

B-49

地震時における鋼構造体育館の鉛直応答加速度に関する基礎的研究

Basic research on vertical response acceleration of steel structure gymnasium during earthquake

○一木大樹¹, 加藤周¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³*Daiki Ichiki¹, Shu Kato¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

Abstract: The gymnasium is a facility where sports and many activities are carried out, and it is important facility that is also used as an evacuation center in the event of a disaster, but there have been many reports of ceiling fall damage during caused by earthquake. The reason for this is that a spatial structure such as a gymnasium is characterized by a large vertical response of the roof surface during an earthquake. Therefore, in this study, analyses focuses on the response characteristics of the gymnasium in seismic response to vertical response acceleration were performed.

1. はじめに

体育館はスポーツや多くの活動が行われる施設であり、災害時には避難所としても用いられる重要な施設であるが、地震時の天井の落下被害は多く報告されている。

既往の研究^[1]において鉄骨造学校体育館における東北太平洋沖地震における観測波の応答結果に着目し、実際の地震被害情報との比較が行われている。これにより、天井落下などの被害は相当軽微な振動でも起こり得ること、学校体育館のような空間構造は地震時に屋根面の鉛直方向の応答が大きくなりやすくこれが天井被害と対応する可能性が示されている。

そこで本研究では地震応答のうちの鉛直応答加速度に着目して解析を行い、体育館の応答性状について検討する。さらに、方杖を取り付けた場合や方杖に塑性ひずみエネルギーの吸収能力を有する方杖ダンパーを取り付けた場合とも比較し、考察する。

2. 解析概要

解析モデルは、既往の文献^[2]を参考に作成する (Figure 1)。本研究では、1 構面を取り出した二次元モデルで解析を行う。

鋼材の素材特性はヤング係数 $2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、方杖および方杖ダンパーの降伏応力度は $235 \text{N/mm}^2 \times 1.1$ とした。

方杖および方杖ダンパーの取り付け位置は Figure 2 に示す。梁に取り付ける位置は柱から 2500mm、柱上端部からは 1600mm とした。斜材なしの場合、方杖付きの場合、方杖ダンパー付きの場合の計 3 種類のモデルで解析する。部材断面寸法を Table 1 に示す。方杖ダンパーの復元力特性は、完全弾塑性とする。質量は、屋根 (n1~n5) に 1.9t を均等に配分し、n6~n7 に各 6.16t を設定した。

時刻歴応答解析は、Table 2 に示す 2 波を対象に行う。解析ケースは計 9 種類で、Table 3 に示す。上下地震動のみの場合は原波を入力する。水平地震動のみの場合は地震波の入力エネルギーが $60 \sim 70 \text{kN} \cdot \text{m}$ となるように加速度の倍率を調整した。上下地震動と水平地震動を同時に入力する場合は、水平地震動のみの場合の倍率を上下・水平地震動それぞれに乗じた。

柱脚は、 $7460 \text{kN} \cdot \text{m/rad}$ の回転剛性および $49 \text{kN} \cdot \text{m}$ の曲げ耐力を有する半剛接合とし、復元力特性はスリップ履歴とした。減衰は、初期剛性比例型とし、減衰定数は 1 次モードに対して 2% を設定する。

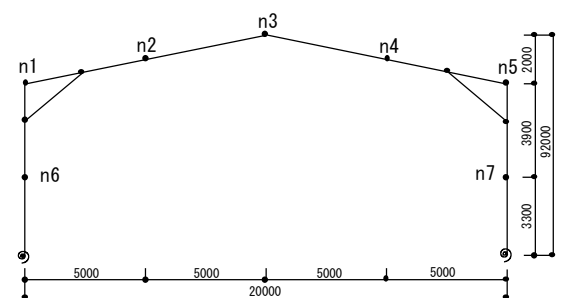


Figure1. Frame model

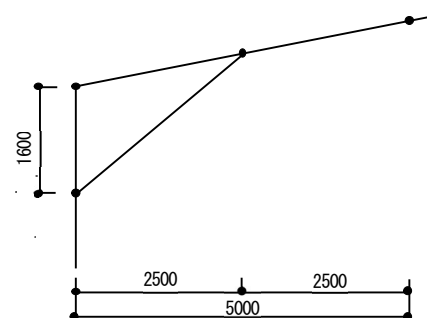


Figure2. Mounting position of the diagonal element

Table1. Member cross-sectional dimensions

柱	H-400×200×8×13×13
梁	H-400×200×8×13×13
方杖	H-150×150×7×10×8
方杖ダンパー	PL-43×10

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	EW	50
		UD	60
2016年	熊本地震 K-NET 益城記録	EW	50
		UD	60

