

E-ディフェンス実験に基づく大規模空間吊り天井の脱落被害低減技術開発

その5 実大鉄骨造体育館試験体の構造特性

正会員 ○増田寛*¹ 同 吉澤睦博*¹ 同 梶原浩一*²
同 佐々木智大*² 同 青井淳*² 同 田川浩之*²

大規模空間 体育館 実大加振実験
鉄骨造 耐震構造 E-ディフェンス

はじめに

その2で述べた試験体について、実大鉄骨造体育館の構造設計面から見た試験体の特性について述べる。

試験体の構造設計方針

試験体は、繰り返しの振動実験に耐えられること考慮し、許容応力度設計は標準せん断力係数 $C_0=0.2$ に対して実施するが、保有水平耐力の余裕度を1.5以上として設計されている。図1~5に試験体の伏図及び軸組図を示す。グレーのハッチング範囲は震動台、斜線範囲は震動台外の固定床を示している。

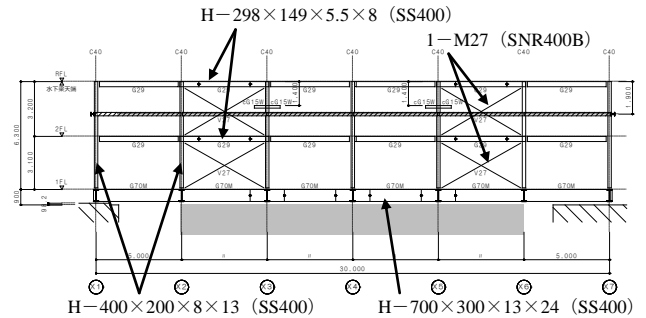


図3 桁行方向ブレース架構の軸組図 (Y1,Y7通)

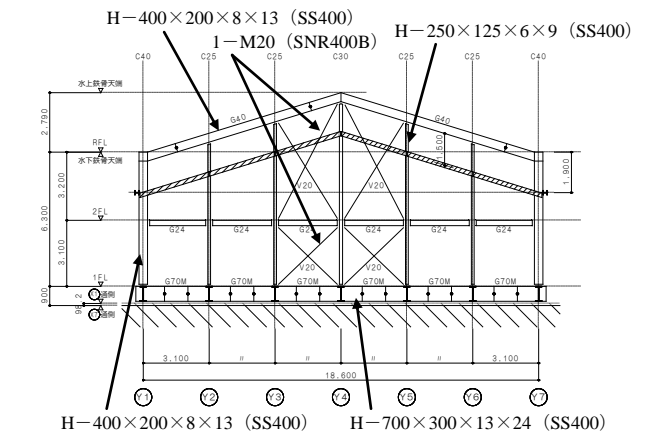


図4 梁間方向ブレース架構の軸組図 (X1,X7通)

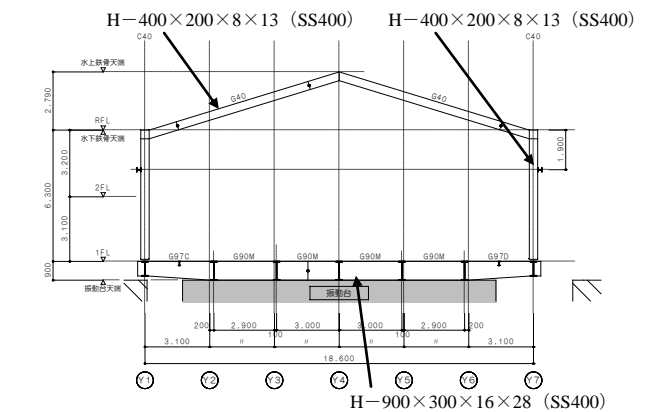


図5 梁間方向ラーメン架構の軸組図 (X2~X6通)

