

鉄骨トラス屋根体育館における地震時の屋根面応答に関する検討  
I市体育館を例とした振動解析 その1

正会員 ○三宅由祐\* 正会員 鈴木光雄\*  
正会員 曾根拓也\*

学校体育館 屋根面ブレース 鉄骨屋根  
振動解析 接合部

1. 背景と目的

東北大震災において、「下部構造：鉄筋コンクリート造、屋根構造：鉄骨造」の体育館に多大な被害が発生した。

特に屋根鉄骨と下部 RC との接続部の被害は著しく、アンカーボルトの破断やベースモルタルの粉砕、コンクリート端空き部の破壊等が報告されている<sup>※1,2</sup>。

一般的に、このような建物の地震時の設計では、屋根部を剛床または梁やブレースを実状に合わせてモデル化し、各層の Ai 分布に基づく地震力による静的解析によって安全性を確認していると考えられるが、上記被害は、静的解析では捉えきれない動的挙動が生じたことが一要因と考えられる。

本報は、実物件を例として鉄骨トラス屋根の体育館の梁間方向の振動解析を行うことで、屋根部材の地震時の動的な挙動や、接続部の発生応力等を把握する。また、振動解析と静的解析の結果と比較することで、このような建物の設計における一資料となることを目的とする。

なお、本物件の屋根トラスの下弦材、束材には鋼板とスギ集成材のハイブリット部材を使用している。文献 5 では施工に際し行った、部材の軸方向繰り返し載荷実験の概要を示す。

2. 検討方法

2.1 対象モデル

対象モデルは実際に設計を行った地上 2 階建ての I 市体育館をモデル化したものである。構造形式は下部を RC 造とし、体育館部分の屋根はスパン 24.6m の鉄骨トラス構造としている (図 1, 図 2)。

鉄骨屋根は、上弦材・小梁に H 型鋼、斜材にロッド、ブレースに L 型アングル、束材・下弦材・下弦の押え材に木鋼ハイブリット材を使用している。RC 躯体と鉄骨との接合は、ベースプレートとアンカーボルトによる接合が一般的と考えられるが、被害事例を踏まえ、耐震性向上のため下弦材端部は、下部 RC 躯体に埋め込んだ鉄骨部材と接合する形式にした。

