



JAN GIERCZAK, *jan.gierczak@pwr.wroc.pl*

RAJMUND IGNATOWICZ, *rajmund.ignatowicz@pwr.wroc.pl*

WOJCIECH LORENC, *wojciech.lorenc@pwr.wroc.pl*

SŁAWOMIR ROWIŃSKI, *slawomir.rowinski@pwr.wroc.pl*

Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa

KONSTRUKCJA STALOWEGO DACHU SPODKA DOLNEGO OBSERWATORIUM METEOROLOGICZNEGO NA ŚNIEŻCE W KONTEKŚCIE OCENY STANU PRZEDAWAREJNEGO

STEEL STRUCTURE OF THE ROOF IN LOWER SAUCER OF THE ŚNIEŻKA METEOROLOGICAL OBSERVATORY IN THE CONTEXT OF THE STATE OF EMERGENCY

Streszczenie Obserwatorium Meteorologiczne Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej znajdujące się na Śnieżce (1602 m n.p.m.) w Karkonoszach pełni funkcję badawczo-naukową, jak również jest częściowo obiektem turystycznym z zapleczem gastronomicznym. W dniu 16.03.2009 r. jeden z trzech dysków Obserwatorium Meteorologicznego – tzw. dysk górny – uległ awarii [1]. W latach 2010÷2011 wykonano prace naprawcze konstrukcji dysku górnego. W kolejnych latach przeprowadzono kontrolę techniczną stanu konstrukcji stalowej, która nie uległa katastrofie.

Abstract The Meteorological Station of Institute of Meteorology and Water Management is placed at the top of Śnieżka mountain (1602 m). It fulfils research and development function but it is touristic object with gastronomic base. In 16.03.2009 one of three disks (the upper one) collapsed [1]. In years 2010÷2011 reparation works have been carried out. Later investigations of existing steel structure of two remaining disks have been conducted.

1. Wstęp

Śnieżka w XVIII wieku była jednym z najliczniej odwiedzanych szczytów górskich 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 r. 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 miała bezpośrednią łączność z kwaterą Hitlera). Pod koniec wojny dowództwo naczelne Wehrmachtu zaplanowało wysadzenie w powietrze ówczesnego budynku Obserwatorium, z uwagi na jego 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.

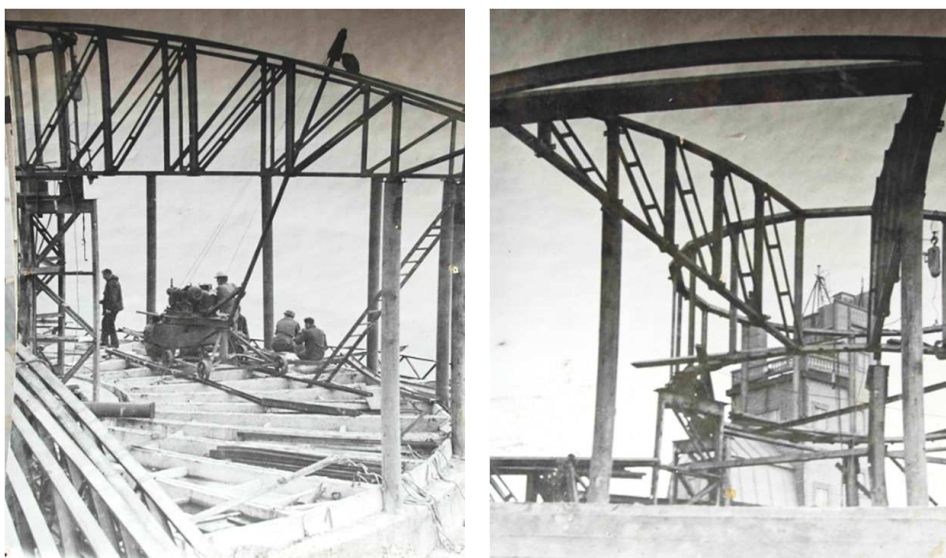
Na początku lat 50. XX wieku podjęto decyzję o budowie nowego obserwatorium (rys. 2), którą udało się zrealizować w 1964 r. Już na etapie realizacji dawał się we znaki silny i porywisty wiatr, deszcz i szadź, co zresztą zostało zauważone przez prasę francuską 1978 r.,

gazeta "Le Figaro" zamieściła zdjęcie wybudowanego obserwatorium z komentarzem o panujących arktycznych warunkach na Śnieżce.

