

B-2

構造骨組の応力が最大となる設計用屋根上積雪分布に関する基礎的研究
—最適化プログラムを用いた検討—

Fundamental study on snow coverage distribution on roof for structural design

by estimating the maximum stress of structural members -Examination using optimization program-

○高野陽和¹, 中島肇²

*Akiyasu Takano¹, Hajime Nakajima²

Abstract: In cold, snowy regions, large-span buildings collapse due to the unevenly distributed load of snow on roofs and the increased load due to rainfall after snowfall. Since snowfall is a natural phenomenon, the distribution of snowfall on roofs cannot be uniformly determined. Therefore, to ensure the structural safety of the building, it is reasonable to assume an unevenly distributed snow load on the roof that causes the maximum stress in the structural frame. In this study, we will use an optimization program to examine the snow distribution on the roof where the stress in the framework is maximum, with the aim of obtaining design materials.

1. はじめに

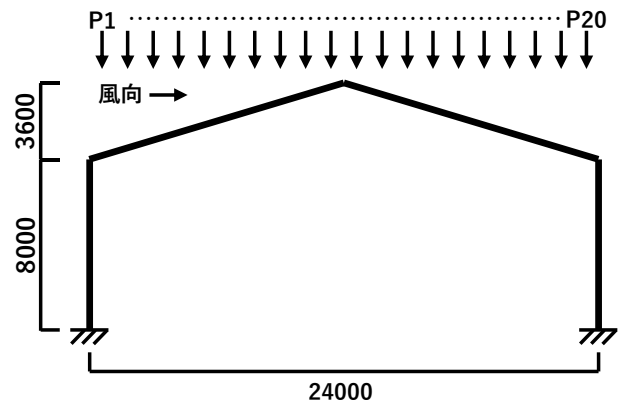
積雪寒冷地域に建設する大スパン建築物は雪荷重が支配的となり、豪雪時に倒壊や損傷などの被害が報告されている。また、2014年の首都圏の大雪により体育館、倉庫などの鉄骨構造の倒壊などの被害も報告されている。これは風の吹き払い、吹きだまり効果に起因する屋根雪の不均一な形状による偏分布荷重および積雪後の降雨による荷重増加が原因として考えられている^[1, 2]。屋根上積雪分布に関する研究や屋外観測記録は数多くされており、日本建築学会建築物荷重指針・同解説^[3]および日本建築学会建築物荷重指針を活かす設計資料 I^[4]に屋根雪荷重に関する設計資料が示されている。しかし積雪は自然現象であるため、その時々気象条件により屋根積雪分布は一律に定められない。よって等分布雪荷重に加えて、構造骨組の応力が最大となる屋根上偏分布雪荷重を想定することが、建築物の構造安全性を確保する上で合理的と考える。既往研究^[5]では骨組の応力が最大となる設計用積雪分布が示された。

本研究では、過去の屋根上積雪観測記録から条件を設定し、最適化プログラムを用いて骨組の応力が最大となる屋根上積雪分布を応力最大化として検討を行い、設計資料を得ることを目的として進めていく。

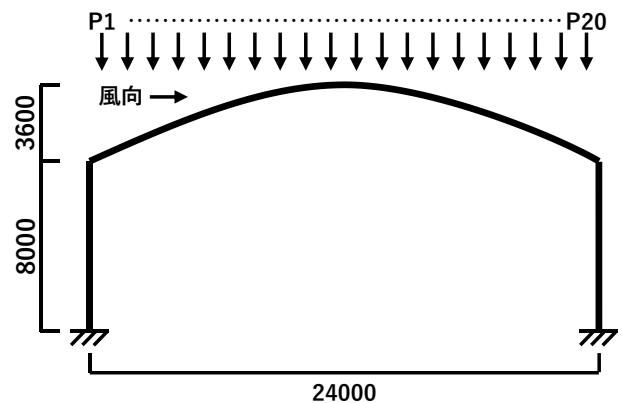
2. 応力最大化の検討

2-1. 構造解析概要

構造モデルを Figure 1. に示す。中規模の工場、倉庫を想定したスパン $L=24\text{m}$ 、軒高 $h=8\text{m}$ 、ライズ $R=3.6\text{m}$ の山形ラーメン構造およびライズ/スパン比 0.15 のアーチ形ラーメン構造、境界条件は固定柱脚（水平・鉛直方向、回転を拘束）とする。各部材の断面二次モーメントおよび弾性係数は同一とする。総載荷点 $n=$



a) Gable rahmen structure



b) Arched rahmen structure

Figure 1. Structural model

20として検討する。総荷重 W を1として、 $P1\sim P20$ の各点に荷重を分配して加える。2-2節の屋根上積雪分布の条件に従い集中荷重を組み合わせ、曲げモーメントが最大となる積雪分布の検討を行う。解析ソフトはAppliCraft社のRhincerosのGrasshopper内の構造解析プラグインであるKaramba3Dを用いる。

