

クリティカルな骨組応力に対する積雪荷重分布に関する基礎的研究

Fundamental study on snow load distribution for critical frame stress

○伊藤 匠¹, 石鍋 雄一郎², 中島 肇³

*Takumi Itou¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakazima³

Large-scale buildings in snowy and cold areas are dominated by snow loads, so a design is required to prevent collapse and damage due to heavy snow. In some cases, it is necessary to calculate the snow load in consideration of the effect, but there are few concrete design data. In this study, apart from the conventional method of calculating snow load distribution from past meteorological data and designing based on that value, the most unfavorable snow load distribution for the frame is derived and designed for that load. The purpose is to establish a new method for designing snow against snow.

1. はじめに

積雪寒冷地域における大規模建築物は雪荷重が支配的荷重となるため豪雪による倒壊や損傷を防ぐための設計が求められる。建築基準法施工令では、屋根面における積雪量が不均等となる場合においてはその影響を考慮して積雪荷重を計算しなければならない、とあるものの具体的な設計資料^[1]が少ないのが現状である。

本研究では過去の気象データから積雪荷重分布を算定し雪対策の対象となる雪氷現象の時間スケールに応じて検討する従来の方法^[2]とは別に、骨組に対して最も不利な積雪荷重分布を導き出してその荷重に対して設計し、普遍的な安全性を検討する方法を得ることとそれに伴って新たな対雪設計法を確立する事を目的とする。

2. 数値解析概要

2-1. 提案モデル

骨組に対して最も不利な積雪荷重分布を検討する方法としてスパン $l = 27000$ [mm], 高さ $h = 9000$ [mm] の門型ラーメン構造の指針モデル (Fig. 1) を用いる。Fig. 1 の門形ラーメン構造に総荷重 \bar{w} を 10 として P1 から P10 の各点に荷重を分配して加え、集中荷重の組み合わせによって、モーメントにどのように影響がみられるかを検討する。中央に集中荷重が偏ると実際の雪荷重の分布と大きく異なった値が求められる恐れがあるため今回は荷重がかからない点が 5 点以上存在しないことを条件として設定した。

検討する荷重パターンについては P1, P10 に加わる荷重はモーメントに影響を及ぼさないため今回は P1, P10=0 となる場合について検討することにする。

また今回のモデルに関しては左右対象にした場合、同じ荷重分布となるものについては同パターンとして扱うため省略する。

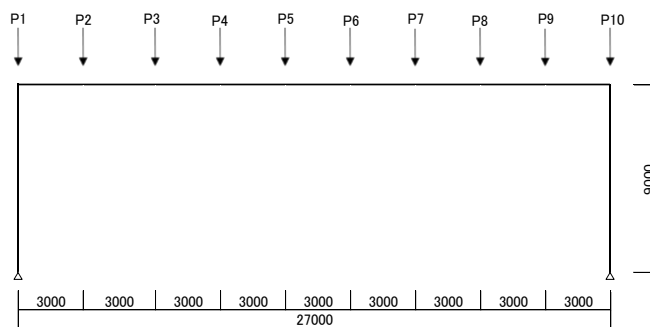


Figure 1. Study model

2-2. 曲げモーメント

各点におけるモーメントは次式により表すことができる。

$$M_i = \alpha_1 \cdot {}_1M_i + \alpha_2 \cdot {}_2M_i + \dots + \alpha_j \cdot {}_jM_i$$

$$= \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot {}_jM_i \quad (i=1 \sim n) \quad \dots (1)$$

$$(\alpha : \text{分配荷重で } \sum_{j=1}^n \alpha_j = \bar{w})$$

また、各点のモーメントの値は Table 1 に示した公式に則っており今回は $I_b = I_c$ とした。

Table 1. Calculation formula ^[3]

<p>架構形式</p>	$k = \frac{I_b}{I_c} \cdot \frac{h}{l}$	<p>反力符号</p>
	$V_A = \frac{P \cdot b}{l}, \quad V_D = \frac{P \cdot a}{l}$ $H = H_A = -H_D = \frac{3P \cdot a \cdot b}{2kl} \cdot \frac{1}{2k+3}$ $M_B = M_C = -Hh$ $M_p = \frac{P \cdot a \cdot b}{2l} \cdot \frac{4k+3}{2k+3}$	

