

dr inż. Michał Musiał^{1*)}
 dr inż. Wojciech Pawlak¹⁾
 dr inż. Tomasz Trapko¹⁾

Stan techniczny stalowej hali przemysłowej a aspiracje jej użytkowników

Technical state of the steel industrial hall vs. aspirations of its users

DOI: 10.15199/33.2015.06.34

(Studium przypadku)

Streszczenie. Przedmiotem artykułu jest analiza stanu technicznego konstrukcji stalowej hali przemysłowej zlokalizowanej w Chinach, której celem była ocena możliwości zamiany suwnic na nowe o większej nośności. W artykule przedstawiono ocenę stanu technicznego obiektu i analizę statyczno-wytrzymałościową.

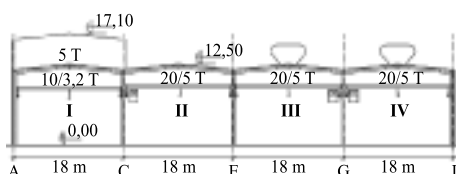
Słowa kluczowe: hala stalowa, stan techniczny, suwnica.

Abstract. The subject of this paper is a technical state analysis of a steel structure of industrial hall located in China. The main purpose of the analysis was the assessment of possibility of overhead crane replacement with a new ones of increased capacities. In the paper the technical state assessment and static – strength analysis of the object was presented.

Keywords: steel hall, technical state, overhead crane.

Jednym z czynników determinujących przegląd konstrukcji budowlanej jest diagnostyka okresowa bądź planowana modernizacja obiektu. Celem omówionej w artykule diagnostyki konstrukcji czteronawowej hali stalowej zlokalizowanej w Chinach była ocena jej stanu technicznego i statyczno-wytrzymałościowe obliczenia sprawdzające w przypadku aktualnych warunków obciążeniowych oraz z uwzględnieniem dodatkowych obciążeń po modernizacji. Ze względu na lokalizację hali zdecydowano się na ocenę jednoetapową, która polegała na: wizji lokalnej; ustaleniu programu pomiarów, badań i analiz; wykonaniu inwentaryzacji konstrukcji oraz analizie dokumentacji i warunków eksploatacji obiektu; badaniach makroskopowych konstrukcji; analizie stanów granicznych konstrukcji oraz ocenie stopnia wyęźnienia jej elementów; sformułowaniu wniosków dotyczących dalszej eksploatacji i możliwości modernizacji obiektu.

We wszystkich nawach hali pracują suwnice pomostowe (rysunek). W ramach modernizacji planowano zwiększenie udźwigu wybranych suwnic przez ich wymianę na



Typowy przekrój hali
Typical cross-section of the hall

¹⁾ Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
^{*)} Autor do korespondencji:
 e-mail: michal.musial@pwr.edu.pl

nowe. Jednak zwiększenie nośności suwnic wymagało wzmocnienia konstrukcji, dlatego dodatkowym elementem przeprowadzonej diagnostyki było podanie ewentualnego zakresu wzmocnień.

Opis konstrukcji hali

Długość hali stalowej wynosi ok. 126 m, a jej głównym ustrojem nośnym są 22 ramy w rozstawie co 6,00 m, z dwuteowych elementów spawanych. Konstrukcja została wykonana ze stali gatunku Q345 (wg [2]), dla której wytrzymałość obliczeniowa wynosi $250 \div 310$ MPa (w zależności od grubości elementu). Połączenia montażowe wykonano na śruby sprężające klasy 10.9. Obudowę hali stanowią dwie warstwy blachy trapezowej z wypełnieniem wełną mineralną. Obiekt posadowiony jest bezpośrednio, na stopach żelbetowych. Hala wyposażona jest w pięć suwnic (rysunek). W nawie I zamontowane są dwie suwnice, jedna o udźwigu 10/3,2 T (pracuje na odcinku długości 30 m), a druga 5 T (użytkowana jest na długości 60 m). Suwnice w nawie I rozdzielone są przewyższeniem długości 36 m. Na całej długości nawy II – IV pracują pojedyncze suwnice o nośności 20/5 T. Belki podsownicowe w postaci spawanych blachownic oparte są na wspornikach (fotografie 1 ÷ 3), połączonych ze słupami spoinami pachwinowymi. Niedawno do boków wsporników przyspawano dodatkowe blachy (oznaczone linią przerywaną na fotografii 1). Niestety nie udało się ustalić, jakie były przesłanki zastosowania tego wzmocnienia. W ramach modernizacji planowana była wymiana suwnic w nawach III i IV (przy zadowalających wynikach analiz). Docelowo ich nośność miała wynosić 35 T.



