

BEZPIECZEŃSTWO A RACJONALIZACJA KOSZTÓW BUDOWY ORAZ UTRZYMANIA HALI STALOWEJ W CENTRALNEJ BAZIE MAGAZYNOWEJ

SAFETY AND RATIONALIZATION OF CONSTRUCTION COSTS AND KEEPING STEEL HALL IN A CENTRAL WAREHOUSE BASE

Sławomir ONOPIUK

Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Streszczenie

W referacie przedstawiono propozycję rozwiązania problemu bezpiecznego projektowania, wykonawstwa oraz użytkowania hal stalowych, przewidzianych do wykorzystania w obiektach magazynowych Centralnej Bazy Magazynowej. Koncepcja budowy Centralnej Bazy Magazynowej (CBM) na potrzeby ochrony ludności została opracowana w Biurze ds. Ochrony Ludności i Obrony Cywilnej KG PSP na polecenie Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej. Centralna Baza Magazynowa docelowo będzie posiadała funkcje wspierające służby ratownicze podczas prowadzenia działań w obszarze szeroko rozumianej ochrony ludności na terenie kraju i poza granicami.

Słowa kluczowe: hala stalowa, bezpieczne projektowanie, obiekty magazynowe, centralna baza magazynowa, ochrona ludności, racjonalizacja, koszty budowy, bezpieczeństwo.

Abstract

Proposal of solution of problem of safe design, construction and exploitation of steel halls, which are expected to use in storage objects of Central Storage Base, was presented in this paper. Conception of construction Central Storage Base (CBM – in polish) on requirements of protection of populations was processed in Office for Protection of Population and Affairs Civil Defense on errand of Commander in Chief of the State Fire Department. Central Storage Base will support emergency services during carrying out activities in the area of widely understood protection of populations in country and abroad.

Key words: steel hall, safe design, storage facilities, central warehouse base, civil protection, rationalization, construction costs, security.

1. WPROWADZENIE

Efektym stałego monitorowania i analizy sytuacji kryzysowych na terenie kraju oraz poza jego granicami jest, między innymi, powstanie koncepcji budowy Centralnej Bazy Magazynowej (CBM) na potrzeby ochrony ludności. Koncepcja taka została opracowana w Biurze ds. Ochrony Ludności i Obrony Cywilnej KG PSP na polecenie Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej. Centralna Baza Magazynowa docelowo będzie posiadała funkcje wspierające służby ratownicze podczas prowadzenia działań w obszarze szeroko rozumianej ochrony ludności na terenie kraju i poza granicami. Zakłada się powstanie obiektów magazynowych, położonych na terenie całego kraju. Do przechowywania magazynowanych środków pomocy humanitarnej mają służyć regały wysokiego składowania, stanowiące podstawowe wyposażenie hal magazynowych.

W koncepcji budowy Centralnej Bazy Magazynowej założono wstępnie wykorzystanie jednej z typowych konstrukcji hal typu lekkiego. W konstrukcji tej główny ustrój nośny jest typu słupowo-wiązarowego. Dźwigary kratowe wykonane są z profili rurowych. Globalna ocena tej konstrukcji wymaga uwzględnienia specyficznych warunków

wykorzystania hali, charakteryzujących niskim współczynnikiem efektywności przy założonym jednocześnie długim okresie żywotności.

2. ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Szczegółowe wymagania w stosunku do konstrukcji nośnej hali, a więc tego, co decyduje o bezpieczeństwie obiektu, można postawić dopiero po określeniu wymaganych parametrów geometrycznych. A te zostaną sformułowane na podstawie analizy funkcjonalnej, opartej na postawionych wymaganiach, głównie co do wymaganej pojemności oraz maksymalnych gabarytów przechowywanego asortymentu magazynowanych środków humanitarnej pomocy. Wymagania funkcjonalne bardzo silnie wpływają na rozwiązanie konstrukcyjno-budowlane hali. Niezależnie jednak od pojemności hali, można postawić pewne uniwersalne wymagania co do układu nośnego hali. Po pierwsze, jeżeli obiekt ma służyć ochronie ludności w przypadku oddziaływania nadzwyczajnych czynników, to sam musi być przygotowany do funkcjonowania w takich warunkach. Nie może to być hala super lekka, przystosowana jedynie do przenoszenia ciężaru obudowy oraz obciążeń klimatycznych o poziomie nominalnym, wynikającym z postanowień

normowych. Pożądany jest zapas bezpieczeństwa odpowiadający poziomowi wyteżenia $0,7 \pm 0,8$ od najniekorzystniejszej normowej kombinacji obciążeń. Poziom wyteżenia bliski 1,0 często deklaruje się dla powtarzalnych konstrukcji hal powszechnego użytku. Nie zawsze jest to jednak pożądana sytuacja. Duża wrażliwość konstrukcji nośnej na błędy montażowe, trudności z adaptacją do nowych, wyższych obciążeń to tylko niektóre z niepożądanych skutków oszczędności przy konstruowaniu hal stalowych.