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

2-2. 屋根上積雪分布

積雪荷重条件は積雪観測記録^{[6]~[8]}を参考に自然な積雪分布となるように決定する。各架構共通の条件は、①風上：風下の割合、②風上側および風下側の各荷重の大きさの範囲、③山形ラーメン構造のみの条件であり風上屋根面および風下屋根面における隣り合う荷重の差、④アーチ形ラーメン構造のみの条件は屋根面全体における隣り合う荷重の差、とする。積雪荷重条件をTable1.に示し、この条件で解析を行う。

3. 解析結果

解析結果をFigure2.に示す。山形およびアーチ形ともに梁端・柱頭で最大のモーメントが発生することが分かった。また、赤字で示した等分布荷重時との差は、ともに梁中央付近が最もモーメントが増加していることが分かった。

山形ラーメン構造では棟から風下側の中央を過ぎた付近まで最大荷重が連続している分布となっている。また、アーチ形ラーメン構造では風下側中央付近に最大荷重が集中している分布となっている。これらは国際規格であるISO4355^[9]で示されている切妻屋根およびアーチ型屋根の雪荷重分布に似ていることから、海外では現実に起こりうる荷重分布であると考えられる。

4. まとめ

本報では、山形ラーメン構造およびアーチ形ラーメン構造の応力が最大となる屋根上積雪偏分布荷重を最適化プログラムを用いて検討し、それぞれの荷重分布を示した。今後は大スパン建築物および棟の位置を変更した場合の荷重分布の変化について検討していく予定である。

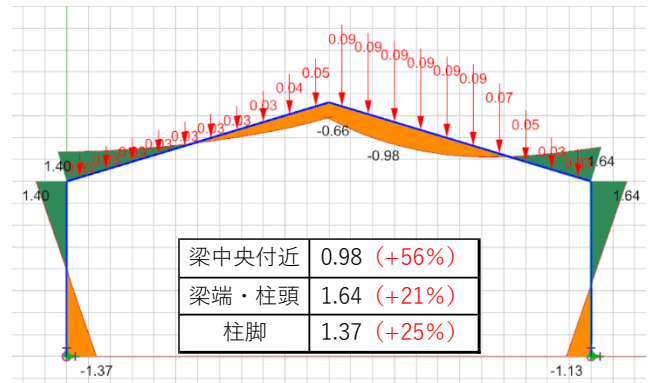
5. 参考文献

[1]日本建築学会編：昭和56年豪雪被害調査報告，1981.12
 [2]高橋徹他：2014年2月の大雪による建築物の被害，平成25-26年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）（特別研究促進費）研究成果報告書，pp.62-71，2014.8
 [3]日本建築学会編：建築物荷重指針・同解説（2015），第5章雪荷重，pp.8-10，pp.229-239，2015.2
 [4]日本建築学会：建築物荷重指針を活かす設計資料1，松善出版株式会社，Pp.134-142，2016.2
 [5]中島肇，岩原慶，高橋賢，櫛島凌，石鍋雄一郎：構造骨組の応力が最大となる設計用屋根上積雪分布に関する基礎的研究，日本雪工学会論文集，Vol.37，No.4，pp.70-82，2021.10
 [6]苦米地司，和泉正哲，遠藤明久：屋上積雪の評価方

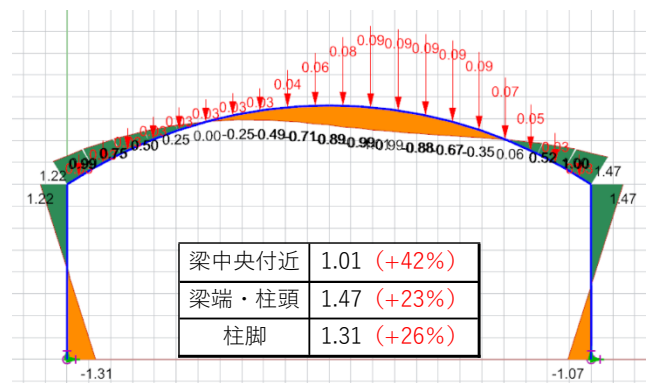
Table 1. Snow load conditions

積雪荷重条件	山形ラーメン構造	アーチ形ラーメン構造	
①	3 : 7	3 : 7	
②	風上	0.5w~1.0w	0.5w~1.3w
	風下	0.6w~1.7w	0.5w~1.8w
③	風上	0.2w	
	風下	0.4w	
④		0.35w	

w : 平均屋根上積雪重量 (w = W/L)



a) Gable rahmen structure



b) Arched rahmen structure

Figure 2. Load distribution and moment at which the stress in the frame is maximum

法に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol.32B，pp.50-56，1986
 [7]苦米地司，遠藤明久，橋本健一：屋上積雪形状に関する研究 1984年寒候期の札幌市郊外における屋外家屋の屋上積雪形状の調査結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，Vol.59，pp.1029-1030，1984.9
 [8]福祉昭治，山田利行，苦米地司：膜構造物の屋根雪処理に関する実験的研究その1 屋上積雪形状について，日本建築学会大会学術講演梗概集，Vol.1991，pp.109-110，1991.8
 [9]ISO4355 : Bases for design of structure - Determination of snow loads on roofs，2013