Fot. 1. Fragment podtorza suwnicy w obrębie słupa
Photo 1. Part of the runway structure by the column



Fot. 2. Oparcie belki podsownicowej na wsporniku
Photo 2. Support of a runaway beam on the cantilever



Fot. 3. Połączenie półki górnej belki podsownicowej ze słupem
Photo 3. Upper flange of runaway beam – column joint

Główne wady konstrukcji

Podczas wizji lokalnej już wstępne oględziny hali wykazały niezadowalający jej stan techniczny. Pierwszym typem elementów o istotnych wadach były stężenia podłużne hali (pionowe tężniki hamowne dla suwnic – fotografia 4). W niektórych polach stwierdzono brak elementów poziomych w tych stężeniach. Zgodnie z dokumentacją pręty rozciągane stężeń $\varnothing 20$ mm powinny być połączone ze słupami z wykorzystaniem nakrętek M20 w części gwintowanej. Zamiast tego przyspawano je bezpośrednio do blach bocznych wsporników podsuwnicowych. Ten sposób połączenia uniemożliwił wstępne napięcie stężeń. Nie powinny zatem dziwić ich znaczne deformacje. Należy zaznaczyć, że znacznie korzystniej byłoby wykonać w całości podłużne stężenia pionowe z zestawów kątowników L125 x 125 x 8 (tak jak w górnej części widocznej na fotografii 4). Problem swobodnie zwisających elementów diagonalnych dotyczył także stężeń połączonych. W tym przypadku wystarczyło jednak wprowadzić wstępną siłę za pośrednictwem części gwintowanej stężenia, które wykonano zgodnie z projektem.

Jednym z kluczowych elementów konstrukcji hali są podtorza suwnic, w których stwierdzono wiele znaczących wad. Zamiast kłęb mocujących szyny do belek podsuwnicowych zastosowano płytki z blach bez jakichkolwiek przekładek elastycznych. Niektóre śruby płytek mocujących były niedokręcone. Wiele zastrzeżeń budził także sposób oparcia belek pod-



Fot. 4. Stężenia podłużne hali
Photo 4. Longitudinal bracings of the hall

suwnicowych na wspornikach słupów hali. W poziomie wspornika zauważono niedociśnięte blachy, brak nakrętek oraz całych łączników, łączniki różnych klas (fotografia 2). W złym stanie były także połączenia belek podsuwnicowych ze słupami w poziomie półki górnej (fotografia 3). Wiele mocowań sprawiało wrażenie, że są z elementów sztukowanych (spawanych z kilku blach), wykonanych w wielu wariantach. Inne częste wady badanego podtorza suwnicy to brak blach dystansowych w stykach belek podsuwnicowych i łączników śrubowych oraz źle wykonane spoiny.

Relatywnie niewiele wad stwierdzono w konstrukcji ram nośnych hali. Przeważnie były to ślady korozji spowodowane nieuszczelnieniami dachu hali i braki łączników lub niedokręcone nakrętki, miejscowe ubytki powłok malarskich, brak żeber wzmacniających w miejscach połączeń. Wady te występowały jednak sporadycznie i można je łatwo usunąć.