Hala w CBM, z uwagi na niską z założenia efektywność spowodowaną wykorzystaniem tylko w incydentalnych sytuacjach, powinna wykazywać zdolność eksploatacyjną przez możliwie najdłuższy okres. W odniesieniu do hal stalowych założony jest okres 50 lat. W tak długim okresie mogą występować różnorodne czynniki, oddziałujące na przedmiotowy obiekt.

Najważniejszy czynnik dla hal z dachami płaskimi i prawie płaskimi to oczywiście opady śniegu. Obliczeniowe obciążenia śniegiem, określone w normach do projektowania, dotyczą wielkości opadów okresowych o tzw. czasie powrotu równym 50 lat. To oznacza, że maksymalne, przewidziane opady mogą statystycznie zdarzyć się raz na 50 lat. Ważniejszy od wielkości opadów jest stan pokrywy śnieżnej, utrzymującej się przez dłuższy czas. Jeżeli pokrywa śnieżna nie zostanie usunięta, ulegnie nawodnieniu a następnie zamrożeniu, to obciążenie po kolejnych opadach może osiągnąć poziom krytyczny [1]. Warunkiem uniknięcia takiej sytuacji jest nie tylko systematyczne odśnieżanie ale i zachowanie zdrowego rozsądku przy określaniu niezbędnej nośności.

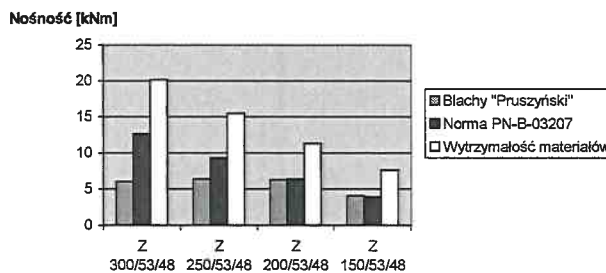
W procedurach przygotowań inwestycji z uwzględnieniem „ścieżki” zamówień publicznych sukces odnoszą te projekty, w których konstrukcja jest najlżejsza a więc i najtańsza. Problemy z eksploatacją takich hal, np. w przypadku konieczności zmiany ich wyposażenia, spadają wyłącznie na użytkowników.

Absolutnie błędne mogą być próby „inżynierskiej” oceny bezpieczeństwa hal typu lekkiego pod nieznacznie nawet zwiększonym obciążeniem. Na potrzeby oceny wiarygodności danych, przekazywanych przez producentów kształtowników zimnogiętych o ich nośnościach, przeprowadzono analityczne obliczenia nośności profili zetowych na zginanie w oparciu o treść właściwej normy oraz metodą klasycznej wytrzymałości materiałów, jak dla prętów przynatycznych. W pierwszym przypadku obliczenia przeprowadzone zostały z uwzględnieniem wszystkich niestandardowych zjawisk, towarzyszących deformacji kształtowników zimnogiętych.

Na rys. 1. przedstawiono graficzne porównanie wyników obliczeń oraz danych, pochodzących z materiałów reklamowych producenta profili zimnogiętych.

Na uwagę zasługują wartości, otrzymane w drodze prostych obliczeń metodami wytrzymałości materiałów, około dwukrotnie większe od pozostałych. Jest to przestroga przed uproszczonym szacowaniem nośności profili cienkościennych. Bardzo zbliżone do siebie są wyniki obliczeń normowych i wartości nośności, podawane przez producenta profili. Dla wysokości profili 200 mm, tj. najczęściej stosowanych jako belki dachowe, wartości nośności są niemal identyczne.

Zestawienie nośności zetowników o grubości 2mm



Rys. 1. Porównanie wyników obliczeń nośności profili zetowych

Należy pamiętać, że zapewnienie nośności zarówno belek płatwiowych, jak i rygli ram wyłącznie z uwagi na zginanie jest tylko jednym z wielu kroków obliczeniowych w trakcie procesu projektowania. Do tego dochodzi jeszcze nośność na ścinanie, interakcja ścinania ze zginaniem i, przede wszystkim, problem stateczności ogólnej.

Większość awarii konstrukcji stalowych następuje w wyniku niedostatecznego zabezpieczenia ich przed utratą stateczności ogólnej lub miejscowej. Niewystarczające są obliczenia statyczno-wytrzymałościowe elementów stężających hale, wykonane łącznie z obliczeniami projektowymi głównych elementów szkieletu nośnego. Elementy stężające typu cięgnowego czy też kratownicowego muszą być sprawdzone według specjalistycznych procedur obliczeniowych. Brak właściwych obliczeń powinien być podstawą do odrzucenia projektu konstrukcji hali. Taki stan rzeczy będzie możliwy wtedy, gdy zamawiający będzie posiadał chociaż elementarną wiedzę na temat złożoności procesu projektowania hal.

3. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE PROJEKTOWO-WYKONAWCZE

W przypadku konstrukcji hali, przewidzianej do wykorzystania w Centralnej Bazie Magazynowej, założono, że na metr bieżący belki kratowej, będącej głównym nośnym ustrojem dachowym, może być przyłożone dodatkowe obciążenie o wartości 10 kg/m, tzn. że na 1 m² dachu może być przyłożone średnie obciążenie o masie ok. 1,5 kg. To oznacza, że może wystąpić problem, np. z podwieszeniem lokalnie cięższej lampy oświetleniowej. I tu tkwi tajemnica niskiej, a wręcz najniższej z możliwych ceny jednostkowej rozpatrywanej konstrukcji hali. Nie można oszczędzać na konstrukcji nośnej.

Pytanie, w jaki sposób cena, a co za tym idzie i ciężar konstrukcji stalowej, przekłada się na wzrost nośności układu nośnego. To nie jest tylko zwiększenie przekroju prętów. To również odpowiednia redystrybucja ciężaru stali, polegająca na wyborze właściwego rozwiązania konstrukcyjnego. Rozwiązanie zastosowane w przypadku wybranej konstrukcji jest dalekie od ideału. Na pręty konstrukcji nośnej zastosowano cienkościennie profile zimnogięte. Każde lokalne uszkodzenie takiego profilu może wpłynąć na obniżenie nośności całego układu konstrukcyjnego.

Wykonanie głównych belek dachowych w wersji kratownicowej stwarza podobne zagrożenie. Uderzenie paletą

lub bezpośrednio wózkami widłowymi może spowodować wygięcie pręta w kratownicy i w konsekwencji spadek lub nawet całkowitą utratę nośności takiego dźwigara. Zdecydowanie lepszym, zalecanym rozwiązaniem jest zastosowanie dźwigarów pełnościennych, spawanych z blach. Ważne jest, aby poprawnie zaprojektowana konstrukcja wykazywała pewne rezerwy nośności. Takie rezerwy można dostrzec w możliwości uplastycznienia przekroju konstrukcji nośnej. Optymalny byłby schemat ramy tzw. pełnościągłej o sztywnych węzłach. Na drugim końcu są konstrukcje kratownicowe z przegubowym oparciem na słupach – takie jak w przypadku wybranej konstrukcji hali. Połączenia elementów zimnogiętych, tworzących pręty konstrukcji, są zrealizowane w dużej mierze na wkręty samowierzące. W zestawieniu z małymi grubościami ścianek jest to nieoprawne rozwiązanie. Po kilku czy kilkunastu latach takie połączenia będą wykazywać cechy rozszczelnienia. Nośność ich może radykalnie obniżyć się.

Rozwiązania uznanych firm produkujących hale stalowe (Astron, Lindab) opierają się na schemacie statycznym ramy portalowej, wykonanej z prętów spawanych z blach. Oszczędności w tych rozwiązaniach szuka się, optymalizując kształt ustroju oraz zmienną sztywność pręta. Krytyczny wpływ na nośność układu konstrukcyjnego hali mają również standardowe czynności projektowe i wykonawcze, realizowane często wadliwie [3]. Kwalifikacje projektantów, wykonawców i monterów często pozostawiają wiele do życzenia. Ryzyko negatywnych konsekwencji takiego stanu rzeczy jest duże. Dlatego też ważna jest fachowa kontrola procesu powstawania obiektu – niezależna od wykonawcy – niekoniernie wynikająca z postanowień Prawa Budowlanego. Taką praktykę bezwzględnie stosują inwestorzy zagraniczni.

