte są belki podsuwnicowe.

W artykule na przykładzie dwóch istniejących hal przemysłowych zostaną przedstawione zagadnienia dotyczące przebudowy i wzmocnienia elementów budowlanych obiektów z uwagi na wprowadzone zmiany w układzie transportowym polegające na montażu suwnic o zwiększonym udźwigu:

Zagadnienie 1:

- Analiza nośności stalowych belek podsuwnicowych w istniejącej hali przemysłowej oraz propozycja ich wymiany z uwagi na przekroczone stany graniczne.
- Analiza nośności żelbetowych słupów gałęziowych stanowiących podpory dla ww. belek podsuwnicowych.

Zagadnienie 2:

- Analiza nośności zamontowanej w istniejącej hali kablobetonowej belki podsuwnicowej z uwagi na konieczność przejścia obciążeń od suwnicy o zwiększonym udźwigu wraz ze skrótowym przedstawieniem wyników niszczącego badania nośności tej belki.
- Analiza nośności krótkiego wspornika i słupa podpierającego ww. belkę.

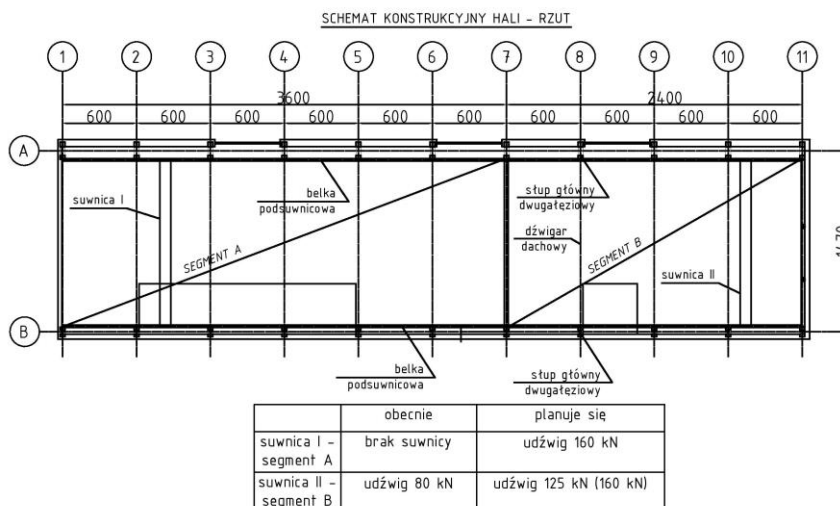
2. Analiza nośności stalowych belek podsuwnicowych i słupów żelbetowych dwugałęziowych (Zagadnienie 1)

2.1. Opis zagadnienia

Hala przewidziana do przebudowy jest obiektem parterowym, jednonawowym o wymiarach w rzucie (w osiach) 14.7 x 60 m (rys. 1). Hala została wybudowana w latach 60-tych XX wieku. Główną konstrukcję nośną hali stanowi układ ram poprzecznych utworzonych z dwugałęziowych słupów żelbetowych i stalowego dźwigara kratownicowego w rozstawie co 6.0 m. Rozpiętość dźwigarów dachowych wynosi 15.5 m, a całkowita wysokość słupów około 10.8 m. Konstrukcję nośną pokrycia dachu stanowią płyty panwiowe oparte na dźwigarach dachowych. W obiekcie słupy gałęziowe stanowią oparcie dla stalowych belek podsuwnicowych, które umieszczone zostały na wysokości około 7.25 m powyżej poziomu posadzki (rys. 2).

Obiekt użytkowo został podzielony dwa segmenty – A i B (rys. 1).

W segmencie A hali znajduje się stalowa belka podsuwnicowa o przekroju złożonym składającym się z I340p i C200p umieszczonym wewnętrzną częścią środkową na górnej półce dwuteownika. W ostatnim czasie w tym obrębie budynku nie była eksploatowana żadna suwnica, jednak z informacji uzyskanych od inwestora wynikało, że torowisko suwnicowe przystosowane jest do przejścia obciążeń od suwnicy o udźwigu $Q = 80$ kN (8.0 t). Dla tej części hali sporządzona została dokumentacja projektowa przystosowania elementów konstrukcyjnych obiektu do zamontowania suwnicy o nowym większym udźwigu $Q = 160$ kN (16.0 t).

