

## 大スパン鋼構造建築物の対雪設計法に関する解析的研究 Analytical Study on Snow Design Method for Large Span Steel Structure

○櫛島凌<sup>1</sup>, 石鍋雄一郎<sup>2</sup>, 中島肇<sup>3</sup>

\*Ryo Nudeshima<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>, Hajime Nakajima<sup>3</sup>

**Abstract:** The heavy snowfall in February 2014 caused damage such as the collapse of many large-scale steel structures and the collapse of the roof in the Tokyo city. The purpose of this study is to establish a snow-resistant design method that aims to maintain a toughness collapse process even after the maximum bearing capacity of large span steel structural buildings against snow loads. Composite nonlinear analysis for snow loads The factors that influence the collapse behavior are examined, and the factors of the sudden decrease in strength are analyzed.

### 1. はじめに

2014年の2月の大雪により首都圏等で多数の大規模な鋼構造建築物が倒壊，屋根が崩落するなどの被害が発生した<sup>[1]</sup>。本研究では，大スパン鋼構造建築物が雪荷重に対して，最大耐力後にも靱性のある崩壊過程を保持することを旨とした対雪設計法を確立することを目的とする。雪荷重を対象とした複合非線形解析を行うことで置屋根構造の崩壊挙動に影響を与える因子について検討して，急激な耐力低下の要素を分析する。

### 2. 数値解析概要

置屋根構造を対象として，単純梁構造，トラス梁構造，張弦梁構造に関する弾塑性挙動を検討する。解析モデルは，スパン(L)30m，支配幅を6m，基本となる横補剛間隔を5mとした(Figure1)。建設地を千代田区として屋根仕上げ自重を700(N/m<sup>2</sup>)，再現期間50年に対する雪荷重を750(N/m<sup>2</sup>)と設定し，部材の応力度比を0.95以下かつ雪荷重時の鉛直変位をスパンの1/300以下として部材を設計した(Table1)。

単純梁構造は，横補剛の配置箇所が横座屈に与える影響について検討するために，横補剛を梁中央部に2.5m間隔で設けたモデルと，さらに1.25m間隔で設けたモデルの計3パターンを設定した(Figure2)。トラス梁構造は，圧縮力による曲げ座屈を制御するために，上弦材の中央部に2.5m間隔で設けたモデルを設定した。張弦梁構造は，既往の研究より最大耐力後の靱性を確保できるモデルを対象とする<sup>[2]</sup>。解析モデルは初期不整を各モデルの座屈モードの最大変形箇所に横補剛間隔の1/1000とした三次元モデルとし，雪荷重を想定した鉛直等分布荷重を対象とした，弧長増分法による複合非線形解析を行う(Figure3,4)。

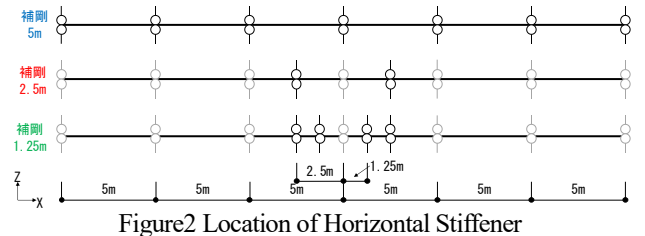
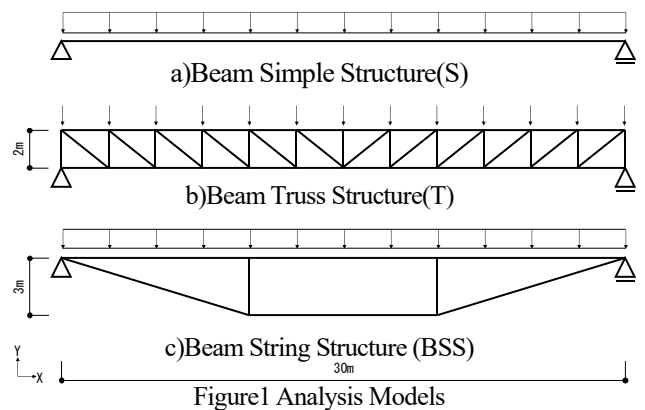


