

Przyczyny awarii obserwatorium meteorologicznego na Śnieżce

Dr inż. Jan Gierczak, dr inż. Rajmund Ignatowicz, dr inż. Wojciech Lorenc,
Politechnika Wrocławska

1. Wprowadzenie

W dniu 16.03.2009 r. górny dysk Obserwatorium Meteorologicznego znajdującego się na szczycie Śnieżki uległ awarii. Awaria poprzedzona była efektami akustycznymi pękającej konstrukcji. Na 2/3 całości obwodu konstrukcja uległa zniszczeniu. Dolna część dysku górnego odpadła od pozostałej konstrukcji. Obiekt zaczęto budować pod koniec lat 60. XX wieku i został ukończony w 1974 roku. Obserwatorium Meteorologiczne ma funkcję nie tylko meteorologiczną, ale także jest obiektem turystycznym z zapleczem restauracyjnym.

2. Opis konstrukcji dysku górnego

Obserwatorium Meteorologiczne wybudowano w konstrukcji mieszanej. Głównym elementem konstrukcyjnym jest trzon murywany z wieńcami żelbetowymi, wykorzystany jako trzon komunikacyjny pomiędzy poszczególnymi

piętarami. Bezpośrednio do trzonu przylegają trzy dyski. Dyski te są o konstrukcji stalowej kratowej i są wykonane na różnych poziomach. Awarii uległ dysk najwyższy.

Dysk górny ma zasadnicze dwie niezależne konstrukcje. Część górna składa się z czterech belek stalowych o przekroju dwuteowym w części przypodporowej oraz w części poza podporą przechodzących w kratownice (rys.1). Konstrukcja belek głównych jest o wysokości 400 mm. Na tej konstrukcji spoczywają płatwie, a na nich pokrycie dachowe.

Dolna część spodka górnego składa się z 8 krat wspornikowych mocowanych do trzonu klatki schodowej. Uzupełnieniem konstrukcji są 2 kraty spoczywające na kratkach wspornikowych zgodnie z rysunkiem 2. Kraty wspornikowe są o długości od 4,14 do 5,21 m i wysokości od 1,12 do 1,30 m. Pas górny jest wykonany z teownika T60 x 60 x 7, pas dolny jest wykonany z T80 x 80 x 9, natomiast krzyżulce i słup-

ki z T60 x 60 x 9 i T50 x 50 x 6. Pomiędzy kratami wspornikowymi były wykonane stężenia pionowe i stężenia w płaszczyźnie dolnej krat wspornikowych.

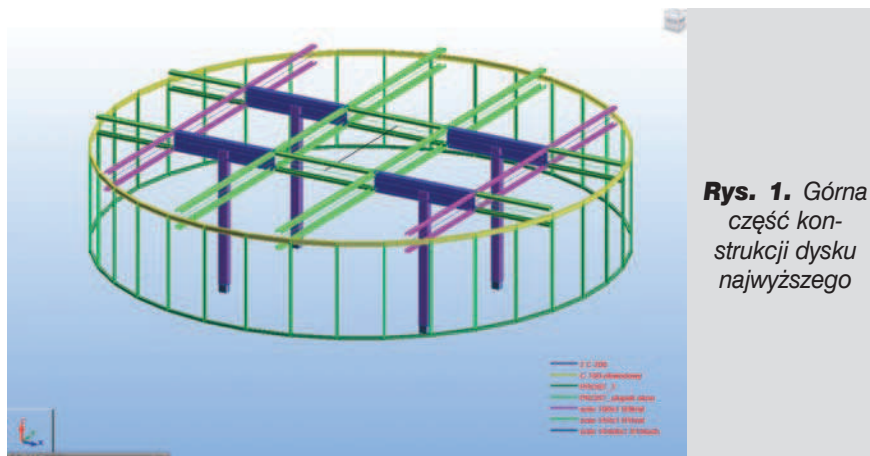
Konstrukcja stalowa była wykonana ze stali St3SX, St3SY oraz St3S o granicy plastyczności $R_e = 235$ MPa. Stal ta jest zaliczana do stali łatwo spawalnych.