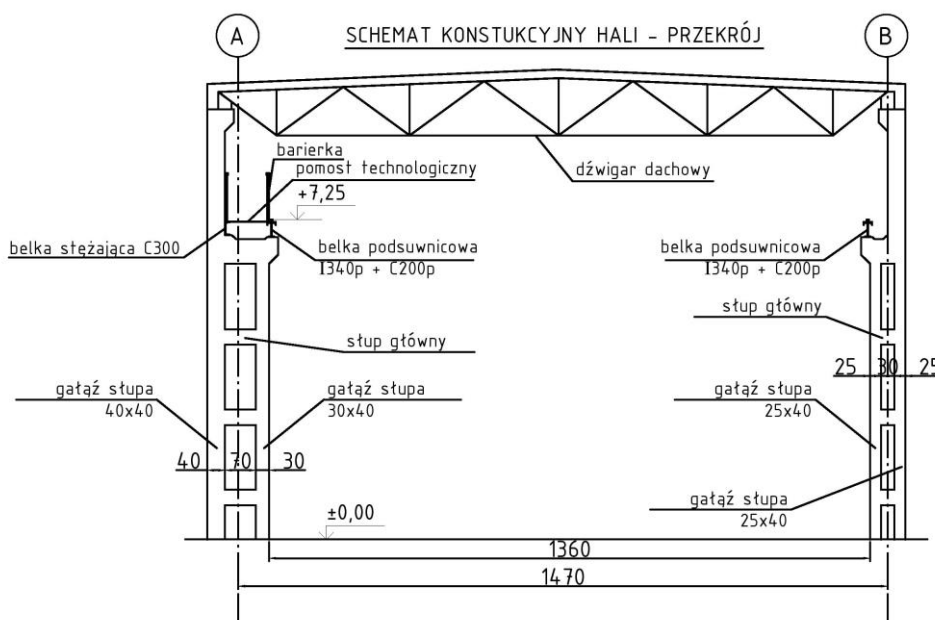


Rys. 1. Schemat konstrukcyjny hali - rzut

Fig. 1. Structural scheme of the hall - plan

W segmencie B eksploatowano suwnicę o udźwigu $Q = 80$ kN (8.0 t). Poruszała się ona po belce podsuwnicowej o tym samym przekroju poprzecznym co w segmencie A. Z uwagi na wprowadzenie zmian w technologii produkcji zakładu rozważono użytkowanie w tym segmencie suwnicy o zwiększonym udźwigu $Q = 125$ kN (12.5 t). Dla tej części obiektu została opracowana analiza wykonawczo – kosztowa, mająca wstępnie ocenić możliwość i warunki wykonania wzmocnień w celu zachowania stanów granicznych nośności elementów konstrukcji hali po dociążeniu.

Dla obu segmentów hali przeanalizowano wpływ nowych obciążeń na następujące elementy: belki podsuwnicowe, gałęzie słupów żelbetowych oraz fundamenty. Po przeprowadzeniu analizy zaproponowano wzmocnienia niektórych z tych elementów.



Rys. 2. Schemat konstrukcyjny hali (stan przed przebudową) - przekrój

Fig. 2. Structural scheme of the hall (before modernization) – cross-section

2.2. Wartości głównych obciążeń oddziałujących na elementy hali

W obliczeniach statycznych przyjęto następujące wartości obciążeń na charakterystyczną ramę poprzeczną (wartości obliczeniowe – współczynnik dla obciążeń stałych 1.35 i 1.5 dla obciążeń zmiennych):

- ciężar własny dachu wraz z pokryciem i ciężarem własnym dźwigara – $g_{cal,d} = 22.5$ kN/m,
- obciążenie śniegiem $s = 9.0$ kN/m,
- parcie wiatru z przypadającego pasma ściany podłużnej $w_{01} = 4.5$ kN/m,
- ssanie wiatru z przypadającego pasma ściany podłużnej $w_{02} = 2.55$ kN/m.

Dodatkowo na słupy hali uwzględniono oddziaływanie siły pochodzących od reakcji z belek podsuwnicowych.