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



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



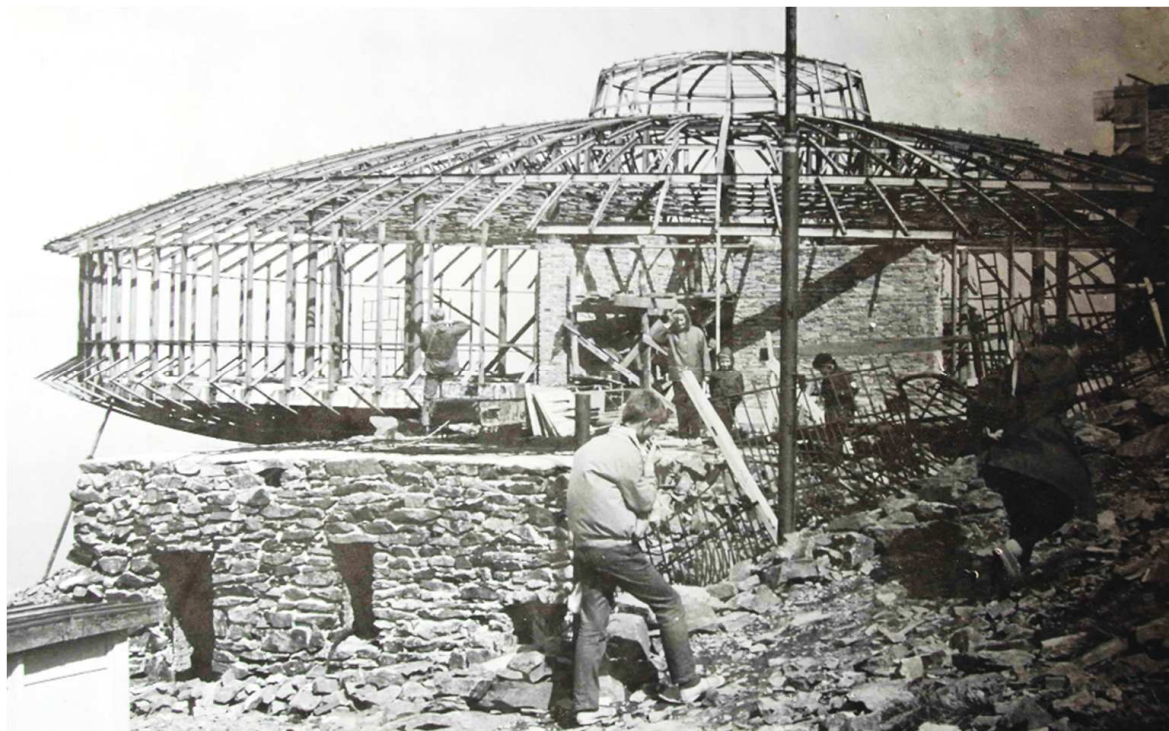
Rys. 2. Budowa spodka dolnego (źródło: IMGW)

Konstrukcja budynku obserwatorium metrologicznego została zaprojektowana, jako konstrukcja mieszana. Część podziemna związana z posadowieniem obiektu została wykonana w formie łąw 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 murowa jest przewiązana układem trzpieni i wieńców żelbetowych [1].

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 zrealizowano podparcie w odpowiednio wykonstruowanych gniazdach w ścianach nośnych (rys. 3).

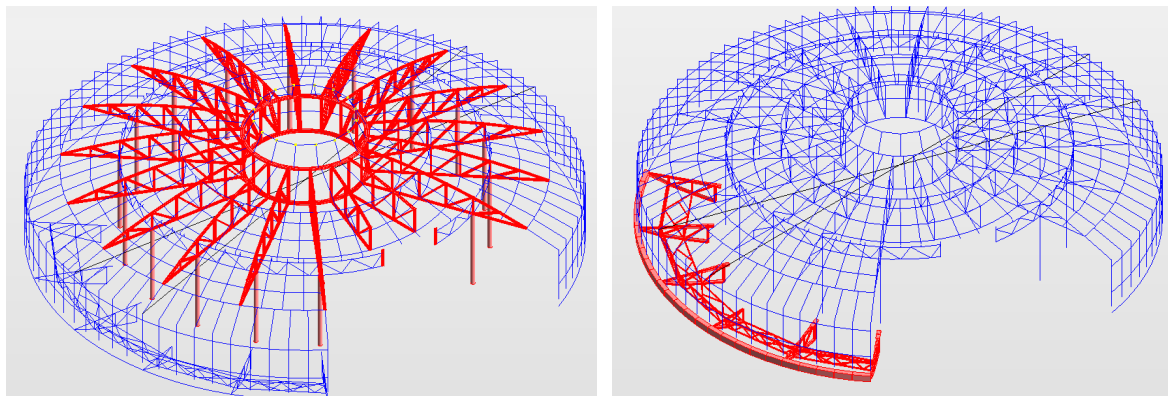


Rys. 3. Budowa spodka dolnego (źródło: IMGW)