Konstrukcja ta była wykonywana na placu budowy. Tam także wykonywano spoiny pachwinowe i czółtowe w pasach rozciąganych.

3. Obciążenie konstrukcji

Obciążenia konstrukcji położonej na szczycie o wysokości 1602 m n.p.m. jest sprawą istotną i zasadniczą, gdyż na tej wysokości obciążenia klimatyczne, tj. wiatrem i śniegiem są obciążeniami dominującymi. Należy tutaj nadmienić, że rejon Śnieżki należy do najbardziej wietrznych rejonów w Europie. Prędkość wiatru dochodzi do 240 km/h, a częstość występowania wiatru jest bardzo duża. Wystarczy przytoczyć dane Instytutu Meteorologicznego i Gospodarki Wodnej, który prowadzi badania meteorologiczne na Śnieżce od ponad 100 lat. Z badań tych wynika, że jest tylko 60 dni w roku, w których prędkość wiatru jest mniejsza niż 10 m/s.

Obciążenie śniegiem jest także obciążeniem zasadniczym z powodu osiągniętej wysokości pokrywy śnieżnej, sięgającej do 2,47 m. Ponadto, gęstość śniegu jest zbliżona do gęstości wody. Z tego powodu obciążenie śniegiem jest



Rys. 1. Górna część konstrukcji dysku najwyższego



Rys. 2. Widok ogólny na konstrukcję stalową spodka górnego części dolnej

istotnym i dominującym obciążeniem konstrukcji. W oszacowaniu obciążeń klimatycznych posłużono się nie tylko obowiązującymi normami przedmiotowymi, lecz także danymi dostarczonymi przez IMiGW we Wrocławiu. Dane te pozwoliły zweryfikować i doprecyzować obciążenia otrzymane za pomocą norm przedmiotowych.

4. Badania laboratoryjne i obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

Przeprowadzone obliczenia statyczno-wytrzymałościowe pozwoliły określić próg naprężeń panujących w poszczególnych elementach. Niektóre elementy miały sumaryczne naprężenia równe minimalnej granicy plastyczności R_p , a niekiedy mogły ją nieznacznie przekroczyć. Konstrukcja ta nie ulegała zniszczeniu, gdyż rzeczywista granica plastyczności R_p jest znacznie większa. Wyniki badań wytrzymałościowych stali wykonanych na Politechnice Wrocławskiej potwierdziły duży rozrzut granicy plastyczności stali, z której została wykonana konstrukcja. Dla stali pochodzącej z tego okresu tj. lata 70. XX wieku było to standardem. Zatem, jak wykazały obliczenia, część prętów doznawała uplastycznienia miejscowego. Rezerwa plastyczna ustroju mogłaby być wykorzystana pod warunkiem obciążeń stałych o nie zmieniających się wartościach. W rozpatrywanym obiekcie obciążeniami

wiodącymi są obciążenie śniegiem i wiatrem. Z tego powodu w prętach pojawiają się rozciągania wywołujące naprężenia dochodzące do granicy plastyczności i naprężenia ściskające dochodzące do 60% naprężeń równych granicy plastyczności. Z tego względu obciążenie zmęczeniowe zostaje wyczerpane przy liczbie cykli od 102 do 105. Taka różnica występowała w pasie górnym przypodorowym krat wspornikowych, co spowodowało bardzo małą odporność na obciążenie zmęczeniowe. W tych miejscach wykonane były spoiny.

5. Przyczyny awarii

W dniu 16.03.2009 r. konstrukcja dolna dysku najwyższego uległa zniszczeniu. Awaria poprzedzona była efektami akustycznymi pękającego na 2/3 całości obwodu dysku górnego. Po awarii firma specjalistyczna zaczęła usuwać elementy niekonstrukcyjne