2.3. Analiza nośności stalowej belki podsuwnicowej segmentu A

W segmencie A hali zaistniała konieczność zamontowania suwnicy o udźwigu $Q = 160$ kN (16.0 t) i rozstawie osi kół 3.8 m.

Maksymalny charakterystyczny nacisk koła na szynę zgodnie z dokumentacją techniczną suwnicy wynosi 100.0 kN. Obciążenie poziome prostopadłe do toru przyjęto o wartości 10.0 kN na koło. Siła podłużna wynosiła 12.0 kN na koło i jej wpływ na naprężenia w przekroju był niewielki, zwłaszcza ze względu na stężenie pasa górnego. W obliczeniach statycznych przyjęto częściowe współczynniki bezpieczeństwa – 1.35 dla obciążeń stałych i 1.5 dla obciążeń zmiennych. Z uwagi na to, że istniejąca belka podsuwnicowa nie spełniałaby warunków nośności po dociążeniu, założono, że zostanie ona wymieniona. Do analizy przyjęto belkę o przekroju HEB400 ze stali S235.

Belkę podsuwnicową zaprojektowano jako ciągłą wieloprzęsłową. Górny pas belki stężono pomostem technologicznym działającym na belkę obciążeniem pionowym 1.62 kN/m (wart. obliczeniowa).

Po wykonaniu obliczeń statycznych uwzględniających niekorzystne, wymiarujące położenia suwnicy otrzymano maksymalny moment zginający w płaszczyźnie pionowej wynoszący w pierwszym przęśle 191.0 kNm, a nad drugą podporą belki 171.0 kNm. W płaszczyźnie poziomej wyznaczono maksymalny moment zginający w pierwszym przęśle o wartości 18.1 kNm i maksymalny moment nad drugą podporą wynoszący 15.7 kNm. Maksymalna siła ścinająca wynosiła 228 kN.

Po przeprowadzeniu obliczeń nośności, przy uwzględnieniu przejścia przez górną półkę belki zginania w płaszczyźnie poziomej i zastosowaniu interakcji działania obu momentów oraz pominięciu występowania zwichrzenia (belka przytrzymana pomostem technologicznym), a także po sprawdzeniu nośności na ścinanie i zapewnieniu spełnienia stanu granicznego ugięć, zastosowano w torowisku suwnicowym belkę o przekroju HEB400.

2.4. Analiza żelbetowego słupa gałęziowego segmentu A

W dalszej części obliczeń przeanalizowano wpływ dociążenia suwnicą słupa żelbetowego dwugałęziowego. Maksymalne reakcje obliczeniowe z belek podsuwnicowych na słupy wynosiły 254 kN (pionowa) i 25.4 kN (pozioma). Przy wykonywaniu obliczeń uwzględniono również obciążenia klimatyczne działające na główny poprzeczny układ ramowy. Najbardziej niekorzystna sytuacja obliczeniowa dla rozpatrywanej ramy (rys. 2) wystąpiła w przypadku jednoczesnego oddziaływania obciążeń wiatrem i śniegiem oraz działania maksymalnej reakcji od suwnicy nad słupem w osi B (słup o mniejszej całkowitej wysokości przekroju poprzecznego). Analiza ta wykazała niedobór nośności w gałęziach słupa z uwagi na przekroczone naprężenia pochodzące od mimośrodowego rozciągania i ściskania. Niedobór nośności wyniósł maksymalnie 26%.

Do celów analizy wykorzystano fragmentaryczną archiwalną dokumentację projektową obiektu jak i dokonano miejscowych odkrywek zbrojenia elementów. Odkrywki (rys. 3) te wykazały różnice między zbrojeniem rzeczywistym słupów a zbrojeniem przyjętej dokumentacji projektowej (różnice w ilości, średnicy i klasie stali zbrojeniowej).



