

Konstrukcja stalowego dachu spodka dolnego obserwatorium meteorologicznego na Śnieżce w kontekście oceny stanu przedawaryjnego

XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna awarie budowlane 2013

Dr inż. Jan Gierczak, dr inż. Rajmund Ignatowicz, dr hab. inż. Wojciech Lorenc,
Instytut Budownictwa, Politechnika Wroclawska

1. Wprowadzenie

Śnieżka w XVIII wieku była jednym z najliczniej odwiedzanych szczytów w Europie, między innymi z uwagi na zakończenie budowy kaplicy św. Wawrzyńca w 1681 r. W 1880 r. rozpoczęto prowadzenie systematycznych obserwacji meteorologicznych. W celu kontynuowania badań i obserwacji, w 1900 roku wybudowano obserwatorium, które było jedną z najdroższych inwestycji w Europie. W czasie II wojny światowej Śnieżka pełniła ważną rolę z uwagi na zainstalowaną przez Niemców stację radiową dla potrzeb lotnictwa (stacja posiadała bezpośrednią łączność z kwaterą Hitlera). Pod koniec wojny dowództwo naczelné Wehrmachtu zaplanowało wysadzenie w powietrze ówczesnego budynku Obserwatorium z uwagi



Rys. 1. Zabudowania na Śnieżce 1900 r. Budynek starego obserwatorium (źródło: internet)

na znaczenie strategiczne. Na szczęście niesprzyjająca pogoda, jak również bezpośrednie zaangażowanie ówczesnego kierownika obserwatorium dr. Glassa uratowało obiekt przez zniszczeniem (rys. 1). W lipcu 1945 r. obserwacje meteorologiczne zaczęła prowadzić polska służba meteorologiczna.

Na początku lat 50. XX wieku podjęto decyzję o budowie nowego obserwatorium, którą udało się zrealizować w 1964 r. Już na etapie realizacji dawał się we znaki sil-



Rys. 2. Budowa spodka dolnego (źródło: IMGW)

ny i porywisty wiatr, deszcze i szadź, co zresztą zostało zauważone przez prasę francuską w 1978 roku; gazeta „Le Figaro” zamieściła zdjęcie wybudowanego obserwatorium z komentarzem o panujących arktycznych warunkach na Śnieżce.

Autorami zwycięskiego konkursu na projekt budynku byli architekci dr inż. Witold Lipiński (późniejszy prof. zw. dr hab. inż.) i mgr inż. Waldemar Wawrzyniak (późniejszy dr hab. inż.) z Politechniki Wrocławskiej. Budowę obserwatorium zakończono 1974 r.

Konstrukcja budynku obserwatorium meteorologicznego została zaprojektowana jako konstrukcja mieszana. Część podziemna związana z posadowieniem obiektu została wykonana w formie ław żelbetowych spoczywających bezpośrednio na podłożu skalistym. Konstrukcje ścian poprzecznych nośnych, jak również pionu komunikacyjnego zostały wykonane w znacznej części jako murowane z cegły pełnej na zaprawie

cementowej. Konstrukcja murowana jest przewiązana układem trzpieni i wieńców żelbetowych. Centralnym miejscem budynku obserwatorium jest trzon komunikacyjny, do którego bezpośrednio przylegają trzy dyski. Konstrukcja dachu poszczególnych dysków została zaprojektowana jako układy kratowe rozmieszczone promieniście po obrysie koła stanowiącego krawędź zewnętrzną. Kratownice opierają się na słupach stalowych, a w miejscu przenikania wzajemnego geometrii czaszy dachu z trzonem komunikacyjnym operację zrealizowano w odpowiednio konstruowanych gniazdach w ścianach nośnych (rys. 3).

