

上下動地震動を考慮した鋼構造体育館の耐震性評価に関する基礎的研究
 Fundamental Study on Seismic Evaluation of Steel Structure Gymnasium Considering Vertical Seismic Motion

○山口 航平¹, 石鍋 雄一郎², 中島 肇³

*Kohei Yamaguchi¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

The gymnasium is an important facility that can be used for various indoor events and also as a shelter in the event of a disaster. Although vertical seismic motion is not considered in design generally, the influence of the vertical earthquake movement may be not negligible in the gymnasium which is a large span structure. In this study, the purpose is to understand the stress and response displacement for vertical displacement in vertical motion influenced by knee braces.

1. はじめに

体育館は、さまざまな屋内イベントに使用でき、災害発生時の避難所としても使用できる重要施設である。大スパン構造物である体育館において、上下動地震動の影響は大きいと思われるが、その影響についての定量的な評価が無いのが現状である。

本研究では、上下動地震動における鉛直変位に対して方杖の取り付け位置が応答変位や発生応力に与える影響を把握することを目的にする。

2. 応答解析概要

解析モデルは、既往の文献^[1]をベースに作成した。モデル図を Figure 1 に、梁間方向のモデル図を Figure 2 に示す。上下動地震動の影響が大きいと考えられる梁間方向の応答を検討対象とし、梁間方向の X5 通りに方杖を設けてその応答に着目する。

鋼材の素材特性はヤング係数 $2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ブレースの降伏応力度 $235 \text{N/mm}^2 \times 1.1$ とした。ブレースの復元力特性は 2 次剛性係数を 0.01 とするバイリニアスリップモデルとした。

方杖の取り付け位置は 3 ケースで Figure 3 に示す。取り付け位置は、柱側は柱上端部から 1200mm で固定し、梁側は柱から A は 1250mm, B は 1875mm, C は 2500mm とした。方杖なしの場合と方杖ありの 3 ケースの計 4 ケースのモデルで解析する。部材断面寸法は Table 1 に示す。屋根の質量は、85.6t とし、各節点に均等に配分した。桁行方向の梁及びブレースは両端ピン接合とし、梁間方向は鉄骨ラーメン構造とした。桁行方向の柱脚は $7460 \text{kN} \cdot \text{m/rad}$ の回転剛性をもつ半剛接合とし、復元力特性はスリップ履歴とし、梁間方向の間柱はピン支持とした。解析は上下地震動のみを入力する時刻歴応答解析で、2 波の地震波を Table 2 に示す。減衰は初期剛性比例型とし、減衰定数は桁行 1 次モードに対して 2% を設定する。

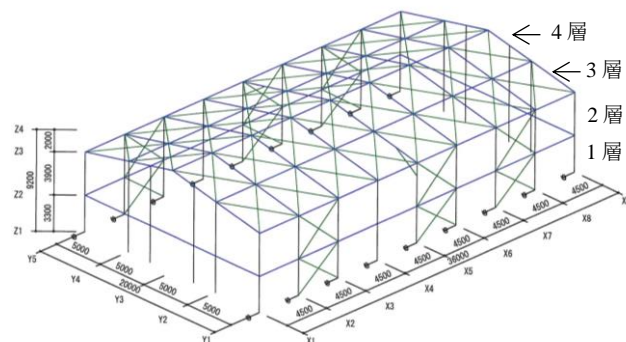


Figure1. Analysis Model Ground Plan

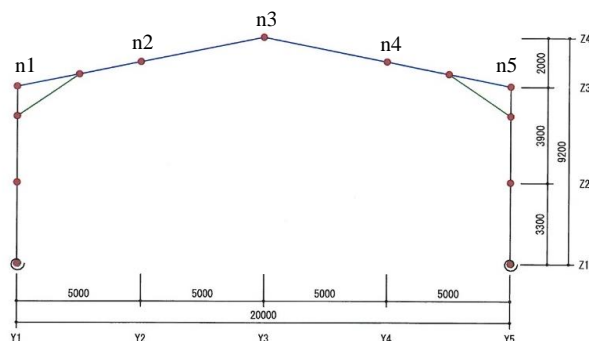


Figure2. X5 Frame with knee brace

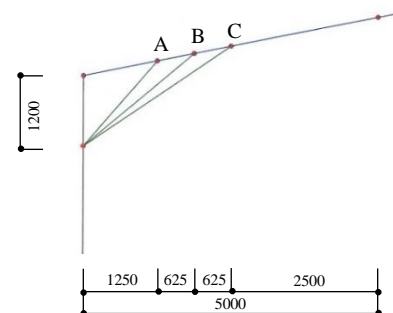


Figure3. Mounting position of the knee brace

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

Table1. Member cross-sectional dimensions

梁	屋根	H-400×200×8×13×13
	桁行方向	H-200×100×5.5×8×8
	張間方向	H-300×150×6.5×9×13
柱	桁行方向	H-400×200×8×13×13
	間柱	H-300×150×6.5×9×13
ブレース	1層	C-75×40×5×7×8×4
	2層	φ-25
	3層	φ-14
	4層	φ-13
方杖		H-150×150×7×10×8