Table1 Structure Member for Numerical Analysis<sup>[2]</sup>

構造種別	使用部材 (SN400)	応力度比	変位 / スパン	剛性比 $\alpha r$ / 耐力比 $\alpha s$
単純梁	H-800 × 300 × 14 × 28	0.57	1/367	
トラス梁	上下弦材 H-175 × 175 × 7.5 × 11	0.91	1/1179	8.1 × 10 <sup>-4</sup> / 0.49
	斜材 H-150 × 75 × 5 × 8	0.42		
	束材 H-150 × 75 × 5 × 8	0.79		
張弦梁	梁 H-390 × 300 × 10 × 16	0.34	1/335	8.1 × 10 <sup>-4</sup> / 0.49
	ストリング構造用スプリング P-φ76.3 × 4.0 (STK400)	0.76		
	束材	0.91		

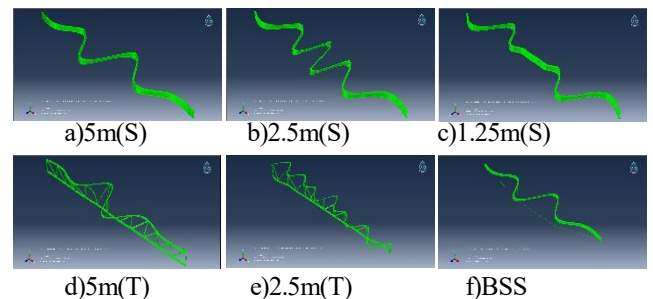


Figure3 Buckling Mode

1 : 日大理工・院(前)・建築, Graduate Student, Nihon Univ.  
 2 : 日大短大・教員・建築, Associate Professor, Junior College, Nihon Univ., Dr.Eng.  
 3 : 日大理工・教員・建築, Professor, College of Science and Technology, Nihon Univ., Dr.Eng.

3. 解析結果

単純梁構造について、梁が全塑性モーメント  $M_p$  を保った状態で回転することを想定とした横補剛間隔の規定を満たさない補剛 5m では、梁中央部が横座屈し緩やかな耐力低下が生じた (Figure5 a),b),Table2).  $M_p$  を保ちながら回転することを想定としている補剛 2.5m は、最大曲げモーメントが  $M_p$  に到達せずに梁中央部で横座屈し、緩やかな耐力低下が生じた (Figure5 a),c). また補剛 1.25m は、中央部ではなく横補剛間隔の大きい梁端部箇所が横座屈したが、耐力低下が生じずに靱性のある挙動を示した (Figure5 a),b)).

トラス梁構造について、補剛 5m, 補剛 2.5m 共に、梁中央部の上弦材が圧縮力による曲げ座屈を起こし、急激な耐力低下が生じた (Figure6 a),b)).

張弦梁構造は、梁の横座屈よりストリングが先に降伏する判断指標である耐力比  $\alpha_s$  が 1.0 未満のモデルであり、靱性のある挙動を示した。また、梁中央変位がスパンの 1/50 時のストリングの応力度は  $963\text{N}/\text{mm}^2$  となり、降伏応力度  $901\text{N}/\text{mm}^2$  の近傍にある (Figure6 a),c)).

4. まとめ

雪荷重に対する置屋根構造の最大耐力後の崩壊挙動を示した。

単純梁構造について、梁中央部が横座屈することにより耐力低下が生じることを確認した。なお、横補剛間隔の規定<sup>[3]</sup>では靱性のある崩壊挙動を示せない部材断面が存在することを確認した。

トラス梁構造では、上弦材が曲げ座屈した後、急激な耐力低下が見られるため、かなり余裕がある強度型の断面設計をすることが望ましいと考える (Figure6 a)).

張弦梁構造について、耐力比  $\alpha_s$  を 1.0 未満にすることで、単純梁構造、トラス梁構造よりも靱性のある崩壊挙動を示すことが確認できた。

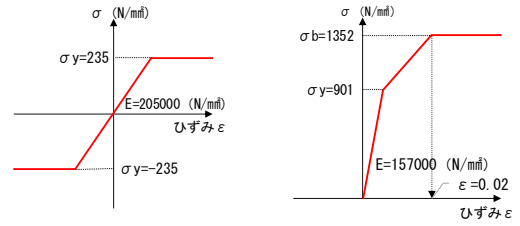
今後は、山形ラーメン構造の雪荷重に対する最大耐力後の崩壊過程について検討する予定である。