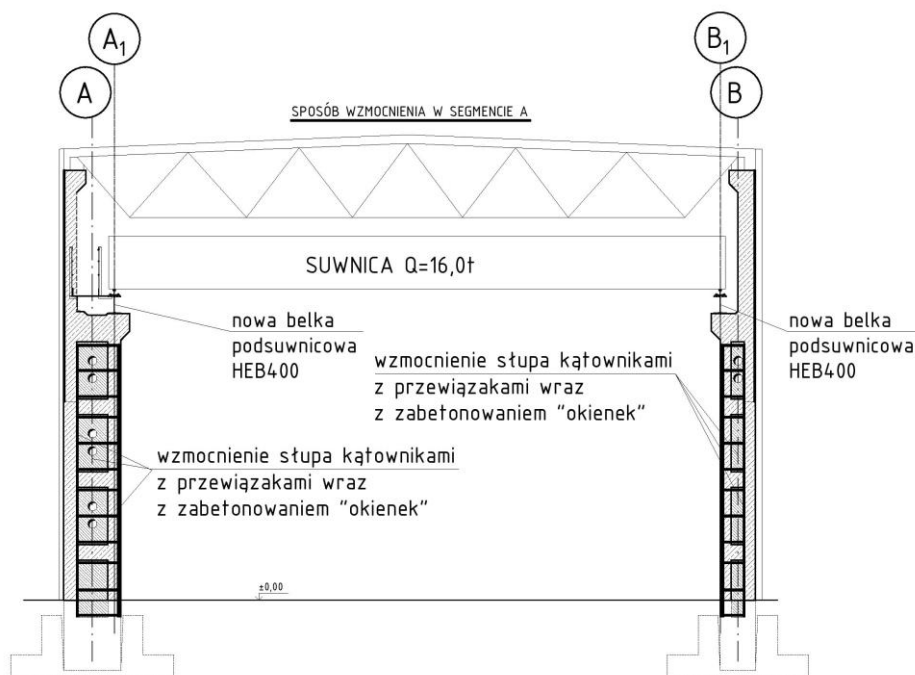
Rys. 3. Odkrywka zbrojenia gałęzi słupa

Fig. 3. Discovered reinforcement of the column

W związku z niedoborem nośności przekrojów, zróżnicowaniem sposobu zbrojenia poszczególnych słupów i słabą jakością betonu zalecono kompleksowe wzmocnienie słupów (rys. 4). W tym celu zaproponowano założenie kątowników stalowych w narożnikach gałęzi słupów połączonych przewiązkami oraz zabetonowanie „okienek” słupów.

Nową belkę podsuwnicową zlokalizowano bezpośrednio w osi wewnętrznej gałęzi słupa, odmiennie niż to miało miejsce w belce pierwotnej, gdzie oparcie występowało na krótkim wsporniku tej gałęzi słupa. W związku z tym korzystniejszy sposób przekazania obciążeń pionowych wyeliminował konieczność sprawdzenia nośności krótkiego wspornika.

Wpływ dociążenia nową suwnicą na fundamenty oraz grunt pod nimi uznano za nieistotny z uwagi na nieznaczny przyrost obciążeń w stosunku do obciążeń całkowitych i występowanie dobrych gruntów nośnych pod stopą.



Rys. 4. Sposób wzmocnienia w segmencie A

Fig. 4. Means of strengthening in the segment A

2.5. Analiza nośności stalowej belki podsuwnicowej segmentu B

Istniejące torowisko suwnicowe w tej części hali zostało pierwotnie zaprojektowane do przejęcia obciążeń od suwnicy o udźwigu $Q = 80 \text{ kN}$ (8.0 t). W planach inwestycyjnych założono, że koniecznym jest dostosowanie elementów budowlanych rozpatrywanego segmentu dla obciążeń od działania suwnicy o nowym większym udźwigu $Q = 125 \text{ kN}$ (12.5 t).

Dokonano analizę mającą na celu sprawdzenie czy istniejąca belka podsuwnicowa jest w stanie przejść zwiększone obciążenia.

Do analizy belki przyjęto zgodnie z dokumentacją techniczną suwnicy maksymalny charakterystyczny nacisk koła o wartości 96.0 kN. Rozstaw kół przewidzianej do montażu suwnicy wynosił 2.7 m. Przyjęto również obciążenie pomostem technologicznym o wartość obliczeniowej 1.62 kN/m. W celu określenia działających sił przekrojowych w belce rozpatrzono niekorzystne (wymiarujące) przypadki obciążenia reakcje od kół suwnicy umieszczone m. in.:

- w środku pierwszego przęsła,
- tuż przy drugiej podporze z jednej strony,
- nad drugą podporą z równą odległością od niej każdego z kół.