Table2. Input seismic motion

発生年	地震名称	成分	解析時間
2004年	新潟中越地震K-NET 小千谷記録	UD	60
2016年	熊本地震K-NET 益城記録	UD	60

3. 解析結果

鉛直応答変位を Table 3 示す。方杖なしの場合と方杖ありの場合の3ケースを比較すると、n1, n3, n5において変化はあまり見られなかった。一方で、n2, n4においてはわずかではあるが変位は小さくなった。これは方杖の接合部近傍の節点であるためだと考えられる。よって、方杖は上下動地震動による鉛直変位にあまり影響を及ぼさないことが分かった。

最大応答せん断力を Table 4 に示す。n1, n5において、方杖なしの場合に対して、小千谷では方杖ありのAは約53%、Bは約26%増大した一方で、Cは約21%減少した。益城ではAは約55%、Bは約30%増大した。一方で、Cは約13%減少していることが分かる。このことから端部においては、方杖の取り付け位置が影響していることが分かった。一方で、n2, n3, n4においては方杖ありの3ケースともに増大した。両地震動において、A, B, Cの順に大きくなっているがその一方で、その差は小さく方杖の取り付け位置による違いはないことが分かる。

最大曲げ応力度を Table 5 に示す。n1, n5において、方杖なしの場合に対して方杖ありの3ケースは曲げ応力を著しく低減した。特にB, Cは著しく低減した。小千谷において、Bは約93%、Cは約92%、益城においては、Bは約94%、Cは約93%低減した。Aにおいても両地震動において約79%低減した。一方で、方杖の影響が考慮されにくいn2, n4においては方杖なしと比較して、方杖ありの3ケースともに低減したがその変化はほとんどなく、n3においては両地震動で約1割増大した。このことから端部においては、方杖の取り付け位置は曲げ応力に著しく影響していることが分かった。

4. まとめ

本研究では、上下地震動のみの入力に対する鋼構造体育館の梁間方向の応答に着目し、方杖付きの架構の時刻歴応答解析を行い、方杖の取り付け位置が上下地震動における発生応力と応答変位に及ぼす影響を把握した。鉛直応答変位に、方杖の有無はあまり影響を及ぼさないことが分かった。また、曲げ応力において方杖を柱から遠い位置につけるのが効果的である。

今後の検討としては、水平地震動と上下動地震動を同時に入力した場合の応答変位や発生応力を検証する予定である。

5. 参考文献

- [1] 財団法人 日本建築防災協会：実務者のための既存鉄骨造体育館等の耐震改修の手引きと事例。2004年8月20日

Table3. Vertical displacement (mm)

a) 小千谷					
	n1	n2	n3	n4	n5
なし	0.1	21.4	33.9	21.4	0.1
A	0.1	20.3	34.5	20.9	0.1
B	0.1	20.3	33.8	20.3	0.1
C	0.1	19.7	33.0	19.7	0.1
b) 益城					
	n1	n2	n3	n4	n5
なし	0.2	39.8	65.2	39.8	0.2
A	0.1	37.9	65.5	37.9	0.1
B	0.1	36.7	64.5	36.7	0.1
C	0.1	35.9	63.3	35.9	0.1

Table4. Maximum Shear force (kN)

a) 小千谷					
	n1	n2	n3	n4	n5
なし	18.0	18.0	10.0	18.0	18.0
A	38.6	22.2	11.8	22.2	38.6
B	24.3	23.2	12.2	23.2	24.3
C	14.2	23.9	12.5	23.9	14.3
b) 益城					
	n1	n2	n3	n4	n5
なし	30.3	30.3	17.2	30.3	30.3
A	67.7	35.0	21.4	35.0	67.7
B	43.5	36.4	22.7	36.4	43.5
C	26.8	37.5	23.6	37.5	26.8

Table5. Maximum Bending stress (N/mm²)

a) 小千谷					
	n1	n2	n3	n4	n5
なし	53.8	23.9	53.3	23.9	53.8
A	11.6	22.0	58.5	22.0	11.6
B	3.5	20.6	58.8	20.6	3.5
C	4.1	18.8	58.2	18.8	4.1
b) 益城					
	n1	n2	n3	n4	n5
なし	96.4	35.0	106.0	35.0	96.4
A	20.6	30.0	118.8	30.0	20.6
B	6.2	28.6	120.9	28.6	6.2
C	7.0	25.5	121.3	25.5	7.0