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・教員・建築

3. 解析結果

今回の解析で得られた荷重点のうちのいくつかを抜粋して Table2 に示す。

パターン a は左右対称に荷重が分配されているためモーメントの分布も左右対称となっていて梁の中央部分ではなく端部でモーメントが最大となった。パターン b の場合には P6 で 29.2 と全パターン中で最大のモーメントがみられた。これは他のパターンの荷重分布と比較してモデルの中央部分に荷重が集中しているためだと考えられる。またパターン a の場合と異なり梁中央で最大モーメントの値をとっている。パターン c からパターン f に関しては荷重 2 がそれぞれ 5 点にかかっているが、その中でもパターン d の場合に P1, P10 で-24.5 となり最もモーメントの値が大きくなった。これは荷重の分布が他のパターンと比べてやや中央に集中しているためだと考えられる。パターン g とパターン h は P2 と P3 の荷重のみ逆になっていてその他の点の荷重は同じとなっているが他のパターンで見られる傾向と同じく中央側に大きな荷重のかかっているパターン h の方が大きなモーメントの値を示した。パターン i はパターン b と同様に中央に荷重が集中しつつも左右非対称な荷重分布となっているためパターン b と比較すると中央部と端部の両方でパターン b の方が大きなモーメントの値を示した。全体を通して中央部分に荷重が集中した際に大きなモーメントの値を示すということが読み取れた。また端部に荷重が集中した場合は小さなモーメントの値となった。

4. まとめ

今回門型ラーメン構造のモデルに異なる 9 パターンの分布荷重を作用させて骨組みに対してクリティカルな積雪分布の検討をしたがその中で荷重が中央部分に集中した際に最大モーメントが得られた。しかし積雪荷重は分布荷重であり極端な荷重の偏りは実際の積雪荷重とのギャップが生じてしまう恐れがあるためそのギャップを埋めるために荷重のかからない点の数を制限したり隣り合った点の荷重の差を制限するなどの追加条件を加えて検討をする必要があると考える。

また荷重点の設定数が多いとより正確なデータが得られる反面、データの数が増えるため、アルゴリズムを用いて特定の解に限定して値を求めたり同じパターンのデータをまとめたりなどの工夫をする必要があることがわかった。これらの方法を検討し最適解を得るためのプロセスを簡素化することが今後の課題である。

Table 2. Relationship between load distribution and moment

パターン	荷重点	P	M	梁のモーメント分布
a	1	0	-21.8	
	2	1	-6.8	
	3	1	5.2	
	4	1	14.2	
	5	2	20.2	
	6	2	20.2	
	7	1	14.2	
	8	1	5.2	
	9	1	-6.8	
	10	0	-21.8	
b	1	0	-28.1	
	2	0	-12.4	
	3	0	3.2	
	4	2	18.9	
	5	3	28.6	
	6	3	29.2	
	7	2	20.9	
	8	1	6.6	
	9	0	-10.8	
	10	0	-28.1	
c	1	0	-21.8	
	2	2	-1.8	
	3	2	12.2	
	4	2	20.2	
	5	2	22.2	
	6	2	18.2	
	7	0	8.2	
	8	0	-1.8	
	9	0	-11.8	
	10	0	-21.8	
d	1	0	-24.5	
	2	0	-7.9	
	3	2	8.8	
	4	2	19.5	
	5	2	24.1	
	6	2	22.8	
	7	2	15.5	
	8	0	2.1	
	9	0	-11.2	
	10	0	-24.5	
e	1	0	-22.9	
	2	2	-5.6	
	3	0	5.8	
	4	2	17.1	
	5	2	22.4	
	6	2	21.8	
	7	2	15.1	
	8	0	2.4	
	9	0	-10.2	
	10	0	-22.9	
f	1	0	-21.8	
	2	2	-7.2	
	3	0	1.5	
	4	0	10.2	
	5	2	18.8	
	6	2	21.5	
	7	2	18.2	
	8	2	8.8	
	9	0	-6.5	
	10	0	-21.8	
g	1	0	-18.5	
	2	4	1.1	
	3	1	8.8	
	4	1	13.5	
	5	1	15.1	
	6	1	13.8	
	7	1	9.5	
	8	1	2.1	
	9	0	-8.2	
	10	0	-18.5	
h	1	0	-21.0	
	2	1	-2.3	
	3	4	13.3	
	4	1	17.0	
	5	1	17.7	
	6	1	15.3	
	7	1	10.0	
	8	1	1.7	
	9	0	-9.7	
	10	0	-21.0	
i	1	0	-24.3	
	2	1	-6.3	
	3	1	8.7	
	4	2	20.7	
	5	3	26.7	
	6	3	23.7	
	7	0	11.7	
	8	0	-0.3	
	9	0	-12.3	
	10	0	-24.3	

【参考文献】

- [1]日本建築学会：「建築物荷重指針を活かす設計資料 1」, pp.139, 2016 年
- [2]日本建築学会：「雪と建築」, pp.93-107, 2010 年
- [3]清田清司・高須治男：「建築土木 構造マニュアル」, pp.135,1990 年