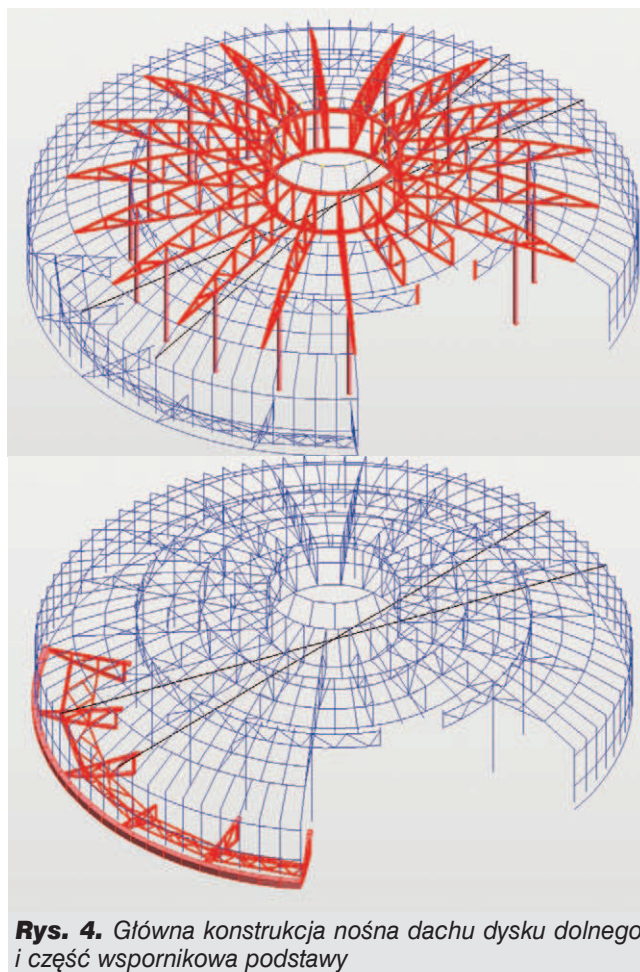


Rys. 3. Budowa spodka dolnego (źródło: IMGW)

2. Opis konstrukcji dysku dolnego

Konstrukcja dachu dysku dolnego została zaprojektowana na planie koła o promieniu $\sim 13,37$ m. Konstrukcję nośną na kierunku promieniowym stanowią dźwigary kratowe podparte w przedostatnim polu słupami stalowymi (rura – D219/12 mm). Całość konstrukcji jest połączona w środku pierścieniem spinającym stanowiącym jednocześnie konstrukcję wsporczą pod świetlik (rys. 4). Część wspornikowa kratownicy jest przedłużona do krawędzi zewnętrznej, tzn. do płaszczyzny okien, w postaci belki połączonej przegubowo z pasem górnym kratownicy. Dźwigary kratowe są rozmieszczone promieniście w rozstawie kątowym co 200 mm. Kratownice są usztywnione poprzecznie przez układ stężeń ramowych i kratownicowych. Przestrzeń pomiędzy kratownicami jest wypełniona belkami pośrednimi IN100 opartymi przegubowo na ramach poprzecznych odwodowych (stężenia kratownic). Koniec wspornika dźwigara kratowego jest spięty belkami poprzecznymi z profilu IN200. Pierścień zewnętrzny – okienny zaprojektowano w postaci słupków pionowych o przekroju zamkniętym z $2 \times L 100 \times 50 \times 8$ mm w rozstawie co 50 cm po obwodzie koła o promieniu 13,37 m.

Słupy stalowe (rury D219/12) podpierające kratownice główne są utwierdzone w wieńcu obwodowym stropowym. Na $\frac{1}{4}$ części obwodu krawędzi zewnętrznej (płaszczyzna okien obwodowych) konstrukcja jest



Rys. 4. Główna konstrukcja nośna dachu dysku dolnego i część wspornikowa podstawy

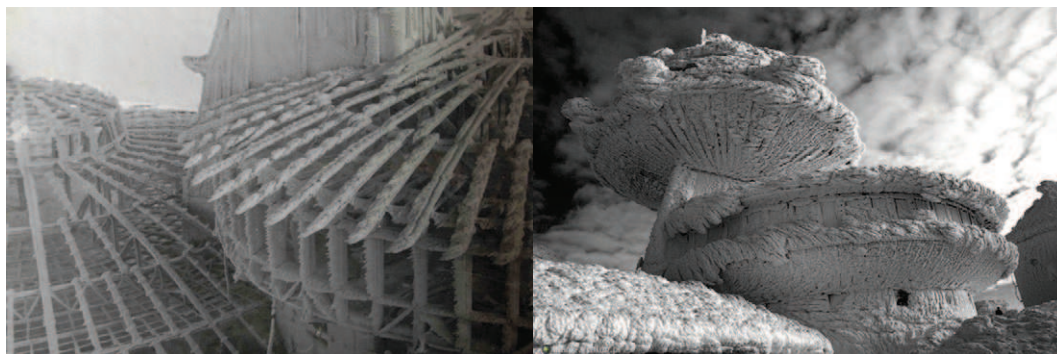
przewieszona na wspornikach stalowych zamocowanych sztywno w konstrukcji ścian (konstrukcja mieszana żelbetowo-murowana).