本例は、メインアリーナの外周に耐震壁を有し、また、平面的に一部下屋を有する形状となっている。

このような外周に耐震壁、一部に下屋を有する体育館は一般的にみられる形式であることから、耐震壁・下屋

の影響を考察するため、本報では実際に設計した Case3 のモデルに加え、耐震壁と下屋の有無を変化させた以下の 3 ケースを検討モデルとした。

- Case1…外周耐震壁：無し、下屋…無し
- Case2…外周耐震壁：有り、下屋…無し
- Case3…外周耐震壁：有り、下屋…有り

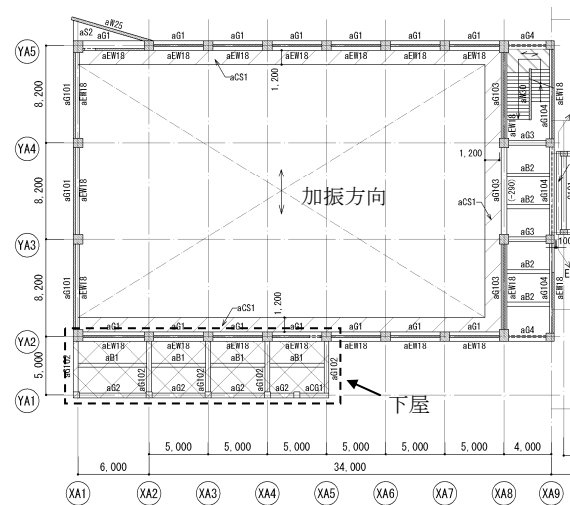


図 1 2階略伏図

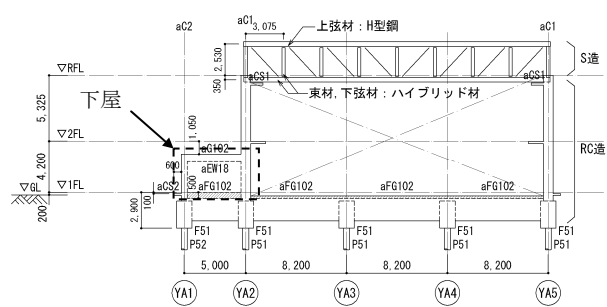


図 2 XA3 通り略軸組図

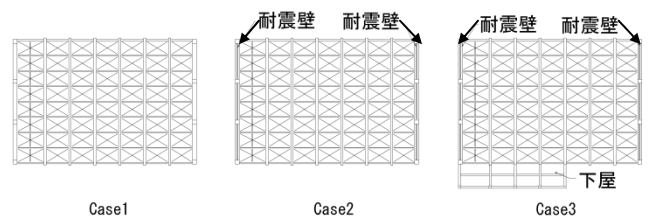


図 3 検討 Case

## 2.2 モデル化手法

地震時の立体的な応答性状を把握するため、立体部材モデルを作成した。図 4 に Case2 を例とした解析モデルを示す。Case1 は Case2 から耐震壁を取り除いたモデル、Case3 は剛性の高い下屋が取りつく場合の極端な例として、図 4 の点線で囲った箇所をピン支点を設けることで、下屋による柱中間部の拘束を模擬したモデルとしている。

また、図 1 伏図の XA8 より右側の付属部分も今回の解析の主眼ではないため、モデル化は省略している。

各節点には負担領域の質量を入力した。また、加振方向は、トラス下弦材端部と、ブレースの最大応力に着目するため、梁間方向とする。各部材に入力した復元力特性を表 1 に示す。

実設計の物性値を使用して計算した、解析モデルの部材諸元を表 2 にまとめる。なお、ハイブリッド材の断面性能は木材の影響を考慮した等価値としている。

表 1 各部材の復元力特性

部材	モデル化	復元力特性
柱	線材	武田モデル
梁	線材	武田モデル(強軸・弱軸方向)
耐力壁	壁エレメント置換	武田モデル
ブレース	線材	柴田・若林モデル
トラス上弦材	線材	弾性部材
トラス下弦材	線材	弾性部材
トラス斜材	線材	弾性部材

※弾性として入力した部材は最大応力発生時に弾性限以内であることを確認している。また、Case1 では主に応答の傾向確認を目的としており、柱、梁は弾性とする。

表 2 解析モデル部材諸元

部材	断面	材料	ひび割れモーメント の割増率	降伏モーメント 又は 引張降伏軸力	細長比
RC柱	800×800	Fc30/SD390	262	1448 kN・m	-
3階梁	800×800	Fc30/SD345	262	800 kN・m	-
2階梁	800×800	Fc30/SD345	262	640 kN・m	-
トラス上弦材	H-390×300×10×16	SN490B	-	4765 kN	42
トラス下弦材	PL-18×300(鋼)×2口-155×350(木)	SN490B	-	1716 kN	59
トラス束材	PL-18×200(鋼)×2口-155×250(木)	E65-F225	-	1144 kN	32
トラス斜材	φ26(ST1)	B種1号	-	543 kN	-
	φ36(ST2)	SBPR930/1080	-	823 kN	-
鉄骨小梁	H-294×200×8×12	SS400	-	1837 kN	105, 126
屋根ブレース	ZL-75×75×12	SS400	-	856 kN	264
	ZL-100×100×13	SS400	-	1257 kN	196, 225

