## 鋼構造体育館の桁行方向における層間変形角と耐震診断指標に関する解析的研究

Analytical Study on Story Deformation Angle and Seismic Diagnostic Index

in the Longitudinal Direction of Steel Structure Gymnasium

○青柳 亨寬<sup>1</sup>, 石鍋 雄一郎<sup>2</sup>, 中島 肇<sup>2</sup> Akihiro Aoyagi<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>, Hajime Nakajima<sup>2</sup>

Abstract: Gymnasium is an important facility used as a shelter at disaster. Steel structure gymnasium has provision of Is value [1] by seismic diagnosis method, Is must be 0.7 or more. However, despite exceeding Is = 0.7, the damage of the brace was seen in the 2016 Kumamoto earthquake. There is a structural earthquake resistance index called Is value as an index which is a measure of seismic performance. In this research, referencing preceding study [2], numerical analysis is performed by modeling a gymnasium before and after reinforcement and a three-dimensional model and a multi-mass point system model, comparing and examining interlayer deformation angle and Is value.

1. はじめに

体育館は屋内で多種目の活動が可能な施設であると 同時に災害時には避難所としても用いられる重要施設 である.鋼構造体育館は耐震診断法により, Is 値<sup>11</sup>の規 定が定められており, Is=0.7以上でなければならない. しかし,耐震補強,新耐震をし, Is=0.7を上回っている にも関わらず,2016年の熊本地震では,ブレースの被 害が見られた<sup>11</sup>.本研究では,文献<sup>12</sup>を参考に補強前と 補強後の体育館を立体モデルと多質点系モデルをモデ ル化し,数値解析を行い,層間変形角並びに Is 値の比 較検討し,考察する.

## 2. 解析概要

立体フレームモデルは実在する鋼構造体育館<sup>[2]</sup>とし, モデル図を Fig.1 に示す. ブレースの配置は片側の桁行 構面第1,2層共に2スパンにわたって2カ所のブレー スを設置されている.部材の断面リストは Table1,2 に 示す.さらに,補強を施したモデルを2種類設定し, 補強+1,補強+2と称する.赤で示した補強+1 は第1,2 層の X7~X9 軸間にブレースを追加したもので,緑で示 した補強+2 は補強+1 に加えて屋根面である第4,5 層の 断面を変更したものとする.また,層の重量と補強前 後の1 次固有周期を table3 に示す.



<sup>1:</sup>日大理工・学部・建築 2:日大理工・教員・建築



## Figure2. Definition of Stories

層の設定は文献<sup>[3]</sup>を参考に Fig.2 に示すような屋根 面までを含めた層を設定した.

さらに,簡易な弾塑性応答変形の評価と目的として, 屋根面も含めた質点系モデルを作成した.質点系モデ ルは簡易に求められるように,柱梁の伸縮,曲げ剛性 などは考慮せず,ブレースの剛性のみを考慮して,式 (1)(2)より算出する.

$$Q_{yi} = A_{Bi} \sigma_y \cos\theta_i n_i \tag{1}$$

$$K_{Bi} = \frac{EA_{Bi}}{\ell_0} \cos^3 \theta_i n_i$$
 (2)

Q<sub>yi</sub>:降伏せん断力,K<sub>Bi</sub>:弾性剛性

 $A_{bi}: ブレースの断面積, n_i: ブレース構面数$  $<math>\ell_i: ブレースの長さ, \theta_i: ブレース設置角度$ 

鋼材の素材特性はヤング係数 2.05×10<sup>5</sup>N/mm<sup>2</sup>, ブレ ースの降伏応力度 235N/mm<sup>2</sup>×1.2 とした. ブレースの 復元力特性は 2 次剛性比を 0.01 とするバイリニアスリ ップモデルとする. 小梁及びブレースは両端ピン接合 とし,梁間方向は剛接合のラーメン構造とした.

柱脚は文献<sup>(4)</sup>を参考に算出した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た. 補強前後の Is 値を Table4 に示す.補強前の Is 値は 第 1,2 層で 0.76,0.94 であるが,補強+1,+2 では全層で Is=1.0 を上回っている.

地震波は 2 次設計レベルの告示スペクトルを目標ス ペクトルとして地震波 El centro 波の NS 成分位相特性 を用いて作成した人工地震波を使用した.入力方向は 桁行方向(X 方向)のみとし,上下動と長期荷重は無視す る.