柱・梁については、既存体育館の構造計画・振動性状を模擬するために、既存体育館で用いられることの多い細幅H形鋼を使用した。

基礎梁の本数や梁成が大きいのは、試験体が震動台から大きくはみ出しており、屋根面重量を片持ち梁で支持

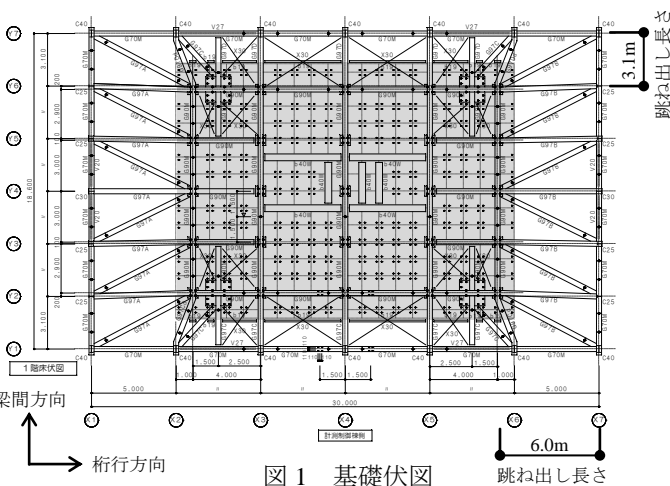


図1 基礎伏図

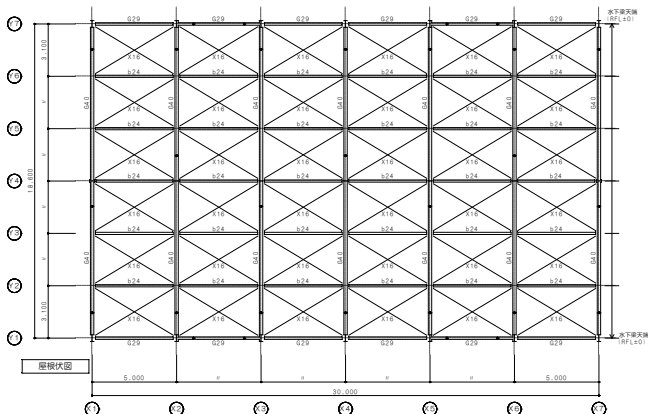


図2 屋根伏図

する必要があるため、上下動抑止や柱脚の固定度にも配慮した結果である。なお震動台上のみならず、施工時・運搬時・吊上時など様々な境界条件においても安全性を確認している。

柱脚は通常の体育館のようにコンクリート基礎への露出柱脚とはなっていないが、柱脚の固定度でみると、たとえばN値20の地盤上に設置された2m×2mのコンクリート直接独立基礎と鉄骨柱脚の直列回転剛性は、鉄骨柱脚のみの回転剛性に対して90%程度にしか低減しない。さらに柱脚回転剛性に対して基礎梁は十分剛であるため、鉄骨柱脚の回転剛性を評価できれば問題ないと判断した。

試験体の片持ち梁等の影響を把握するため、図6に振動台上の試験体と2m×2mの直接独立基礎で支持された同規模の体育館の梁間方向1階の荷重増分解析結果を示す。試験体のほうの初期剛性がわずかに小さくなる程度であり、実大鉄骨造体育館を模擬した試験体になっていると判断できる。

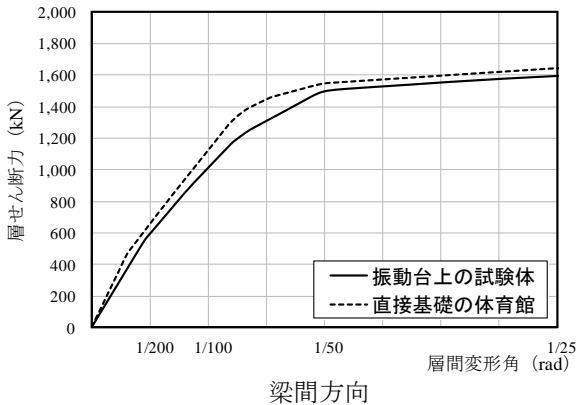


図6 荷重増分解析結果（柱脚固定度比較）

試験体の構造設計結果

試験体の一次設計について、表1に層間変形角、表2にせん断力分担率を示す。なお、中間レベルに耐風梁があるため、2層に分けてモデル化している。桁行方向はブレースがほぼすべてのせん断力を分担し、梁間方向は試験体中央部分の山形ラーメン架構のせん断力の分担が大きくなっている。