Konstrukcja stropu w części przewieszanej została zaprojektowana jako prefabrykowana w postaci płyt o kształcie wycinków kołowych usztywnionych żebrami podłużnymi i poprzecznymi. Płyty te są bezpośrednio oparte na pasach górnych kratowych wsporników stalowych zamocowanych w konstrukcji monolitycznej ścian.

4. Obciążenie konstrukcji

Budynek obserwatorium jest zlokalizowany na wysokości 1602 m n.p.m. Na tej wysokości obciążenia klimatyczne osiągają wartości decydujące o bezpieczeństwie konstrukcji. Lokalizacja budynku jest zaliczana do najbardziej wietrznych miejsc w Europie, zarejestrowane prędkości wiatru osiągały wartość 240 km/h. Na podstawie zgromadzonych wyników pomiarów prędkości wiatru wynika, że tylko w ciągu 60 dni w roku zarejestrowano prędkość wiatru mniejszą niż 10 m/s.

Bardzo istotnym czynnikiem w całkowitym bilansie oddziaływań na konstrukcję dachu jest obciążenie śniegiem z uwagi na panujące tu arktyczne warunki w okresie zimowym. Już na etapie realizacji konstrukcji, warunki w okresie zimowym znacznie utrudniały budowę.



Rys. 6.
Etap budowy: szadź na konstrukcji stalowej lata 1971–1972. Nawisy śnieżne i szadź – grudzień 2009 r. (źródło IMGW – Wrocław)



Rys. 7.
Spodek dolny – obciążenie śniegiem (źródło IMGW – Wrocław)

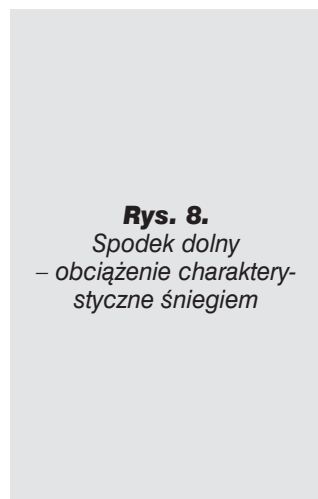
Zarejestrowana maksymalna grubość pokrywy śnieżnej na poziomie gruntu wynosi 2,47 m, zaś gęstość śniegu wynosiła 7–8 kg/m³.

W celu ustalenia najbardziej korzystnych konfiguracji obciążeń, posłużono się nie tylko obowiązującymi normami, lecz także danymi dostarczonymi przez IMGW we Wrocławiu. Wartości przyjęte do dalszych analiz przedstawiono na rysunkach 8 i 9.

5. Stan konstrukcji i obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

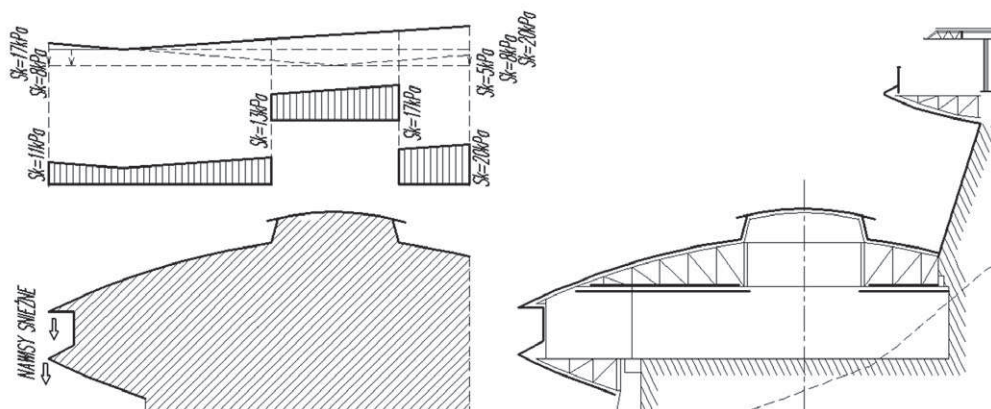
W lipcu 2012 r. przeprowadzono wizję lokalną dostępnej części dachu spodka dolnego w celu weryfikacji