Table3. Analysis case

	上下動	水平動	斜材
UD-N	○ (原波)	×	なし
UD-B			方杖
UD-D			方杖ダンパー
HZ-N	×	○	なし
HZ-B			方杖
HZ-D			方杖ダンパー
UDHZ-N	○	○	なし
UDHZ-B			方杖
UDHZ-D			方杖ダンパー

3. 解析結果

各点の鉛直応答加速度の結果を Figure 3 に示す。

上下動のみの場合では、n2~n4 で応答に差が表れており、特に n3 では、益城の方杖ありに比べて斜材なしが約46%小さくなっている。小千谷においても斜材なしのほうが鉛直応答加速度は小さくなっている。

水平動のみの場合では方杖ダンパーの場合に鉛直応答加速度が小さい傾向となった。これは方杖ダンパーのエネルギー吸収率が影響している可能性が考えられる。小千谷の場合、ひずみエネルギー全体の約47%、益城の場合、約41%吸収した。

上下動と水平動同時に入力した場合、小千谷、益城どちらの場合も方杖ダンパーでは、n2~n4の値がn1, n5と近い値になっている。斜材なしでは、益城が同様の傾向で、小千谷では n3 が小さくなった。方杖を用いた場合では、小千谷では n2, n4 の応答が大きく、n3 が小さくなった。益城においては、n2~n4 の応答は n1, n5 よりも大きくなっている。

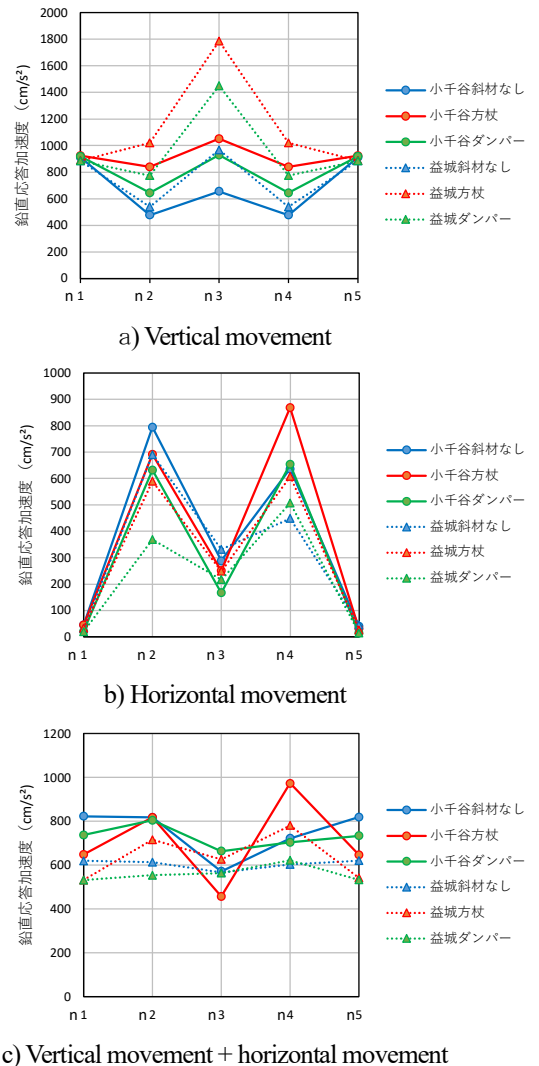


Figure3. Maximum vertical response acceleration

4. まとめ

本研究では、上下地震動のみの場合と、水平地震動のみの場合、二方向の地震動を同時に入力した場合に対する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った。方杖や方杖ダンパーの有無が鋼構造体育館の地震動における鉛直応答加速度に及ぼす影響を把握した。今後の検討としては、ライズスパン比を変えたモデルや方杖の取り付け位置を変更した場合の応答を検証する予定である。

5. 参考文献

[1] 沖倉佳奈枝ほか「東北太平洋沖地震における鉄骨造体育館の応答と被害に関する考察」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 915-916, 2013. 8
 [2] 山口航平: 「上下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」, 日本大学理工学部建築学科卒業研究, 2020. 3