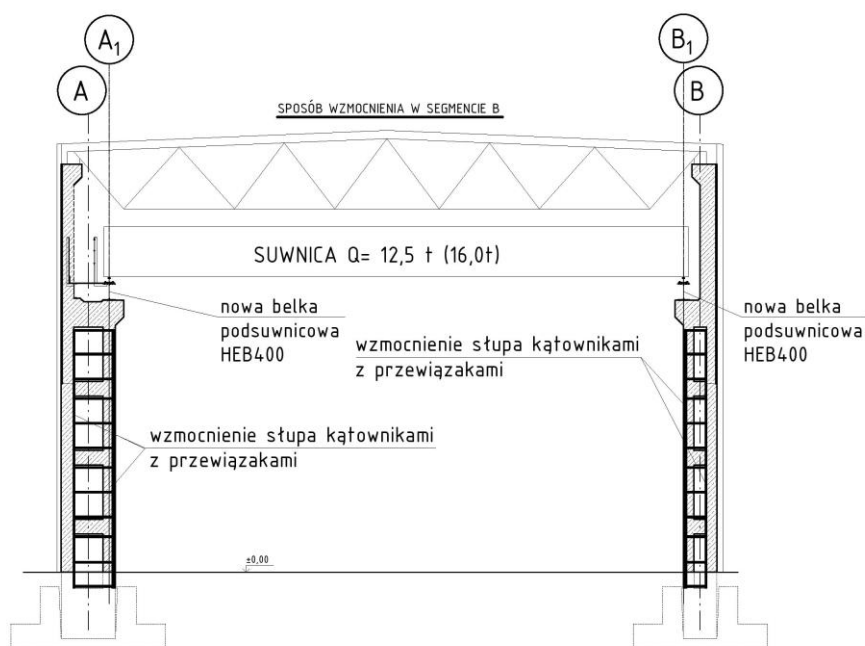
Początkowo przeprowadzono uproszczoną analizę polegającą na sprawdzeniu zginania tylko w płaszczyźnie pionowej, a także ścinania oraz wyznaczono ugięcia pionowe. Obliczeniowy moment zginający wynosił 206 kNm, a siła ścinająca 246 kN. Pominięto wpływ zwichrzenia na nośność, ponieważ potraktowano pomost technologiczny jako element przytrzymujący górny pas belki. Wstępne sprawdzenie nośności (208 kNm) przekroju na zginanie wykazało, że biorąc pod uwagę samo uwzględnienie sił pionowych (nie uwzględniono jeszcze poziomych) daje wykorzystanie przekroju w 99%.

Wykorzystanie nośności na ścinanie (739 kN) wynosiło 33%. Maksymalne ugięcie pionowe belki oszacowano na 14 mm przy dopuszczalnym wynoszącym 1/500 rozpiętości belki tj. 12 mm. Warunek ten był przekroczony o 17%. Mając na uwadze przekroczone wartości ugięć oraz fakt, że uwzględnienie oddziaływania poziomego skutkować będzie znacznym przekroczeniem nośności belki ustalono, że belkę należy wzmocnić lub wymienić na nową.

Analiza możliwości wzmocnienia wykluczyła z ekonomicznego punktu widzenia zasadność takiego działania, w związku z czym zdecydowano, że rozpatrywaną belkę należy zdemontować, a następnie zastąpić nową o prawidłowym przekroju.

W toku kolejnych obliczeń sprawdzających zaproponowano belkę podsuwnicową o przekroju HEB360 ze stali S235. Zaproponowano również - z uwagi na sygnalizowaną przez inwestora możliwość w dalszej przyszłości kolejnej zmiany suwnicy na suwnicę o udźwigu $Q = 160 \text{ kN}$ (16.0 t) - aby zastosować podobnie jak w segmencie A belkę o przekroju HEB400.

2.6. Wzmocnienie żelbetowego słupów gałęziowego segmentu B



Rys. 5. Sposób wzmocnienia w segmencie B

Fig. 5. Means of strengthening in the segment B

Analogicznie jak w segmencie A gałęzie słupów z uwagi na przekroczoną nośność wymagały wzmocnienia. Zaproponowano wzmocnienie gałęzi słupów przez zamocowanie kątowników L 100x100x6 ze stali S235 umieszczonych w narożach i spiętych między sobą przewiązkami.