表1 層間変形角

階	桁行方向	梁間方向
2	1/467	1/465
1	1/436	1/487

表2 せん断力分担率 (%)

階	桁行方向		梁間方向	
	フレーム	ブレース	フレーム	ブレース
2	9	91	85	15
1	19	81	63	37

保有水平耐力計算について、図7に試験体の増分解析結果を示す。必要保有水平耐力を最大層間変形角1/100で定義すると、桁行・梁間両方向とも必要保有水平耐力の1.5倍以上の保有水平耐力を確保した。このときの1階せん断力係数は桁行方向0.68、梁間方向1.15である。

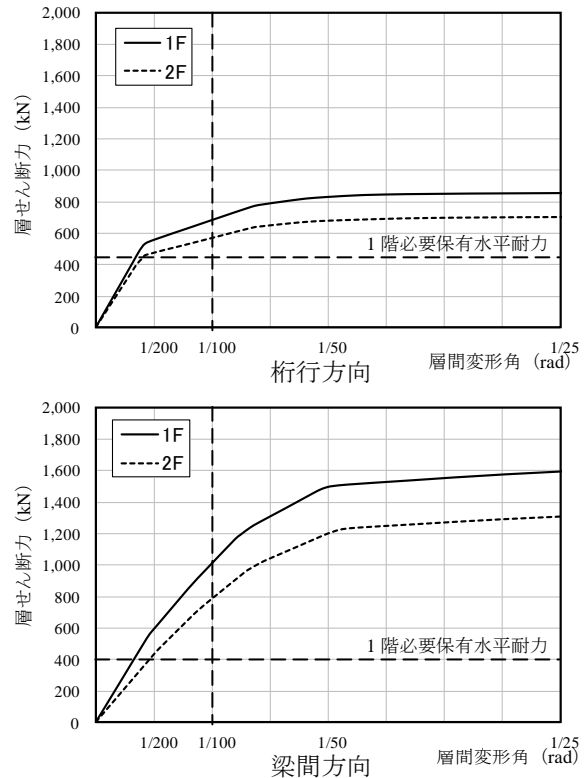


図7 荷重増分解析結果

また、各接合部で保有耐力接合はできているが部材ランクがFDである部材があるので、簡単のため靱性指標F値を一律2.5として1階の保有水平耐力時の構造耐震指標Is値を求めると、桁行方向1.71、梁間方向2.86となり、十分な余裕度が確保されていることがわかる。

固有周期を2質点系の等価せん断棒モデルの固有値解析より求めると桁行方向0.34秒、梁間方向0.42秒となった。建物高さ9.09mとした設計用一次固有周期 $T=9.09 \times 0.03=0.27$ 秒よりも長い。片持ち梁や柱脚回転剛性の影響によるものと考えられる。また、質点系モデル（減衰2%）にJMA神戸NS波100%を1方向入力したところ、屋根面の最大水平加速度は1.7G相当となった。試験体では山形屋根の影響や3方向入力により、質点系の応答解析よりも大きな最大水平加速度をとる可能性がある。

まとめ

試験体の構造特性について、構造設計の面から述べた。繰り返しの振動実験に対して余裕を持った設計としており、また柱脚部の固定度などを含め、概ね実際に施工される体育館の動的挙動を再現できると考えられる。

*1 株式会社竹中工務店

*1 Takenaka Corporation

*2 独立行政法人防災科学技術研究所

*2 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention