

Bezpieczeństwo hal namiotowych

Dr inż. Andrzej Kowal, Politechnika Wroclawska

1. Wprowadzenie

Zima 2010 roku przyniosła znaczne opady śniegu. Niektórzy właściciele i zarządcy budynków, pamiętając katastrofę hali w MTK w Katowicach (w 2006 r.), usuwali śnieg z dachów obiektów. Szczęśliwie media nie doniosły o żadnej katastrofie budowlanej, a jedynie o awariach budynków nieużywanych, zamknięciu kilku obiektów, w których stwierdzono pojawienie się rys, pęknięć lub za dużych ugięć. Niestety nie znaczy to, że trakcie zimy 2010 r. duże opady śniegu nie zidentyfikowały niestatecznej nośności wielu obiektów. Najczęściej to nie ponadnormatywne obciążenie śniegiem dachu obiektu budowlanego jest przyczyną katastrofy lub awarii obiektu, lecz za mała jego wytrzymałość.

Na rysunku 1 pokazano widok lodowiska, o konstrukcji namiotowej, która uległa zawaleniu. Zdjęcie wykonano kilka dni po katastrofie obiektu, po kolejnych opadach śniegu. Katastrofa wystąpiła w godzinach porannych 10.01.2010 r., kilka godzin przed udostępnieniem lodowiska dla publiczności.

W dniu poprzedzającym katastrofę hali namiotowej wystąpiły znaczne opady śniegu. Zarządca obiektu przez całą noc usuwał śnieg

z dachu obiektu. Śnieg usuwano wypychając od dołu pokrycie namiotu (z rusztowania) i przepychając śnieg z kolejnych przęseł na zewnątrz poza namiot. Hala uległa zniszczeniu po około 2 godzinach od usunięcia śniegu z jej dachu.

2. Opis konstrukcji hali namiotowej

Badana hala ma aluminiową konstrukcję nośną. Jej poprzecznymi ustrojami nośnymi są pełnościenne ramy jednonawowe. Ich rozpiętość wynosi 25 m, wysokość zaś wynosi w okapie 5,5 m oraz 9,0 m w kalenicy. Rozstaw ram poprzecznych (w kierunku podłużnym hali) wynosi 5 m.

Słupy i rygle ram poprzecznych hali wykonano z kształtownika quasi-skrzynkowego 255 x 130 x 3, ze stopu aluminium SAPA 6005A-T6. Połączenia słupa z rygłem oraz rygla w kalenicy ramy poprzecznej wzmocniono prętami-zastrzałami (rys. 3), o przekroju zamkniętym $\square 100 \times 80 \times 3$, ze stali S355.

Konstrukcję wsporczą namiotowej osłony dachowej oraz ściennej hali są płatwie i rygle ścienne. Są one połączone z ryglami i słupami ram poprzecznych hali. Wykonano je z aluminiowego kształtownika quasi-skrzynkowego $\square 200 \times 120$

x 5. W połaci dachowej zastosowano poziome stężenia poprzeczne, z cięgien prętowych.

Konstrukcję nośną hali zaprojektowano jako rozbieralną (do wielokrotnego stosowania). Wszystkie jej połączenia montażowe wykonano na stalowe łączniki „wsuwane” w quasi-skrzynkowe kształtowniki aluminiowe, a także na śruby.

Pokrycie ścienne i dachowe hali stanowiła jedna warstwa tkaniny PVDF powlekaną PVC. Tkanina zamocowana była do ram poprzecznych poprzez keder wsuwany w specjalnie wyprofilowane rowki w quasi-skrzynkowym kształtowniku nośnym.

3. Przyczyna awarii hali

Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że bezpośrednią przyczyną katastrofy było obciążenie śniegiem. Na rysunku 2 pokazano zniszczenie słupa ramy poprzecznej w miejscu połączenia z zastrzałem.

Szybki i ciągły przyrost opadu śniegu sprawił, że nie było możliwe całkowite jego usunięcie z dachu namiotu. Wówczas to musiało dojść do trwałego uszkodzenia elementu konstrukcyjnego (słupa lub rygla ramy poprzecznej), które skutkowało zawaleniem się hali – na szczęście po wyjściu ekipy odśnieżającej, a przed wejściem młodzieży uprawiającej łyżwiarstwo.

Czy jednak zrzucenie winy na złośliwą aurę i powolność ekip odśnieżających jest zasadne? Wykonawcy podobnych hal twierdzą, że nie mają sobie nic do zarzucenia, gdyż zalecają usuwanie śniegu z dachu hali, gdy jego grubość przekroczy 8–10 cm, a zatem przy obciążeniu wynoszącym około 0,10 kN/m² (ciężar świeżego puchu zgodnie z normą EN 1991-1-3 wynosi 1,0 kN/m³). Przedstawiona sytuacja rodzi pytanie czy hala opisana



Rys. 1. Widok zawalonej hali namiotowej (ze śniegiem na dachu po kolejnych opadach; przed katastrofą dach hali był odśnieżony)



Rys. 2. Zniszczony słup poprzecznej ramy nośnej hali w przekroju największego momentu zginającego

jako obiekt tymczasowy może nie spełniać wymagań warunków technicznych obowiązujących w Polsce?

4. Obiekt tymczasowy a warunki techniczne

W uzasadnieniu wyroku Naczelnego Sądu Administracyjnego w Warszawie, II OSK 71/05 z 6 października 2005 r. dotyczącego obiektu tymczasowego [1], stwierdzono m.in.: „Tymczasowy obiekt budowlany to nic innego, jak obiekt budowlany, a więc budynek, budowla, czy obiekt małej architektury (art. 3 pkt. 1 ustawy Prawo Budowlane), posiadający dodatkowe szczególne cechy (przeznaczony do czasowego użytkowania w okresie krótszym od jego trwałości technicznej i przewidziany do przeniesienia w inne miejsce lub rozbiórki czy też nie połączony trwale z gruntem). Posiadanie szczególnych cech nie zmienia faktu, że zawsze mamy do czynienia z obiektem budowlanym i powinien on spełniać wymagania zawarte w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych”.

Przytoczony fragment uzasadnienia NSA jasno i bezdyskusyjnie stwierdza, że hala namiotowa, także jeśli traktować ją jako obiekt tymczasowy, musi spełniać wymagania warunków technicznych budowli. Dotyczy to zarówno odległości od innych obiektów, jak i spełnienia stanów granicznych nośności od obciążeń ustalonych zgodnie z obowiązującymi

normami obciążeń. Pewne nieznaczne redukcje oddziaływań są możliwe dla obiektów o okresie użytkowania krótszym niż 50 lat, tak jak to definiują obowiązujące normy obciążeń (a nie dowolnie według uznania producenta czy projektanta).

5. Norma europejska dotycząca namiotowych obiektów tymczasowych

W roku 2007 ukazała się europejska norma dotycząca tymczasowych obiektów namiotowych [2]. Zawiera ona m.in. wymagania dotyczące sprawdzenia stanów granicznych nośności i stanów granicznych użytkowalności obiektów namiotowych. Według [2] należy w ocenie bezpieczeństwa analizowanych konstrukcji stosować europejskie normy obciążeń:

- PN-EN 1991-1-1 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny obciążenia użytkowe w budynkach,
- PN-EN 1991-1-2 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcję w warunkach pożaru,
- PN-EN 1991-1-3 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem,
- PN-EN 1991-1-4 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Obciążenia wiatru.

Norma [2] zezwala na redukcję obciążenia śniegiem konstrukcji, o ile zapewni się stosowne działania i środki, które skutecznie zapobiegają gromadzeniu się śniegu na namiocie. Według [2] warunkiem zmniejszenia w analizach obciążenia śniegiem jest jednoczesne spełnienie poniższych wymagań:

- instalacja urządzenia do ogrzewania i przygotowanie do użytkowania,
- uruchomienie ogrzewania przed opadami śniegu,
- ogrzewanie namiotu w taki sposób, aby cała nawierzchnia pokrycia miała

temperaturę zewnętrzną $+2^{\circ}\text{C}$.

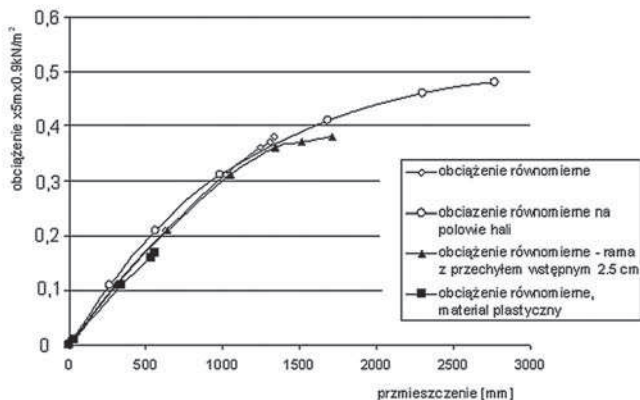
Jeśli są spełnione powyższe wymagania, to w ocenie nośności konstrukcji należy wykazać, że jej bezpieczeństwo jest zapewnione przy obciążeniu śniegiem o wartości $0,3 \text{ kN/m}^2$.

Norma [2] nie podaje innej alternatywnej (do ogrzewania namiotu) metody zapobiegania gromadzenia się śniegu na dachu badanego typu hal. Należy przez to rozumieć, że ogrzewanie powłoki namiotu jest jedynym bezpiecznym sposobem na uniknięcie gromadzenia się śniegu. Równomierne ogrzewanie warstwy zewnętrznej możliwe jest jedynie przy zastosowaniu dwupowłokowego pokrycia namiotu i zapewnieniu cyrkulacji ciepłego powietrza pomiędzy powłokami. Zalecenie o dopuszczalnej grubości warstwy śniegu równej np. 10 cm i konieczności usuwania śniegu w sposób mechaniczny jest sprzeczne ze zdrowym rozsądkiem i nie daje gwarancji bezpieczeństwa obiektu. Przedstawiona katastrofa konstrukcji hali lodowiskowej jest tego ilustracją. Zarządca obiektu nie był w stanie uniknąć katastrofy, szczęśliwym zbiegiem okoliczności nie doszło do ofiar w ludziach.

