

## 雪荷重に対する大スパン山形ラーメン構造の弾塑性挙動に関する基礎的研究 Basic Study on Elasto Plastic Behavior of The Large Span Gabled Roof for The Snow Load

○相場 光<sup>1</sup>, 石鍋 雄一郎<sup>2</sup>, 中島 肇<sup>2</sup>\*Hkaru Aiba<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>, Hajime Nakajima<sup>2</sup>

The heavy snow fell in the Kanto Koshin district from January 15th to 18th 1998 and the heavy snow fell from the capital area to the Tohoku region from February 14th to 16th in 2014 caused a major damage in the capital area. In particular, roof or other structural element collapsed in several steel structures. In this research, we Elasto-plastic analysis of structural model under snow load is performed to perceive the collapse mechanism etc. Moreover, ultimate load of structure is compared with the load of the current Building Standard Law and the snow load against the 500-year return period. In the past research, in the case of pin column foot, the column base shear fractures can occur before capital reaches fully plastic moment, it turns into pin-roller support and shows brittle fracture behavior. According to this fact, the analysis is carried out considering that.

### 1. はじめに

1998年1月15日から18日にかけて関東甲信地方で降った大雪と、2014年の2月14日から16日に首都圏から東北地方にかけて降った大雪により首都圏等で大きな建物被害が発生した<sup>[1], [2]</sup>. 特に、鉄骨造建築物の倒壊、屋根の崩落等が多数発生した.

本研究では、雪荷重を構造モデルに作用させる弾塑性解析を行い崩壊メカニズムなどを把握する. また、崩壊した荷重を現行建築基準法の荷重や500年再現期間に対する雪荷重と比較し、対雪設計法の基礎的資料を得ることを目的とする. 既往の研究<sup>[3]</sup>ではピン柱脚の場合は柱頭が全塑性モーメントに達する前に柱脚がせん断破壊し、ピン-ローラー支点になり、脆性的な破壊挙動となることが示され、それを考慮して構造計算を行っている.

### 2. 構造モデルの設定

構造モデルを Fig.1 に示す. 鉄骨造の一般的な小中学校の体育館を想定する. 柱脚は既往の研究<sup>[3]</sup>より柱脚のアンカーボルトが 77kN でせん断破壊することが示されているため、柱脚の片方をピン支持にし、もう片方の柱脚をローラー支持にする. ローラー支持部に 77kN で破壊するバネを水平に取り付けることでピン-ピン支持からピン-ローラー支持に切り替わった後の解析も可能になるように解析モデルを設定した. 長期荷重表を Table1 に示す. 屋根に二重折板、外壁に押し成形セメント板を用いた比較的軽い建物を想定する. ここでは G を固定荷重, Q を積載荷重としている. また、建設地は東京都千代田区とする. 骨組間隔を 6m とした場合の自重は下記のようなになる.

$$w=0.7\text{kN/m}^2 \times 6.0\text{m}=4.2\text{kN/m}$$

$$P_1=1.15\text{kN/m}^2 \times 6.0\text{m} \times 3.5\text{m}=24.2\text{kN}$$

$$P_2=1.15\text{kN/m}^2 \times 6.0\text{m} \times 4.5\text{m}=31.1\text{kN}$$

$$P_3=6.65\text{kN/m}^2 \times 1.2\text{m} \times 3.0\text{m}=23.9\text{kN}$$

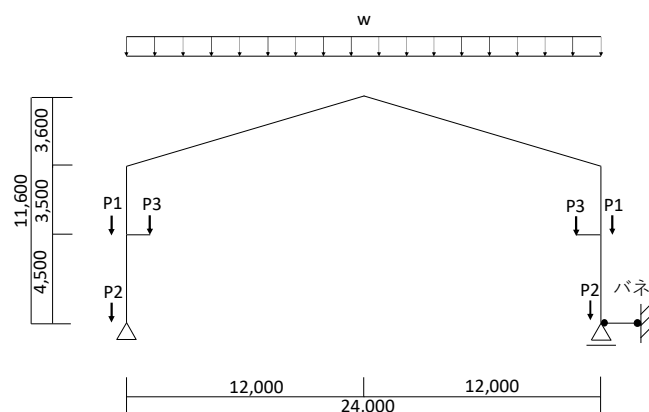


Figure 1. Structural model

Table 1. Long-term load

(N/m <sup>2</sup> )					
室名	種別	床用	小梁用	架構用	地震用
屋根	G	250	400	700	700
	Q	0	0	0	0
	G+Q	250	400	700	700
ギャラリー	G	3050	3250	3450	3450
	Q	3500	3350	3200	2100
	G+Q	6550	6600	6650	5550
鉄骨階段	G	1500	1500	1500	1500
	Q	3500	3350	3200	2100
	G+Q	5000	4850	4700	3600

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・教員・建築

### 3. 弾塑性解析

本論文の構造解析は雪荷重を想定した鉛直等分布荷重を増分させる弾塑性解析を行い、建物の崩壊過程を考察する。弾塑性解析に用いた鋼材の応力-ひずみモデルを Fig.2, 柱脚バネ部材の荷重-変位モデルを Fig.3 に示す。

