

9) - 2 屋根面の応答を含む既存鉄骨体育館の地震時挙動の解明と補強方法に関する研究

Study on Seismic Performance and Reinforcement Methods of Steel Gymnasiums Considering Roof Response Effects

(研究期間 平成 21~22 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

岩田善裕
Yoshihiro Iwata

長谷川隆
Takashi Hasegawa

Spatial structures like steel gymnasiums are generally required to have high seismic performance to function as evacuation space after seismic events. In recent large earthquakes, however, many gymnasiums were closed due to their structural and non-structural damage. One of the reasons is assumed to be the roof response effects which are often neglected in usual structural design. In this paper, parametric studies considering roof stiffness and strength were conducted through dynamic analyses and reinforcement methods using steel dampers to reduce both maximum deformation and acceleration were considered.

【研究目的及び経過】

体育館などの空間建築物は、地震後に避難所として機能できるよう高い耐震性能を有することが一般的に求められる。しかし、近年の新潟県中越地震などに見られる鉄骨体育館の被害では、大規模な修復のためその使用が長期間中断され、避難所として機能できない例が数多く見られた。構造被害の原因としては、鉛直ブレースの耐力不足や接合部が保有耐力接合されていないなど様々な要因が挙げられるが、体育館のような大スパン構造では、屋根面の応答が桁行方向の鉛直ブレースの応答に影響を及ぼすことや、逆に、鉛直ブレースの応答が天井や屋根面ブレースの応答に影響を及ぼすことが考えられる。しかし、現状の構造体に関する設計では、屋根面は総重量のみが考慮され、屋根面の剛性や耐力は考慮されていないため、その影響がどのようなものかは明確ではない。

そこで本研究では、通常の構造設計では明確に扱われない屋根面の応答を考慮に入れた地震応答解析により、鉄骨体育館の桁行方向の地震時挙動を明確にし、主構造体の鉛直ブレース構面と非構造体の屋根面双方の応答の低減に資する耐震補強法を検討する。

【研究内容】

本研究では、鉄骨体育館の桁行方向を検討対象に、図 1 で示すような桁構面が 2 層で、3 スパン分の屋根面を有する体育館を、屋根面を含めた 5 質点系の簡易モデルに置換し 1)、屋根面や鉛直ブレースの剛性・耐力などをパラメトリックに変化させた地震応答解析により、鉛直ブレース構面と屋根面の地震時挙動の検討を行う。

解析 A では、桁構面の構造種別を S 造とし、屋根面の剛性のみを変化させた検討、屋根面の耐力のみを変化させた検討、骨組の I_s 値のみを変化させた検討を実施

する。入力地震動には観測波 4 波と模擬波 2 波（直下型、海洋型）を用いる。着目する工学量は、最大変形角、最大絶対加速度である。解析 B では、検討する桁構面の構造種別に RC+S 造を加え、屋根面の耐力分布形を、震度法分布、保有耐力伝達分布、 A_i 分布、屋根耐力一定分布とし、その大きさを比例倍した検討、骨組のベースシヤール係数のみを変化させた検討を実施する。入力地震動には模擬波 3 波を用いる。着目する工学量は、最大変形角である。補強方法については、従来の耐力型ブレースを用いる場合、鉛直ブレース構面と屋根面の最大変形角は抑えられるものの、天井などの被害要因である最大加速度は大きくなる傾向があるため、ここでは、履歴型ダンパーを組み込んだ方法に着目し、鉛直ブレース構面と屋根面双方の応答の低減に資する補強方法の検討を行う。

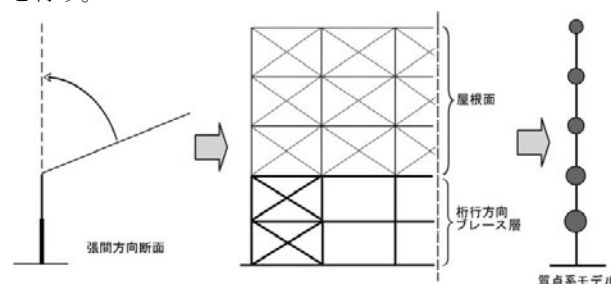


図 1 屋根面を含む桁構面の質点系へのモデル化

【研究結果】

本研究では、通常の構造設計では明確に扱われない屋根面の応答を考慮に入れた地震応答解析により、体育館の桁行方向の地震時挙動および主構造体の鉛直ブレース構面と非構造体の屋根面双方の応答の低減に資す

