

雪荷重に対する大スパン山形ラーメン構造の横補剛材間隔に関する調査

Investigation on Transverse Stiffener Spacing of Large Span Angled Ramen Structure for Snow Load

○橋本 虎太郎¹, 櫛島 凌², 石鍋 雄一郎³, 中島 肇⁴
 Kotaro Hashimoto¹, Ryo Nudeshima¹, Yuichiro Ishinabe³, Hajime Nakazima⁴

From February 14 to 16, 2014, heavy snowfall from the Tokyo metropolitan area to the Tohoku region caused many large-scale steel structure collapses and roof collapses in the Tokyo metropolitan area. This caused snow damage even in light snow areas. As a first example, the roof of the Ome City Third Junior High School indoor sports ground collapsed. Near the center of the steel beam, it buckled laterally, and 5 of the central part collapsed out of all 8 ways, and plasticization was observed near the end of the beam.

The purpose of this study is to present design data on the role of lateral stiffening for snow loads.

1. はじめに

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^[1]. 特に、鉄骨造建築物の倒壊、屋根の崩落等が多数発生した. これによって少雪地域でも雪による被害が発生した. 事例の一つは、東京都青梅市立第三中学校屋内運動場の屋根の崩落である. (Fig.1, Table.1). 鉄骨梁の中央付近が横座屈し、全8通り中、中央部分の5通りが崩落しており、梁の端部付近では塑性化が見られた.



Figure1. Collapsed gymnasium roof^[2]

Table1. Detail of a collapsed gymnasium roof^[3]

(1) 事故の概要	
発生日時	2014年2月15(土)午前9時15分頃
概要	体育館屋根の倒壊(人的被害なし)
(2) 建築概要	
竣工	1968年
規模	長さ38.9m × 幅28.1m × 軒高8.51m(最高高さ10.83m)
建物構造	鉄骨造
	鉄骨柱と鉄骨梁の門型フレームが桁行方向に連なって構成 屋根は鉄骨梁の上に木毛セメント板を下地とした鉄板葺(屋根勾配1/20)
(3) 被害の状況	
	・屋根の梁は全8通り中、中央部分の5通りが崩落 ・鉄骨梁の中央付近が横座屈し、端部付近が塑性化 ・鉄骨柱は内側に傾斜し、柱脚部分が浮き上がり
(4) 積雪の状況	
	・当日午前7時時点の近隣の積雪深は、青梅市役所(現場から約2Km)において63cm
(5) 設計の検証	
	・設計時に想定していた積雪量は30cm、単位重量は2kg/m ² ・cm

本研究では積雪荷重に対しての横補剛の役割に関する調査および設計資料の提示を目的とする.

2. 文献調査

崩壊メカニズム時に塑性状態に達する梁において、塑性状態に至る以前に横座屈を生じないように検討する必要がある. 「建築物の構造関係技術解説書」^[4]では、逆対称モーメントを受ける梁に対して、横補剛間隔を均等に設ける方法、主として梁端部に近い部分に横補剛を設ける方法の2つが示されている.

通常のラーメン骨組に横補剛間隔を均等間隔に設ける場合、式(1)、(2)により横補剛間隔が設定される.

$$400\text{N/mm}^2 \text{ 級炭素鋼の梁} : \lambda_y \leq 170 + 20n \quad (1)$$

$$490\text{N/mm}^2 \text{ 級炭素鋼の梁} : \lambda_y \leq 130 + 20n \quad (2)$$

λ_y : 梁の弱軸まわりの細長比 (ℓ/i_y)

ℓ : 梁の長さ (mm)

i_y : 梁の弱軸回りの断面二次半径 (mm) ($=\sqrt{I_y/A}$)

I_y : 梁の弱軸回りの断面二次モーメント (mm⁴)

A : 梁の断面積 (mm²)

n : 横補剛の箇所数

均等配置の場合、 ℓ が大きくなる程、必要補剛数が増え、横補剛間隔が狭くなる.

梁端部に近い部分に横補剛を設ける場合、降伏曲げモーメントを超える曲げモーメントが作用する領域に式(3)、(4)により横補剛間隔が設定される.

$$\text{SS400} \quad \frac{\ell_b H}{A_f} \leq 250 \quad \text{かつ} \quad \frac{l_b}{i_y} \leq 65 \quad (3)$$

$$\text{SM490} \quad \frac{\ell_b H}{A_f} \leq 200 \quad \text{かつ} \quad \frac{l_b}{i_y} \leq 50 \quad (4)$$

ℓ_b : 補剛間隔

h : 梁のせい (mm)

A_f : 圧縮フランジの断面積 (mm²)

i_y : 梁の弱軸のまわりの断面二次半径 (mm)

式(3)、(4)は、梁の両端部が塑性状態であるとして

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・院(前)・建築 3 : 日大理短大・教員・建築 4 : 日大理工・教員・建築