3. Analiza nośności kablobetonowych belek podsuwnicowych oraz słupów i krótkich wsporników (Zagadnienie 2)

3.1. Opis zagadnienia

Poniżej opisano inny przykład wpływu zmian w suwnicowym układzie transportowym obiektu przemysłowego na konieczność wzmocnienia elementów nośnych hali. Rozpatrywane zmiany miały miejsce w 4-nawowej hali przemysłowej wybudowanej na początku lat 60-tych ubiegłego wieku. Każda z naw obiektu ma wymiar 18.0 x 66.0 m. Układ konstrukcyjny został utworzony z poprzecznych ram 4-nawowych żelbetowych uformowanych z żelbetowych słupów dwugałęziowych i opartych na nich dźwigarów dachowych kablobetonowych. Pokrycie dachu stanowią płyty panwiowe, dla których podporę stanowią dźwigary dachowe. Rozstaw poprzeczny ram wynosi 6.0 m.

W hali dotychczas funkcjonuje transport suwnicowy w każdej z naw, z tym, że w nawie III i IV inwestor zaplanował ze względów technologicznych podniesienie potrzebnego udźwigu suwnic z 100 kN do 125 kN. Dla belek podsuwnicowych stanowiących tor jezdny dla planowanych do modernizacji suwnic, już uprzednio – kilka lat temu – zostało zwiększone dopuszczalne obciążenie wynikające z pierwotnego udźwigu o wartość 50 kN na 80 kN, a następnie do 100 kN.

Kolejne zwiększenie dopuszczalnego obciążenia belek wymagało przeprowadzenia szczegółowej analizy statyczno-wytrzymałościowej elementu. Zastosowana belka podsuwnicowa ma przekrój dwuteowy o wysokości 60 cm i została wykonana jako kablobetonowa. Inwestor nie posiadał dokładnych ani pewnych danych co do typu zamontowanej belki, w związku z tym, nie było podstaw do jednoznacznego określenia istniejącego zbrojenia sprężającego i miękkiego, a przez to występował brak możliwości określenia nośności elementu. Dodatkowym czynnikiem uniemożliwiającym obliczeniowe dokładne wyznaczenie nośności belki był brak znajomości wartości siły sprężającej oraz układu kabli.

Biorąc pod uwagę powyższe czynniki, a w szczególności kolejne i to znaczne planowane zwiększenie udźwigu suwnic w rozpatrywanych nawach, uznano za konieczne przeprowadzenie badań niszczących wybranych belek, w celu oszacowania ich rzeczywistej nośności. Kompleksowe badania przeprowadzone w

Laboratorium Badawczym Materiałów i Konstrukcji Budowlanych Politechniki Krakowskiej pozwoliły równocześnie na określenie pozostałych parametrów fizycznych i materiałowych belek.

3.2. Analiza nośności oraz badania niszczące kablobetonowych belek podsuwnicowych

Do analizy wybrano cztery reprezentatywne belki (znajdujące się w polach najczęściej obciążanych suwnicą). Ich demontaż wiązał się z koniecznością zastąpienia ich belkami stalowymi o odpowiedniej nośności.

W laboratorium belki poddano badaniom niszczącym (rys. 6) w różnych miarodajnych przypadkach obciążeniowych i wyznaczono ich rzeczywistą nośność na zginanie w płaszczyźnie pionowej oraz na ścinanie. Moment niszczący był około 2.5 razy większy niż wartość obliczeniowy momentu wynikający z obciążenia belki podsuwnicowej reakcjami od suwnicy o planowym udźwigu $Q = 125$ kN.



Rys. 6. Belka podczas badania

Fig. 6. Beam during the experiment

W celu ostatecznego określenia dopuszczalnego obciążenia belki uwzględniono również:

- konieczność zabezpieczenia przed korozją cięgien sprężających, a co za tym idzie zapewnienie rysoodporności elementu, co możliwe jest w przypadku, gdy dopuszczalny moment obliczeniowy będzie znacznie mniejszy od rzeczywistego momentu niszczącego,
- wpływ działania sił poziomych prostopadłych do toru (belki podsuwnicowej) i interakcję w naprężeniach złożonych naprężeń od nich pochodzących,
- wpływ naprężeń od skręcania,
- ograniczenie dopuszczalnych ugięć.