2. Opis konstrukcji dysku dolnego

Konstrukcja dachu dysku dolnego została zaprojektowana na planie koła o promieniu 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. Kratownice są usztywnione poprzecznie przez układ stężeń ramowych i kratowych. Przestrzeń pomiędzy kratownicami jest wypełniona belkami pośrednimi I 100 opartymi przegubowo na ramach poprzecznych obwodowych (stężenia kratownic). Koniec wspornika dźwigara kratowego jest spięty belkami poprzecznymi z profilu I 200. Pierścień zewnętrzny – okienny zaprojektowano w postaci słupków pionowych o przekroju zamkniętym z $2 \times L100 \times 50 \times 8$ 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 dachu jest przewieszona na wspornikach stalowych zamocowanych sztywno w konstrukcji ścian (konstrukcja mieszana żelbetowo – murowa).



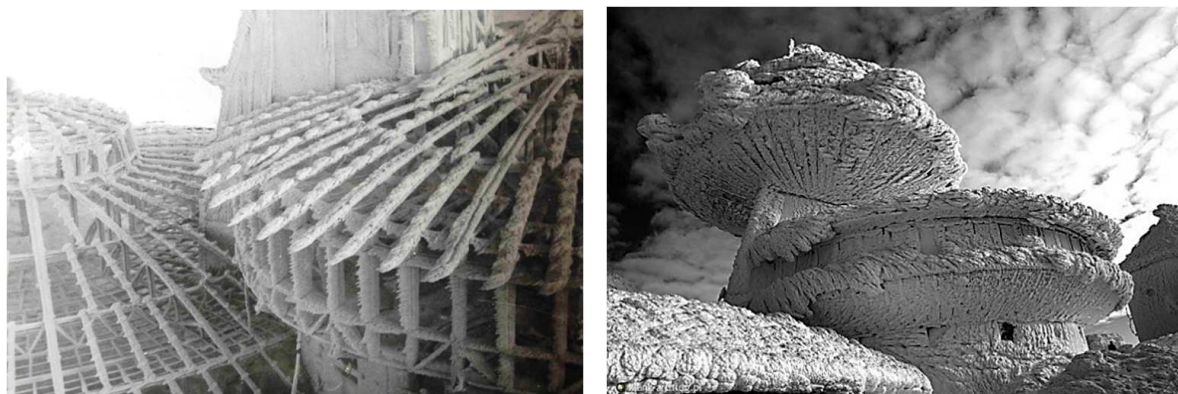
Rys. 4. Główna konstrukcja nośna dachu dysku dolnego i część wspornikowa podstawy.

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.

3. Obciążenie konstrukcji

Budynek obserwatorium jest zlokalizowany na wysokości 1602 m n.p.m. Na tej wysokości obciążenia klimatyczne osiągają duże wartości decydujące o bezpieczeństwie konstrukcji. Lokalizacja budynku jest zaliczana do najbardziej wietrznych miejsc w Europie, zarejestrowane prędkości wiatru osiągały wartość 240 km/h [2, 3]. 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 konstrukcje 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. 5).