梁端部に横補剛を設ける場合であり、梁両端で横補剛間隔は最小になり、中央部は大きくなる。

3. 既往研究における横補剛間隔の分析

文献調査を参考に、既往研究^[5]で使用されたモデルについての横補剛間隔を分析する。

モデルは、鉄骨造で山形ラーメン構造の一般的な小中学校の体育館で屋根に二重折板を用いた比較的軽い建物を想定している (Fig.2). 部材断面は、応力度比が1.0未滿かつ建築基準法施行令に基づき、著しい損傷が生じるおそれがなく安全性が確認されている仕上げ材を使用することを想定して地震時の層間変形角が1/120以下、になるように決定している。横補剛数を5箇所とした断面算定の結果を Table2 に示す。

ピン柱脚、固定柱脚の横補剛間隔を Table3 に示す。均等間隔で横補剛を設ける場合、 l_b はピン柱脚では2400mm以下、固定柱脚では1200mm以下となる。梁端部に近い部分に横補剛を設ける場合、 l_b はピン柱脚では2191mm以下、固定柱脚では1600mm以下となる。

山形ラーメン骨組構造における全面載荷、半面載荷の崩壊挙動は両方の柱頭から梁中央の順に塑性ヒンジが生じて崩壊に至っていることが報告されている。また、梁に横補剛材を等均等に2箇所ずつ増やした弾塑性解析では、ピン柱脚の場合は横補剛間隔が4000mmのときに、固定柱脚の場合は横補剛間隔が3000mmのときに横座屈が生じないことが報告されている。一次設計レベルの曲げモーメントを参照すると (Fig.3), 積雪荷重に対する梁端部付近、梁中央の横補剛配置を検討する必要があると考える。

4. まとめ

本調査では、横補剛間隔の設定方法に関する資料をまとめ、既往研究でのモデルを一例に挙げて今後の検討課題を示した。横補剛間隔の規定は地震荷重に対して評価されているため、雪荷重に対する検討が必要であることを確認した (Fig.3)。

今後、積雪荷重に対する梁端部付近、梁中央部の横補剛材の役割を整理し、基礎的資料をまとめて対雪設計法の提案をする予定である。

Table2. Detail of a materials used

(横補剛数: 5)						
柱脚条件	部位	使用部材	地震時 応力度比	積雪時 応力度比	層間変形角*	変位**/スパン
ピン柱脚	柱	H-582 × 300 × 12 × 17 (SN400)	0.44 (柱頭)	0.41 (柱頭)	1/160	1/1200
	梁		0.43 (梁端)	0.39 (梁端)		
固定柱脚	柱	H-500 × 200 × 10 × 16 (SN400)	0.75 (柱脚)	0.73 (柱脚)	1/400	1/750
	梁		0.49 (梁端)	0.73 (梁端)		

*一次設計地震荷重時, **積雪荷重時の梁中央変位

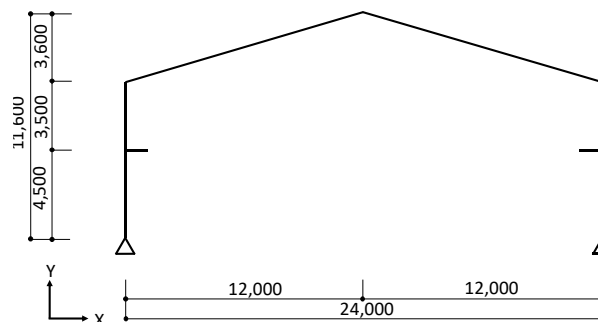
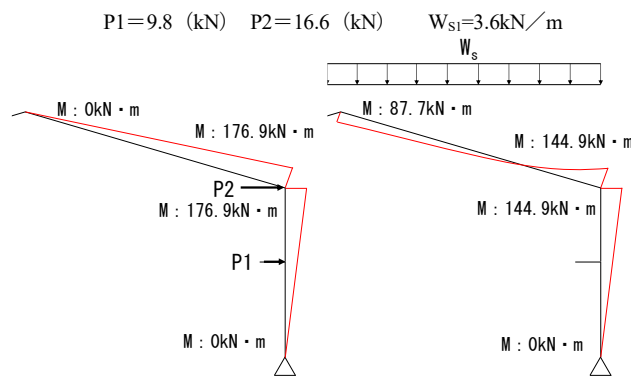


Figure2. Structural model

Table3. Lateral stiffening interval

柱脚条件	$\lambda y \leq 170+20n$		$(l_b \cdot h) / Af \leq 250$ かつ		$l_b / i_y \leq 65$		
	l (mm)	n (個)	l_b (mm)	Af (mm ²)	h (mm)	i_y (mm)	l_b (mm)
ピン柱脚	24000	10	2400	5100	582	68	2191
固定柱脚	24000	20	1200	3200	500	44	1600



(i) Seismic Load (ii) Snow Load

Figure3. Bending Moment Diagram

[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. 9

[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]国土交通省: 社会資本整備審議会建築分科会建築物等事故・災害対策部会 (第19回), 資料2-3 平成26年2月14日からの大雪による建築物等の被害状況事例, 2014. 3. 10

[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

[5]相場 光: 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, 日本建築学会大会学術講演会 (北陸), 2019. 9