i identyfikacji schematu statycznego oraz oceny wizualnej stanu technicznego konstrukcji. W celu wykonania pomiarów inwentaryzacyjnych oraz identyfikacji przekrojów poprzecznych elementów konstrukcyjnych konieczny był demontaż ocieplenia stropu technicznego opartego na pasach dolnych konstrukcji kratownic. Strop techniczny wykonano w postaci rusztu stalowego połączonego bezpośrednio z pasem dolnym dźwigarów kratowych, a wypełnienie stanowiła krata stalowa pokryta warstwą zaprawy cementowej. Bezpośrednio na stropie ułożona była warstwa wełny szklanej grubości około 10 cm. Stan konstrukcji oceniono jako dostateczny, z koniecznością wykonania odtworzenia powłoki antykorozyjnej. W węzłach dolnych, szczególnie w stre-



Rys. 8.
Spodek dolny – obciążenie charakterystyczne śniegiem

OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM



fie połączenia pasa dolnego z pasem dolnym pierścienia środkowego stwierdzono zaawansowaną korozję, ubytki korozyjne oceniono makroskopowo, wynosiły rzędu 1–1,5 mm.



Rys. 9. Spodek dolny – stężenia kratowe i ramowe, węzły górne kratownic dachu

Nie stwierdzono żadnych niepokojących deformacji konstrukcji. Połączenia montażowe elementów konstrukcyjnych wykonane były w warunkach placu budowy, co można było stwierdzić po nierównomiernym prowadzeniu spoiny i wyraźnym wykonywaniu połączeń spawanych na całej długości przylegania elementów, które nie zawsze były identycznie przycinane. Jednakże nie zaobserwowano żadnych pęknięć powierzchniowych dostępnych spoin.



Rys. 10. Spodek dolny – korozja węzła dolnego kratownicy, połączenie z pierścieniem środkowym

Na podstawie obserwacji i przeprowadzonej wizji lokalnej nie zauważono ubytków lub procesów degradacji konstrukcji drewnianej deskowania. Najwięcej śladów po przeciekach i przesiekach wody przez pokrycie dachowe zaobserwowano na styku tronu komunikacyjnego i konstrukcji dachu.

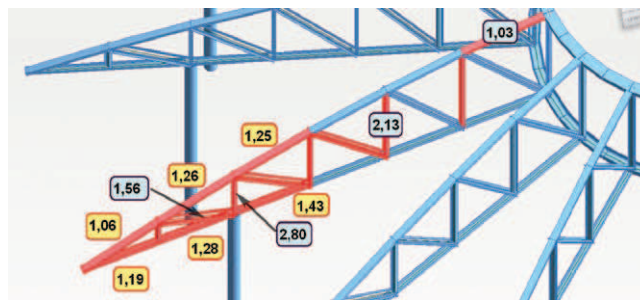
Przeprowadzone obliczenia statyczno-wytrzymałościowe pozwoliły określić stopień wyętwienia układu konstrukcyjnego. W obliczeniach statycznych uwzględniono pomiary i spostrzeżenia z przeprowadzonej wizji lokalnej konstrukcji obiektu. Konstrukcje rozpatrywano w dwóch etapach, etap pierwszy uwzględniał obciążenia śniegiem i wiatrem, jakie obowiązywały w latach 60–75 XX wieku, etap drugi w swoim zakresie uwzględ-



Rys. 11. Spodek dolny – widok na dźwigar kratowy, pas dolny usztywniony rusztem z kratą

niał obciążenia z obecnie stosowanych polskich norm i europejskich.

Niestety wyętwienie konstrukcji dla drugiego etapu nie spełniło warunków bezpieczeństwa konstrukcji. Uwzględniono najbardziej niekorzystną konfigurację obciążenia śniegiem z uwzględnieniem gromadzenia śniegu w strefie worków śnieżnych, jak również nawisów, (które w przypadku lokalizacji budynku obserwatorium na Śnieżce nie można zaliczyć do obciążeń wyjątkowych z uwagi na ciągłe występowanie tego zjawiska w okresie zimowym).