一般に、中低層鉄骨造建築物の場合、柱脚部は保有水平耐力時を意図して  $G+Q+2E$  時のせん断力を満足するように設計されている<sup>[4]</sup>。E は一次設計時の地震力である。今回の体育館に関してもこれを参考にし  $G+Q+2E$  時の柱脚のせん断力を基準として、柱脚バネの耐力を設定した。

### 4. 解析結果

今回の解析結果と、既往の研究<sup>[3]</sup>のピン-ピン支持とピン-ローラー支持の解析結果を Fig.4 に示す。今回の解析結果は鉛直荷重が  $3.1\text{kN/m}^2$  のときに急激な耐力低下が見られた。また、既往の研究の解析結果と比較すると、はじめはピン-ピン支持と同じ挙動を示しているが、柱頭に塑性ヒンジが生じる前の  $3.1\text{kN/m}^2$  のときに急激な耐力低下が見られた。その後、ピン-ローラーとほぼ同様の推移が見られている。

### 5. 解析結果の考察

今回の解析結果では柱頭に塑性ヒンジが生じる前の  $3.1\text{kN/m}^2$  のときに急激な耐力低下が見られた。これは、ローラー支持部に水平に取り付けたバネにせん断破壊が生じたため急激な耐力低下が見られたと思われる。また、はじめは既往の研究のピン-ピン支持と同じ挙動を示しているため、今回の解析ではピン-ピン支持からピン-ローラー支持に切り替わった後の推移を追跡することができたのではないかとと思われる。

### 6. まとめ

既往の研究ではピン-ピン支持の鉄骨造の体育館に雪荷重をかけると、柱頭が全塑性モーメントに達する前に柱脚がせん断破壊してしまうことがわかっている。そこで、今回の研究ではローラー支持に  $77\text{kN}$  で破壊するバネ部材を水平に取り付けることでピン-ピン支持からピン-ローラー支持に切り替わった後の解析も可能になるようにモデルを設定した。その結果、はじめは既往の研究のピン-ピン支持と同じ挙動を示し、柱頭に塑性ヒンジが生じる前の  $3.1\text{kN/m}^2$  で急激な耐力低下が見られた。今後は、今回の解析結果の信頼性を確かめるためバネ部材の耐力の大きさや材料特性などの影響に関する検討を行う予定である。

### 7. 参考文献

- [1] 小澤雄樹, 川口健一, 高橋徹, 大井謙一: 1998 年 1 月豪雪による山梨県内屋内運動場の倒壊被害について, その 1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (九州) 1998 年 9 月
- [2] 高橋徹, 千葉隆弘, 高倉政寛, 中村一樹, 植松康: 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) 研究成果報告集, pp. 62~71, 2014. 8
- [3] 鈴木景祐, 本釜恭輔, 亀山涼季, 石鍋雄一郎, 中島肇: 雪荷重による門型ラーメン鋼構造の崩壊過程に関する基礎的研究, 日本建築学会関東支部研究報告集 87 巻, pp. 369~372, 2017 年 2 月
- [4] 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国立研究開発法人建築研究所: 2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書

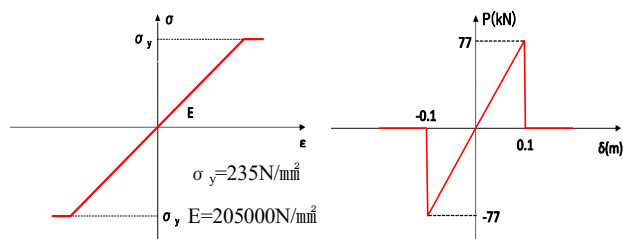


Figure 2. Stress-strain model of steel

Figure 3. Load-displacement model of spring

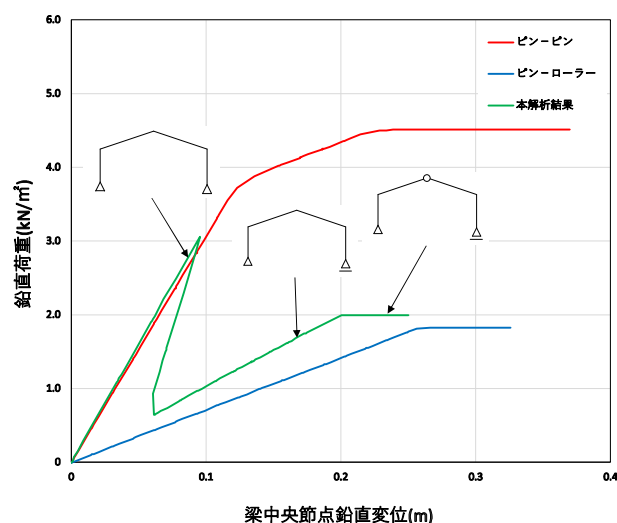


Figure 4. Analysis result