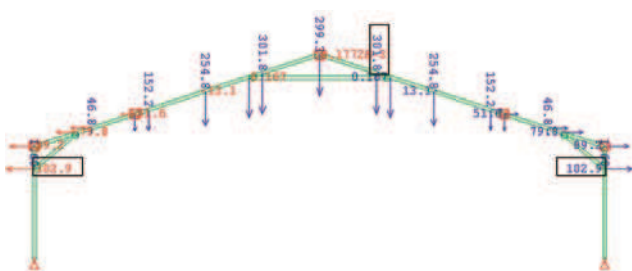
6. Ocena nośności hali namiotowej

Na rysunku 3 przedstawiono ścieżkę równowagi statycznej (wykres obciążenie P – przemieszczenie y) ramy układu poprzecznego analizowanej hali.

Najwyższy mnożnik stabilnego symetrycznego obciążenia (śnieg na obydwu połaciach) wyniósł $0,38$ (czemu odpowiada obciążenie $0,5 \text{ kN/m}^2$), przy czym ugięcia dla ostatniego stabilnego obciążenia wyniosły ponad $1,0 \text{ m}$. Wykonano także analizę ramy poprzecznej hali obciążonej niesymetrycznym śniegiem (śnieg na jednej połaci – sytuacja dachu w trakcie odśnieżania), najwyższy mnożnik obciążenia wyniósł $0,47$, zatem nie można upatrywać przyczyn zawalenia się hali w niewłaściwym sposobie odśnieżania. Obciążenie śniegiem wynoszące



Rys. 3. Ścieżka równowagi statycznej ramy. Obciążenie graniczne wyniosło 17% obciążenia normowego (0,22 kN/m²)



Rys. 4. Deformacje ramy przy równomiernym obciążeniu hali śniegiem 0,13 kN/m² (10% normowego obciążenia śniegiem)

10% obciążenia normowego (0,13 kN/m²) wywołuje ugięcia rygla ramy układu poprzecznego hali $y = 301,8$ mm (rys. 4). Jest ono większe od ugięcia granicznego $y_{gr} = L/250 = 2500/250 = 100$ mm. Wychylenie głowicy słupa ramy nośnej hali wynosi $u = 102,9$ mm i jest większe od granicznego $u_{gr} = h/150 = 550/150 = 36,6$ mm).

Przedstawiona ścieżka równowagi statycznej (rys. 3) została wykonana dla materiału idealnie sprężystego oraz dla materiału idealnie sprężysto-plastycznego. Obciążenie śniegiem, które wynosiło zaledwie 0,22 kN/m² wywołuje pełne uplastycznienie zastosowanego aluminiowego kształtownika skrzynkowego (czarne kwadraty na wykresie, rys. 3).

7. Wnioski końcowe

Niezwykła taniość hal namiotowych nie wynika z zaawansowania technologicznego, małego ciężaru czy wyjątkowo korzystnej pracy przekrycia tekstylnego, ale z arogancji producentów, braku świadomości inwestorów i przede wszystkim z faktu omijania Prawa budowlanego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Uzasadnienie wyroku Naczelnego Sądu Administracyjnego w Warszawie, II OSK 71/05, Wyrok z 6 października 2005 r.
- [2] PN-EN 13782:2007 Obiekty tymczasowe, Namioty, Bezpieczeństwo

Mostostal
WARSZAWA

Budownictwo przemysłowe
i energetyczne



Mostostal Warszawa SA to jedna z największych firm budowlanych w Polsce, mająca za sobą 65 lat bogatej tradycji. Prowadzi działalność we wszystkich sektorach branży budowlanej kraju jak i Europy. Jako generalny wykonawca realizuje obiekty z zakresu budownictwa przemysłowego, energetycznego, inżynierii środowiska, ogólnego, inżynierskiego oraz infrastruktury drogowej. W swoim działaniu łączy etos i wieloletnią tradycję polskiej myśli inżynierskiej z profesjonalną organizacją i szerokim wykorzystaniem najnowocześniejszych technologii.

Stoleczna spółka jest głównym udziałowcem kilkunastu przedsiębiorstw tworzących Grupę Kapitałową Mostostal Warszawa, prowadzących szeroko zakrojoną działalność wykonawczą i projektową we wszystkich segmentach rynku budowlanego. Kluczowe spółki z Grupy to: Remak SA, Mostostal Puławy SA, Mostostal Kielce SA, Mostostal Płock SA, AMK Kraków SA.

www.mostostal.waw.pl