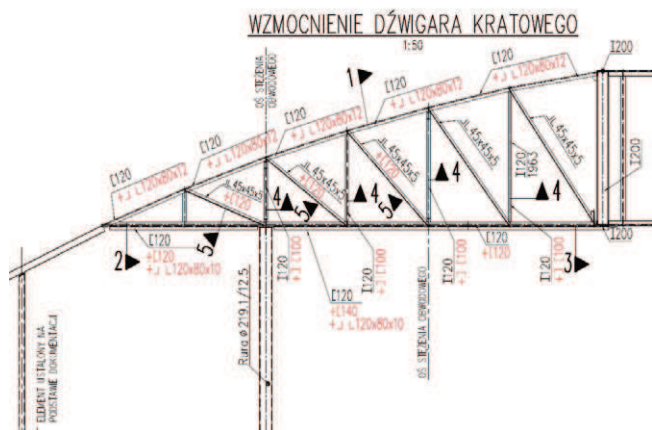


Rys. 9. Wyętwienie wybranych elementów konstrukcyjnych

Takie podejście praktycznie dyskwalifikuje wiele elementów konstrukcji dachu. Należy pamiętać, obecnie obciążenie obliczeniowe śniegiem jest znacząco większe od wartości przyjmowanych w latach 60–70 XX wieku. Przeprowadzone obliczenia wykazały przekroczenie warunków SGN w niektórych elementach konstrukcyjnych, ale istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa konstrukcji (rys. 9). W związku z powyższym, podjęto decyzję o dostosowaniu konstrukcji dachu do obecnie obowiązujących norm obciążeń klimatycznych.

5. Sposób wzmocnienia konstrukcji

W ramach wykonanej analizy statyczno-wytrzymałościowej rozważano różne możliwości wzmocnienia istniejącej konstrukcji dachu. Rozpatrywano zmianę schematu statycznego poprzez wprowadzenie dodatkowych podparć, rozbudowę głowicy istniejących słupów w celu zmniejszenia rozpiętości części wspornikowej kratow-



Rys. 10. Wzmocnienie kratownicy głównej dachu spodka dolnego

nic głównych. Po konsultacji z Inwestorem jak również z Dzierżawcą części turystyczno-gastronomicznej spodka dolnego podjęto decyzję, aby zachować obecny schemat statyczny i nie ingerować w istniejące rozwiązania architektoniczno-budowlane. Z tego powodu rozpatrzono metodę polegającą na rozbudowie istniejących przekrojów porzecznych przez zamocowanie śrubami sprężającymi dodatkowych elementów w po-

staci kątowników, ceowników itp. Sposób wykonania wzmocnienia został zdeterminowany z powodu możliwości zainicjowania pożaru w przypadku realizacji prac naprawczych przez spawanie. Zaproponowany sposób wzmocnienia pokazano na rysunku 10.

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono problemy związane z oceną nośności dysku dolnego, tj. jednego z trzech dysków obiektu na Śnieżce, i zaproponowano dalsze postępowanie, wynikające z niespełnienia warunków SGN zgodnie z Eurokodami. Autorzy podkreślają problemy, z jakimi wiąże się ocena nośności zgodnie z Eurokodami w odniesieniu do obiektów istniejących. Ten obiekt jest szczególnie, ponieważ obciążenia klimatyczne są ekstremalne i doprowadziły już do zawalenia się jednego z trzech dysków przedmiotowej konstrukcji [1].

BIBLIOGRAFIA

[1] Gierczak J., Ignatowicz R., Lorenc W., Awaria obserwatorium meteorologicznego na Śnieżce. W: Awarie budowlane: zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje: XXV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje, 24–27 maja 2011 r. Szczecin: Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego

Tytuł: Tablice i wzory do projektowania konstrukcji żelbetowych z przykładami obliczeń

Autorzy: Michał Knauff, Agnieszka Golubińska, Piotr Knyziak
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013



Książka zawiera zestaw zwięzłych i precyzyjnie opisanych algorytmów dotyczących zagadnień najczęściej spotykanych w projektowaniu konstrukcji żelbetowych. Skomentowane i wyjaśnione zostały problemy związane z jednoczesnym stosowaniem w Polsce dwóch systemów norm projektowania tych konstrukcji (PN-EN 1992-1-1:2008 oraz PN-B-03264:2002). Obliczenia, które należy wykonywać według Eurokodu, zostały zilustrowane przykładami.

Treść uporządkowana jest według zasady:

- krótki tekst dotyczący podstaw teoretycznych zagadnienia,
- tablice zawierające zestawienia danych i /lub współczynników, potrzebnych do projektowania,
- wzory (algorytmy) i zasady konstruowania,
- przykłady obliczeń i stosowania zasad konstruowania.

Książka będzie służyć projektantom i studentom budownictwa do obliczania konstrukcji żelbetowych na podstawie tej wiedzy, która jest zawarta we współczesnych normach projektowania stosowanych w Polsce.