5. 参考文献

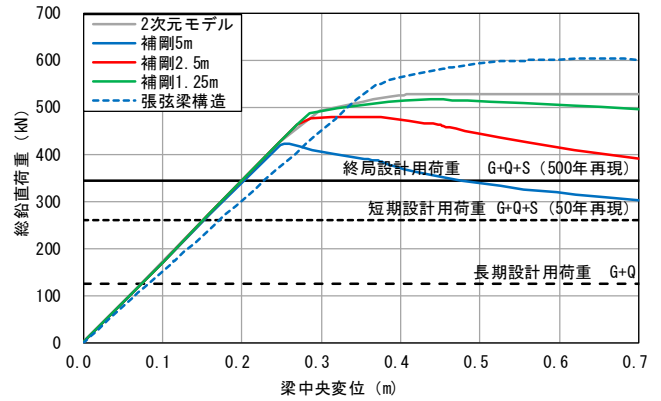
- [1]高橋徹ほか：2014年2月の大雪による建築物の被害，平成25-26年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金），（特別研究促進費）研究成果報告集，pp.62-71，2014年8月
- [2]勝島凌，大野啓介，石鍋雄一郎，中島肇：鉛直荷重に対する張弦梁構造の弾塑性挙動に関する基礎的研究 その2 形状、耐力比、境界条件が構面内外の不安定現象に与える影響，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），pp.889-890，2020年9月
- [3]日本建築学会：鋼構造塑性設計指針，p.69，2017年

Table2 Prescribe of Horizontal Stiffening Interval Length<sup>[3]</sup>

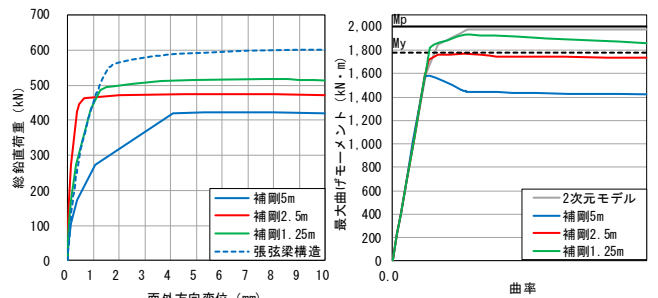
構造種別	$(\phi b \cdot h) / A_f \leq 0.29 / (\sigma_y / E)$ かつ $\phi b / i_y \leq 2.0 / \sqrt{(\sigma_y / E)}$			
	$A_f$ (mm <sup>2</sup> )	$h$ (mm)	$i_y$ (mm)	$\phi b$ (mm)
単純梁	8400	800	68	2656
トラス梁	1925	175	44	2583
張弦梁	4800	390	74	3114



a) Beam, Strut, Truss b) String  
Figure4 Stress-Strain Relationship

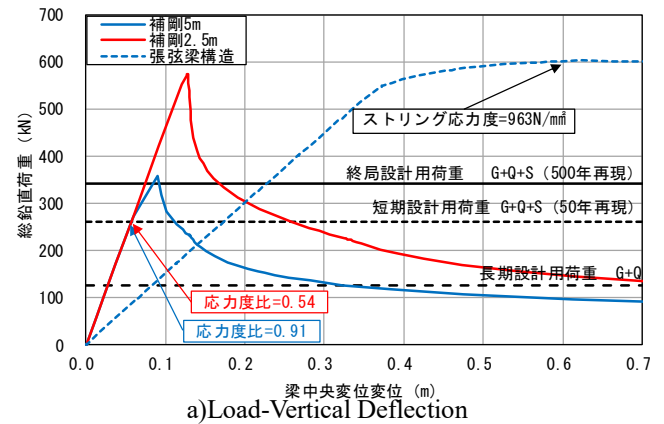


a) Load-Vertical Deflection

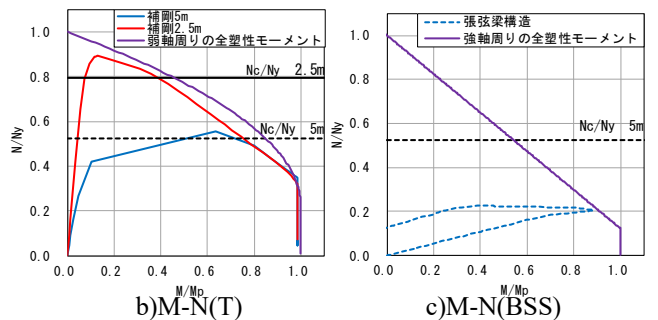


b) Load-Horizontal Deflection c) M-Curvature(S)

Figure5 Relationship Diagram(S,BSS)



a) Load-Vertical Deflection



b) M-N(T) c) M-N(BSS)

Figure6 Relationship Diagram(T,BSS)