i składować w wyznaczonym bezpiecznym miejscu. Pozwoliło to bez przeszkód dotrzeć do miejsc uszkodzonej konstrukcji. Przede wszystkim odnaleziono miejsca zerwania spoin czołowych występujących w prętach rozciąganych. Spoiny te były wykonane bezpośrednio na placu budowy i nie przebiegały przez cały przekrój, tzn. założone były w pasie teownika, natomiast środnik był ciągły. Pole przekroju spoiny było zdecydowanie mniejsze niż pole przekroju teownika. Nie bez znaczenia jest fakt, że teowniki te w zimie, przy obciążeniu śniegiem, były znacznie wyężone i dodatkowo przy wiejącym wietrze były w pełni wykorzystane. Sztywność krat była na tyle duża, że konstrukcja nie była podatna na dynamiczne działanie wiatru. Jednak biorąc pod uwagę dużą zmienność obciążenia wiatrem i śniegiem w czasie, pręty kratownicowe wspornikowych były obciążone cyklicznie, cyklem dwustronnym, tzn. raz pręt był rozciągany raz ściskany, w zależności od pory roku. Dodatkowo pręty, które były rozciągane w zimie od obciążenia śniegiem mogły być ściskane latem od obciążenia wiatrem.

Konstrukcje poddane wielokrotnym zmiennym obciążeniom ulegają często zniszczeniu przejawiającemu się w postaci niespodziewanego pęknięcia, następującego po określonej liczbie zmian obciążenia. Należy podkreślić, że na podstawie elektronooptycznych badań powierzchni przeto-



Rys. 3. Konstrukcja wraz z obudową przed usunięciem zniszczonych elementów



Rys. 4. Widoczne zerwanie pasa górnego kraty wspornikowej w miejscu wykonania spoiny

mów można odtworzyć historię obciążenia, a zwłaszcza prędkość pęknięcia zmęczeniowego (liczbę cykli niszczących) oraz pośrednio wartości naprężeń. Badań tych nie przeprowadzono, wykonując jedynie symulacje komputerowe. Wykonane symulacje komputerowe potwierdziły powyższą tezę. W rozważanym przypadku nastąpiło zmęczenie materiału niskocyklowe z nałożeniem zjawiska zmęczenia cieplnego, tzn. przy

temperaturze zmiennej w czasie. Należy nadmienić, że konstrukcja pracuje w skrajnych warunkach klimatycznych, m.in. prędkość wiatru dochodzi do 65 m/s, pokrywa śnieżna sięga 2,47 m – wg danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Awaria konstrukcji nastąpiła w czasie, w którym nie było największego obciążenia klimatycznego. Według danych IMiGW obciążenia ekstremalne, tj. największa gru-

bość pokrywy śnieżnej występowały w latach poprzednich.

6. Wnioski końcowe

Na podstawie analiz, symulacji komputerowych, wizji lokalnych i badań laboratoryjnych, za główną przyczynę awarii budowlanej możemy uznać niewłaściwe wykonanie spoin w prętach rozciąganych, które nie miały zdolności przenoszenia obciążeń zmęczeniowych niskocyklowych.

Prawdopodobnie konstrukcja nie była analizowana na obciążenia zmęczeniowe, gdyż obowiązujące w latach 60 i 70 XX wieku normy przedmiotowe nie nakazywały obliczeń obciążeniem zmęczeniowym.

BIBLIOGRAFIA

[1] Ekspertyza techniczna dot. przyczyn awarii dysku górnego i zabezpieczenia pozostałej części konstrukcji przed dalszą degradacją Wysokogórskiego Obserwatorium Meteorologicznego na Śnieżce 1602 m npm; Polska Technika Budowlana „POLTEBUD”

Decobet Kostka z natury poukładana

Zalety produktów Decobet

- **Niska cena**
dzięki zastosowaniu specjalnych dodatków mineralnych
- **Ekologiczna technologia produkcji**
wykorzystująca spoiwo hydrauliczne **FLUBET**[®]
- **Większa wytrzymałość**
na ściskanie i lepsza mrozoodporność



Eltur-Wapore

Żarska Wies 4 tel.: +48 75 645 29 61 e-mail: biuro@decobet.pl
59-900 Zgorzelec faks: +48 75 645 29 52 www: www.decobet.pl

Decobet – marka produktów firmy Eltur-Wapore