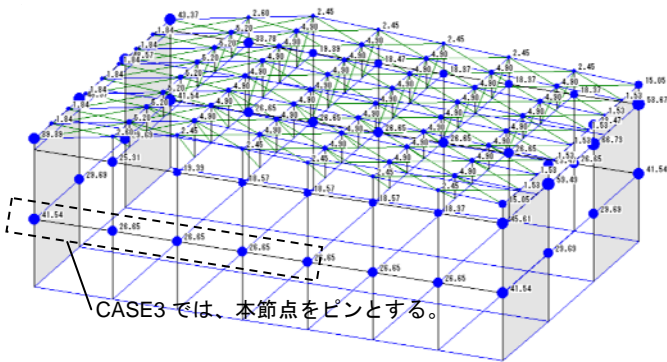


図 4 解析モデル (Case2 の場合)

## 2.3 静的増分解析方法

振動解析結果の比較対象として、静的加力による増分解析により、応力・変位を算出する。

部材特性は 2.2 節で示した弾塑性モデルを用いる。荷重分布形は、2 層・R 層の重量を用い、2 階建て建物とした時の  $A_i$  分布形としている。

保有水平耐力計算を想定し、標準せん断力係数  $C_0=1.0$ 、 $D_s=0.55$  とした場合 (以下、標準設定時) の各階水平震度と、これに加え、今回の設計では、 $F_{es}=1.5$  (壁の偏在による偏心率を考慮) と重要度係数  $I=1.25$  を考慮しているため、その場合 (以下、実施設定時) 各階水平震度  $k_i$  を計算し、併せて表 3 に示す。

表 3 静的増分解析時の各階水平震度

	層	$C_0$	$A_i$	$D_s$	$F_{es}$	$I$	$C_i$	$k_i$
標準設定時	R	1.0	1.20	0.55	1.00	1.00	0.66	0.66
	2		1.00				0.50	0.42
実施設定時	R	1.0	1.20	0.55	1.50	1.25	1.24	1.24
	2		1.00				1.03	0.79

## 2.4 振動解析方法

時刻歴応答解析はニューマーク  $\beta$  法 ( $\beta=0.25$ ) を用い、採用地震波は以下の 5 波とし、時間刻みは各 0.01sec とした。各地震波の加速度応答スペクトルを図 5 に示す。

①Elcentro_NS	(観測波を50kineに基準化)
②Taft_EW	(観測波を50kineに基準化)
③kokuji_Elc	(告示波極まれElcentro_NS位相)
④kokuji_JMA	(告示波極まれJMA_kobe_NS位相)
⑤kokuji_Hac	(告示波極まれHachinohe_NS位相)

※建物固有周期、基礎根入れ深さ、周囲の地盤強度から入力損失による低減率が 0.8 程度見込めることから、重要度係数を考慮の上、入力地震動のレベルは、観測波 50kine、告示波極まれ相当とした。

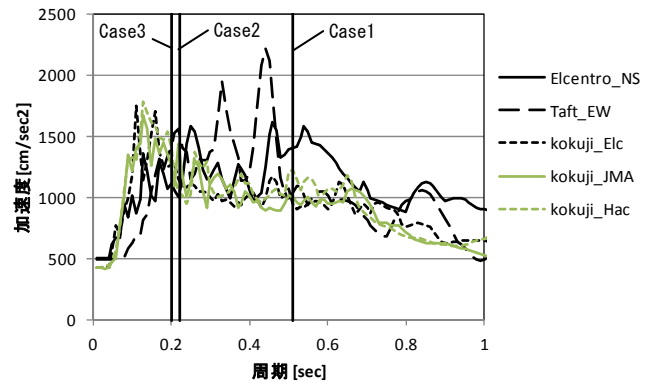


図 5 加速度応答スペクトル

減衰定数は初期剛性比例減衰を採用し、減衰定数は加力方向の 1 次モードに対し 0.03 とした。

各 Case の加力方向の一次固有周期は以下となった。

Case1 : 0.509[sec], Case2 : 0.221[sec], Case3 : 0.201[sec]

## 3 まとめ

鉄骨屋根体育館の地震時の屋根面応答を確認するためのモデル化、静的および動的解析の概要、入力地震動について示した。結果、考察、参考文献はその 2 に示す。