W końcowych wnioskach na podstawie kompleksowej analizy otrzymanych wyników oraz biorąc pod uwagę zadowalający stan cięgien sprężających oraz stwierdzoną właściwą i skuteczną iniekcję kanałów kablowych, na przedmiotowym torowisku dopuszczono pracę suwnicy o planowanym udźwigu $Q = 125$ kN.

3.3. Analiza nośności słupów nośnych hali i krótkich wsporników

Dociążenie elementów tor jezdny wiązało się z potrzebą sprawdzenia również słupów głównych wraz z ich krótkimi wspornikami. Odkrytki zbrojenia dokonane w krótkich wspornikach, a następnie przeprowadzona analiza sprawdzająca wykazała brak odpowiedniej nośności elementu do przejścia nowych obciążeń. Główną przyczyną braku nośności był niedobór powierzchni potrzebnego zbrojenia strzemion poziomych. Dodatkowo podczas przeprowadzonej oceny makroskopowej stwierdzono w niektórych wspornikach niewielkie zarysowania mogące świadczyć o ich przeciążeniu. Niektóre ze wsporników zostały już kilka lat temu wzmocnione. Na tej podstawie zalecono bezwzględną konieczność wzmocnienia wszystkich krótkich wsporników w tych nawach poprzez założenie „koszulek” żelbetowych, bądź obejm stalowych. Rysunek 7 przedstawia zdjęcie odkrywki strzemion na czole wspornika.



Rys. 7. Odkrywka czoła krótkiego wspornika

Fig. 7. Discovered front of the short cantilever

Analiza słupów i fundamentów nie wykazała konieczności ich wzmocnienia. Stwierdzono, że elementy te przeniosą bezpiecznie dodatkowe obciążenia.

4. Wnioski i podsumowanie

Częstym zagadnieniem projektowym związanym z modernizacją procesów produkcji jest zmiana suwnicowego układu transportowego w halach przemysłowych. Z tą zmianą wiąże się konieczność przystosowania elementów budowlanych hali do nowych rozwiązań. Zastosowanie suwnic o nowym zwiększonym udźwigu wymusza przeprowadzenie analiz statyczno-wytrzymałościowych sprawdzających dla istniejących elementów budowlanych. Analizy te mają za zadanie potwierdzić możliwość instalacji nowych suwnic, bądź też na ich podstawie formułowane są wnioski co do konieczności i warunków niezbędnych wzmocnień i przebudowy elementów w celu bezpiecznego przejścia nowych zwiększonych obciążeń przez konstrukcję obiektu.

Opracowujący analizę w trakcie jej tworzenia winien uwzględnić szereg istotnych aspektów wpływających na jakość i poprawność wydanego orzeczenia technicznego. W pierwszym etapie przy tego rodzaju problematyce należy zapoznać się z ogólnymi zamysłami inwestora co do planowanych zmian technologicznych i ustalić ich wpływ na istniejącą konstrukcję budynku. W dalszej kolejności na podstawie danych technicznych modernizowanych i nowych urządzeń wyznaczyć należy oddziaływania na elementy budowlane obiektu. Archiwalna dokumentacja projektowa obiektu, dokonane niezbędne badania makroskopowe, odkrywki zbrojenia elementów oraz w razie konieczności badania nieniszczące i niszczące służą do właściwego rozpoznania przyjętego istniejącego rozwiązania konstrukcyjnego obiektu i stanu technicznego elementów. Po sformułowaniu zagadnienia projektowego następuje etap dokonania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, które mają na celu ostateczne przyjęcie rozwiązań budowlanych służących do zapewnienia prawidłowej pracy konstrukcji po wprowadzeniu zmian technologicznych w obiekcie.

W niniejszym referacie przeanalizowano na przykładzie modernizowanych hal przemysłowych kilka zagadnień projektowych związanych ze wzmocnieniem i przebudową elementów konstrukcyjnych obiektów. Omówiono sposób przeprowadzenia analiz statyczno-wytrzymałościowych wybranych elementów hali tj.: belek podsuwnicowych, słupów głównych oraz krótkich wsporników oraz fundamentów. Zagadnienia te są niejednokrotnie skomplikowanymi problemami technicznymi z jakimi projektant musi się zmierzyć w swojej praktyce zawodowej.