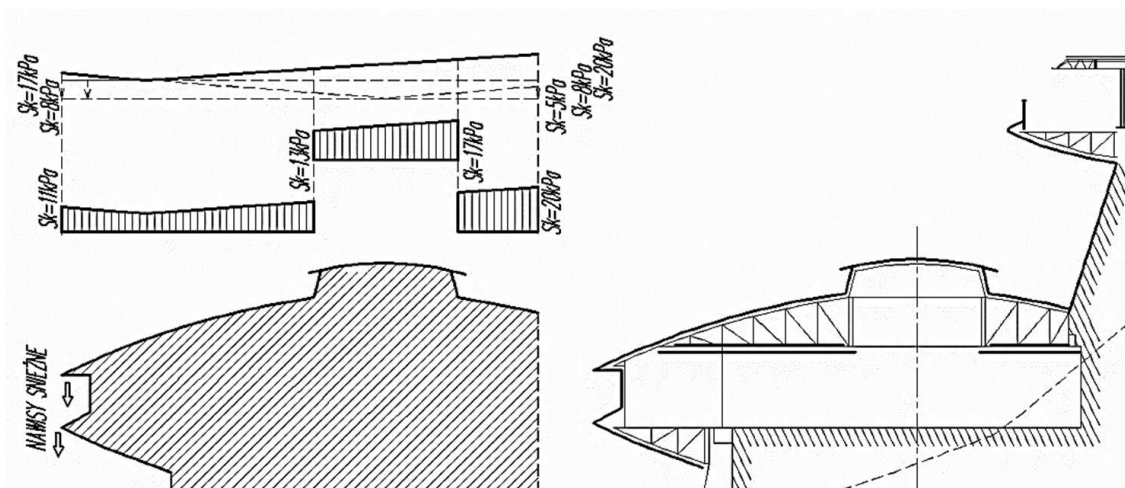
Rys. 5. Etap budowy: szadź na konstrukcji stalowej – lata 1971÷1972. Nawisy śnieżne i szadź – grudzień 2009 r. (źródło IMGW – Wrocław)

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

W celu ustalenia najbardziej niekorzystnych konfiguracji obciążeń posłużono się nie tylko obowiązującymi normami, lecz także danymi dostarczonymi przez IMGW we Wrocławiu (rys. 6). Wartości przyjęte do dalszych analiz przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 6. Spodek dolny – obciążenie śniegiem (źródło IMGW – Wrocław)



Rys. 7. Spodek dolny - obciążenie charakterystyczne śniegiem.

4. Stan konstrukcji i obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

W lipcu 2012 roku przeprowadzono wizję lokalną dostępnej części dachu spodka dolnego w celu weryfikacji i identyfikacji schematu statycznego oraz oceny wizualnej stanu technicznego konstrukcji (rys. 8, 9, 10). 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 strefie połączenia pasa dolnego z pasem dolnym pierścienia środkowego, stwierdzono zaawansowaną korozję. Ubytki korozyjne ocenione makroskopowo wynosiły $1 \div 1,5$ mm. 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 wykonaniu połączeń spawanych na całej długości przylegania elementów, które nie zawsze były identycznie przycinane. Jednakże nie zaobserwowano żadnych pęknięć powierzchniowych dostępnych spoin.



Rys. 8. Spodek dolny - stężenia kratowe i ramowe, węzły górne kratownic dachu



Rys. 9. Spodek dolny - korozja węzła dolnego kratownicy, połączenie z pierścieniem środkowym

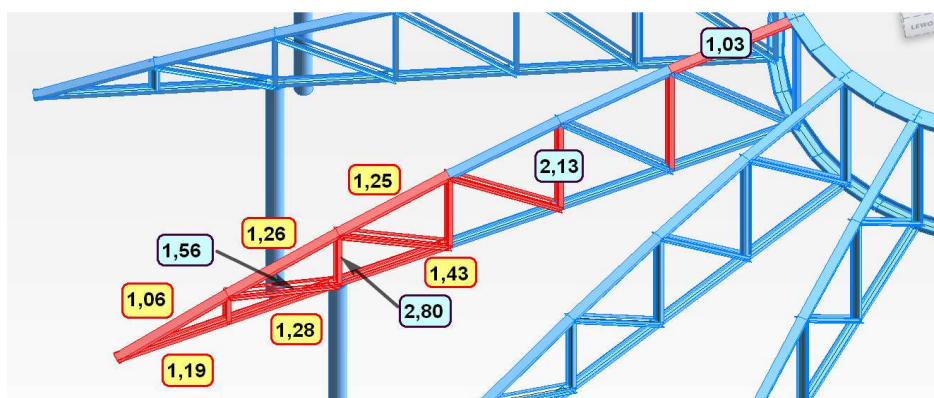
Na podstawie obserwacji i przeprowadzonej wizji lokalnej nie zauważono ubytków lub procesów degradacji konstrukcji drewnianej deskowania. Najwięcej śladów po przeciekach wody przez pokrycie dachowe zaobserwowano na styku trzonu komunikacyjnego i konstrukcji dachu.

Przeprowadzone obliczenia statyczno-wytrzymałościowe pozwoliły określić stopień wyęźnienia 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 uwzględniał obciążenia z obecnie stosowanych norm polskich i europejskich.

Niestety, wyęźnienie 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 ciągle występowanie tego zjawiska w okresie zimowym).