る耐震補強法について検討を行った。本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- 1) 屋根面の剛性の影響については、その値が小さいほど、鉄骨層および屋根面の最大変形角の値が大きくなる傾向がある(図2)。一方、屋根面の最大絶対加速度は、剛性の違いによる明確な違いは見られない。
- 2) 屋根面の耐力の影響については、その値が大きいほど、鉄骨層の最大変形角が大きくなる傾向がある。一方、屋根面の最大絶対加速度は、耐力が大きいほど、その値が大きくなる傾向がある。
- 3) 屋根耐力分布形については、震度法分布の場合には、上層が耐力不足となり、上層の応答変形が大きくなる。一方、保有耐力伝達分布と屋根耐力一定分布では、他の分布形より屋根の応答変形を小さくすることができる。桁構造種別が変わっても、上記の屋根耐力分布形及び屋根耐力の影響は変わらない(図3)。
- 4) 主構造体の I_s 値の影響については、 $I_s=1.02$ の場合、鉄骨層の最大変形角は $1/100$ を越え、比較的大きな損傷が予想される。一方、 $I_s=1.89$ の場合、鉄骨層の最大変形角は $1/125$ 以内に収まっている。屋根面の最大変形角は、両者ともに、概ね $1/300$ 以内に収まっている。一方、屋根面の最大加速度は、 I_s 値が大きくなるほど値が大きくなる傾向がある。
- 5) 主構造体のベースシヤール係数の影響については、 $C_0=0.5$ の場合、1、2 層のブレース構面の応答変形が大きくなり、比較的大きな被害になることが予想される。一方、骨組全体の耐力が2倍になった場合($C_0=1.0$)、応答変形はかなり小さくなり、RC+S 造モデルの場合には、大地震時にも変形による被害がほとんど生じない程度になると考えられる。
- 6) 履歴型ダンパーによる補強により、従来の耐力型ブレースによる補強の $1/2 \sim 2/3$ 程度の耐力で、鉄骨層および屋根面の最大変形角、屋根面の最大絶対加速度を小さく抑えられ、鉛直ブレース構面と屋根面双方の応答を効果的に低減することができる(図4及び図5)。

[参考文献]

- 1) 長屋敦士、柴田良一、中澤祥二、大家貴徳、加藤史郎:桁行き方向に地震動を受ける体育館のリスクアナリシス その1:等価質点モデル、日本建築学会大会学術講演梗概集 構造 I、pp.745-746、2009.8

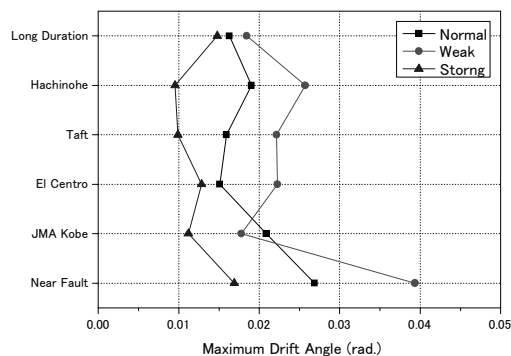


図2 屋根面の剛性の違いに基づく応答比較

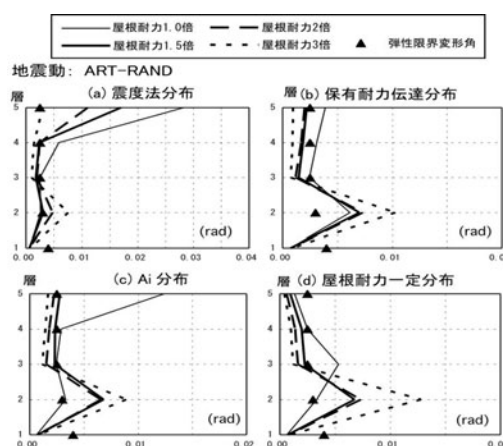


図3 RC+S 造モデルの屋根耐力分布形に基づく応答比較

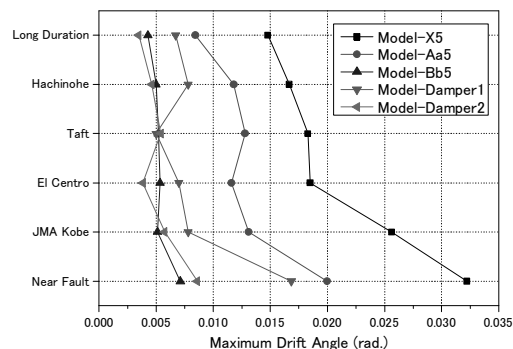


図4 履歴型ダンパーによる補強効果(最大変形角)

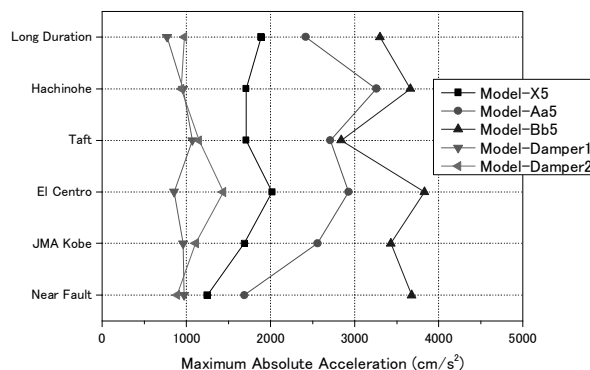


図5 履歴型ダンパーによる補強効果(最大絶対加速度)