## 3. 解析結果

フレームモデルの補強前後,7 質点系モデルの補強 前後の各層の最大層間変形角をそれぞれ Fig.3(a)(b)に 示す. Fig.3(a)(b)を比較すると、補強前のフレームの第 1.2 層以外最大層間変形角の値は異なるが同じような 変化をしており、多質点系に置き換えると補強前第1 層,補強+1第5層のように顕著に変化が現れることが わかった. また, Fig.3 より, フレームモデルでは第1 層より第2層が大きく変形している. 各モデルの第5 層において、最大層間変形角が補強前よりも補強後+1 の方が上回っている.これは、Table4 より、補強前で は Is 値が第 1,2 層で 0.76,0.94 となっているが、補強+1 では屋根面の Is 値が変わらず第 1.2 層のみ大きくなっ ており、相対的に第5層の Is 値が小さくなっているた めであると考察される. 各モデルで補強+2 では屋根面 を補強することで屋根面の Is 値が相対的に大きくなり, 第1.2層と比べて屋根面の変形が小さくなっている.

4. まとめ

本研究では、体育館を立体フレームと多質点系でモ デル化し、それぞれの補強前後の最大層間変形につい て、比較し Is 値との関係を検討した.今後は、より多 くの体育館についての検討を行う予定である.また補 強前後で立体フレームと多質点系の応答変形の差が著 しいので、より差の小さいモデル化も課題である.

5. 参考文献

- [1]財団法人 日本建築防災協会
   社団法人 建築研究振興協会: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
   pp.138-168, 2004.8
- [2]国土交通省:平成 28 年(2016 年) 熊本地震による建築物等被害第十四次調査報告
   https://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/ 14-kumamoto.pdf(参照 2018.9.20)
- [3]米田良祐,山下哲郎:鉄骨造学校体育館の桁行方向 ブレース構造の弾塑性応答変形推定 日本建築学会 技術報告集,第19巻,pp.501-506,2013.6
- [4]一般社社団法人 日本建築学会:鋼構造柱脚設計施 エガイドブック pp.25-27, 2017.2.25

Table1. Replacment of Members

Ŕ	行面水平材(1層)	H−150 × 150 × 7 × 10
桁	行面水平材(2層)	$H-250 \times 125 \times 6 \times 9$
	屋根面水平材	H-500 × 200 × 10 × 16
	柱(端)	H-500 × 200 × 10 × 16
	柱(中間)	H-250 × 125 × 6 × 9

Table2. Longitudinal Brace

		補強前	補強+1	補強+2
第1,2層	断面	JIS-M33	JIS-M33	JIS-M33
	断面積A(mm <sup>2</sup> )	$7.27 \times 10^{2}$	$7.27 \times 10^{2}$	$7.27 \times 10^{2}$
第3層	断面	JIS-M20	JIS-M20	JIS-M20
	断面積A(mm <sup>2</sup> )	$2.58 \times 10^{2}$	$2.58 \times 10^{2}$	$2.58 \times 10^{2}$
第4層	断面	丸鋼φ 16	丸鋼φ 16	丸鋼φ 22
	断面積A(mm <sup>2</sup> )	$2.01 \times 10^{2}$	$2.01 \times 10^{2}$	$3.80 \times 10^{2}$
第5層	断面	丸鋼φ 16	丸鋼φ 16	丸鋼φ 24
	断面積A(mm <sup>2</sup> )	$2.01 \times 10^{2}$	$2.01 \times 10^{2}$	$4.52 \times 10^{2}$
第6層	断面	丸鋼φ 16	丸鋼φ 16	丸鋼φ 16
	断面積A(mm <sup>2</sup> )	$2.01 \times 10^{2}$	$2.01 \times 10^{2}$	$2.01 \times 10^{2}$

Table3. Frame Overview					
· 層	質量		モデルタ	1次固有周	
	w(t)	Σ w(t)	2770-0	期(秒)	
6	14.46	14.46	フレームモデル	0.376	
5	28.94	43.40	フレームモデル+1	0.324	
4	28.94	72.34	フレームモデル+2	0.305	
3	23.86	96.20	7質点系モデル	0.550	
2	37.48	133.68	7質点系モデル+1	0.477	
1	89.74	223.42	7質点系モデル+2	0.453	

Table4. Is Value						
層	補強前	補強+1	補強+2			
6	2.71	2.71	2.71			
5	1.23	1.23	2.77			
4	1.36	1.36	2.12			
3	1.67	1.67	1.67			
2	0.94	1.41	1.41			
1	0.76	1.14	1.14			





Figure3. Maximum Interstory Drift Angle