Rys. 10. Spodek dolny -widok na dźwigar kratowy, pas dolny usztywniony rusztem z kratą

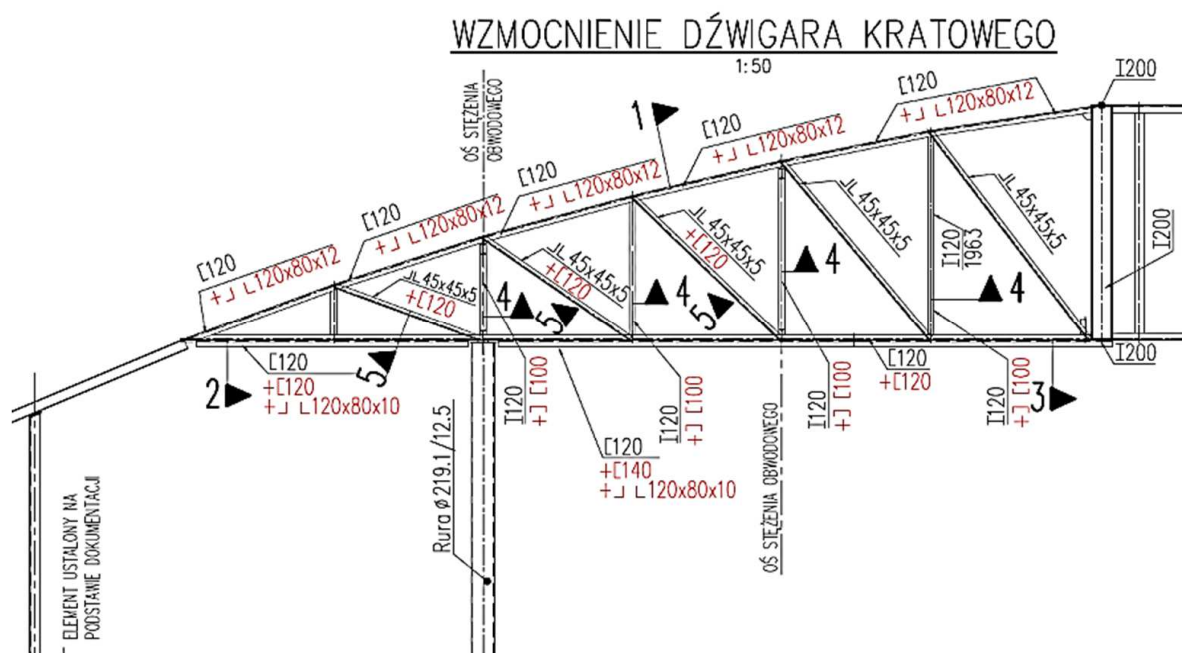


Rys. 11. Stopień wyężenia wybranych elementów konstrukcyjnych

Takie podejście praktycznie dyskwalifikuje wiele elementów konstrukcji dachu. Należy pamiętać, że 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. 11). 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 kratownic 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 [4] polegającą na rozbudowie istniejących przekrojów porzecznych przez zamocowanie śrubami sprężającymi dodatkowych elementów w postaci kątowników, ceowników itp. Sposób wykonania wzmocnienia został zdeteminowany z powodu możliwości zainicjowania pożaru, w przypadku realizacji prac naprawczych przez spawanie. Zaproponowany sposób wzmocnienia pokazano na rysunku (rys. 12).



Rys. 12. Wzmocnień kratownicy głównej dachu spodka dolnego

6. Uwagi końcowe

Przedstawiono problemy związane z oceną nośności elementów konstrukcji dysku dolnego, tj. jednego z trzech dysków obiektu na Śnieżce i zaproponowane dalsze postępowanie, wynikające z nie spełnienia warunków SGN zgodnie z Eurokodami. Podkreśla się problemy, z jakimi wiąże się ocena nośności zgodnie z Eurokodami w odniesieniu do obiektów istniejących. Tutaj obiekt jest szczególny, ponieważ obciążenia klimatyczne są ekstremalne i doprowadziły już do zawalenia się jednego z trzech dysków przedmiotowej konstrukcji [3].

Literatura

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.
2. Dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej dotyczące pomiarów prędkości wiatru i pokrywy śnieżnej na Śnieżce.
3. 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” 2009.
4. Projekt budowlany i warsztatowy odbudowy dysku najwyższego – część konstrukcyjna, Polska Technika Budowlana „POLTEBUD” lipiec 2009.