Analiza statyczno-wytrzymałościowa konstrukcji

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe konstrukcji hali przeprowadzono zgodnie ze zbiorem norm europejskich (Eurokody). Upřednio porównano podejście proponowane przez normy europejskie z normami chińskimi (m.in. [2, 3]) i właściwymi dla tego regionu publikacjami (m.in. [4]). Stwierdzono zbieżność podejścia do projektowania konstrukcji zgodnie z normami chińskimi i europejskimi. Obciążenia klimatyczne zaczerpnięto z dokumentacji projektowej oraz z literatury [3, 4]. Obliczenia kontrolne przeprowadzone zostały dla modelu przestrzennego konstrukcji hali. Stwierdzono, że niektóre elementy nie spełniają stanu granicznego nośności przy obecnych warunkach obciążenia. Przekroczenia nośności od 10 do nawet 60% wykazano w niektórych narożach rygli ram. W przypadku słupów przekroczenie nośności wynosiło ok. 20%. Wzmocnienia lub wymiany wymagały także belki podtorza suwnic 20/5 T i 10/3,2 T. Powodem było przekroczenie ich nośności o ok. 50%.

Różnice w stosunku do norm europejskich zauważono natomiast w podejściu do projektowania fundamentów. W dokumentacji wymieniono, że przyjęta dopuszczalna wartość naprężeń pod stopą fundamentową wynosi 180 kPa. Wynikałoby z tego, że jest to wartość stała, która nie zależy od głębokości posadowienia (obciąże-

nia grubością gruntu obok fundamentu) czy nachylenia wypadkowej obciążenia. Można zatem domniemywać, że jest to podejście asekuracyjne. W omawianym przypadku wartość dopuszczalna była przekroczona.

Podsumowanie

Analizy stanu technicznego przedstawionej w artykule hali wykazały znaczne wady obiektu, które uniemożliwiały jego modernizację. Co więcej, należało przeprowadzić prace naprawcze oraz zastosować wzmocnienia konstrukcji dla aktualnych obciążeń. Główne działania, jakie należało niezwłocznie podjąć, to:

- wzmocnienie przecięzionych elementów;
- wstępne napięcie stężeń połączonych z prętów $\varnothing 20$ mm;
- zastąpienie pionowych stężeń wiotkich z prętów $\varnothing 20$ mm sztywnymi z kątowników;
- remont kapitalny (wymiana) lub wzmocnienie belek podsuwnicowych;
- generalny przegląd i naprawa konstrukcji podtorza (m.in. mocowań belek do wsporników i słupów, styków belek, mocowań szyn do belek, rektyfikacja torów);
- sporządzenie opinii geotechnicznej i szczegółowa analiza warunków posadowienia.

Do czasu wykonania wymienionych działań naprawczych nakazano zredukowanie obciążeń suwnic.

W artykule zasygnalizowano problemy wynikające z zaniedbań użytkowników stalowej hali przemysłowej. Każdorazowo planując zmiany warunków użytkowania konstrukcji zwiększających oddziaływanie, należy je skonfrontować ze stanem technicznym obiektu. Wiele z zaobserwowanych wad i rzemieślniczych napraw jest nie do zaakceptowania w tego typu konstrukcjach.

Fotografie i rysunek – M. Musiał

Literatura

- [1] Najdek A., Musiał M., Zambrowicz M.: Expertise of a Technical State of the Industrial Hall Structure in China, 2014.
- [2] GB 50017-2003. National Standard of the People's Republic of China. Code for Design of Steel Structures. China Architecture & Building Press, Beijing, 2003.
- [3] GB 50009-2001. China National Standard. Load Code for the Design of Building Structures. China Construction Engineering Press, Beijing, 2002.
- [4] Ge Y., Jin X., Standardization of wind loading for buildings and bridges in China, Country Report for China, Workshop on Regional Harmonization of Wind Loading and Wind Environmental Specification in Asia-Pacific Economies, Atsugi, Japan, 2004.

Otrzymano 25.04.2015