Konieczność ograniczonego zaufania do działań osób uczestniczących w procesie inwestycyjnym jest oczywista. Znane są przykłady przeróżnej ludzkiej bezmyślności. Konsekwencje nieprzewidywalnej działalności inżynierów budownictwa są również przeróżne. Warto zainwestować w fachowy nadzór, zamiast ponieść konsekwencje braku takiej kontroli.

Szczególne znaczenie w przypadku obiektów wielkopowierzchniowych, tj. przy dużych rozstawach podpór w powiązaniu z dużymi powierzchniami dachów, ma działalność kontrolna.

W tym wypadku dochodzą problemy z odśnieżaniem dachu, odwodnieniem czy rozmieszczeniem instalacji. Następuje wzajemna interakcja różnego typu oddziaływań, spowodowanych płaskim kształtem i wielkością dachu.

4. PODSUMOWANIE

W przedstawionym referacie scharakteryzowano zagadnienia związane z wykorzystaniem na potrzeby Centralnej Bazy Magazynowej (CBM) hal stalowych typu lekkiego. Wskazano na specyfikę elementów procesu inwestycyjne-

go, związanych z projektowaniem, wykonawstwem i użytkowaniem tego typu obiektów. Maksymalne, projektowane wyężenia konstrukcji nośnych hal są czynnikiem, zmuszającym uczestników tych wszystkich procesów, a w szczególności użytkowników, do właściwej, uwzględniającej przewidywane zagrożenia, eksploatacji.

Właściwym rozwiązaniem na drodze eliminacji szeregu nieprawidłowości, występujących w trakcie eksploatacji obiektu, jest tworzenie przez projektanta hali „instrukcji eksploatacji obiektu”. Instrukcja taka powinna zawierać zestawienie obciążeń projektowych, uwagi do rozmieszczenia elementów eksploatacyjnych, obciążających halę, zalecenia kontrolne do obiektu, dopuszczalne obciążenie śniegiem z podaniem zastępczych, dopuszczalnych parametrów obciążenia w przypadku różnych warstw śniegowych lub lodowych, uwagi dotyczące technologii odśnieżania dachu oraz, co jest bardzo ważne w przypadku obiektów magazynowych, dopuszczalne obciążenie ogniowe. Elementy prętowe konstrukcji stalowych, w szczególności cienkościennie, są szczególnie wrażliwe na obciążenia wysokimi temperaturami [2].

W przypadku konstrukcji statycznie niewyznaczalnych, już przy temperaturze ok. 300°C generują się dodatkowe siły wewnętrzne, których wpływu na konstrukcję nie można pomijać. Siły o kierunku poziomym, nieuwzględnione w projektowaniu, stanowią szczególne zagrożenie dla stateczności ogólnej konstrukcji.

Użytkownik hali lub osoba odpowiedzialna za właściwą eksploatację powinien znać zakres sprawdzeń kontrolnych obiektu, tak aby móc wyegzekwować wszystkie czynności sprawdzające od wykonawcy przeglądu kontrolnego. Ocena kwalifikacji osoby kontrolującej, na podstawie przewidywanego zakresu sprawdzeń, może skutecznie przyczynić się do zapobieżenia awarii lub katastrofie budowlanej obiektu.

Literatura

- [1] Biegus A., Rykałuk K., Problemy konstrukcyjne i statyczno-wytrzymałościowe projektowania hal o dużej rozpiętości w aspekcie katastrofy w Chorzowie XXIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Awary budowlane 2007”, Szczecin – Międzyzdroje, 23-26.05.2007, str. 19-38.
- [2] Onopiuk S., Problemy projektowania, wykonawstwa i eksploatacji budynków halowych z przekryciami o dużej rozpiętości. „Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń”; Wojskowa Akademia Techniczna; 2011; tom II, str. 589-603.
- [3] Onopiuk S., Stolarski A., Analiza nośności dachowego układu konstrukcyjnego hali stalowej pod niestandardowym obciążeniem. XXV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń” Ekomilitaris 2011, Zakopane, 13-16.09.2011, 406-428.