

大地震時における免震建物用緩衝材 「免震フェンダー®」 Shock Absorbing Material “Menshin Fender” for Seismic Isolation Buildings During Large Earthquakes

三輪田 吾郎 Goro Miwada

1. はじめに

近年、建築基準法で規定される地震動レベルを大きく上回る直下型地震や海溝型地震の発生が懸念されている。免震建物は建築基準法で規定されるレベル2地震動に対しては一般的に高い耐震性能を有する構造形式である。しかし、レベル2地震動を上回る大地震においては免震建物が擁壁間との免震クリアランスを超過して動作する可能性があり、擁壁に衝突すると上部構造で衝撃的な応答の発生が懸念される。擁壁の損傷によりさらに免震層の変形が進むと免震支承も損傷し、上部構造の鉛直荷重支持能力が失われる可能性がある。

この擁壁損傷および上部構造の応答増大への対策として、船の岸壁着岸時の衝撃緩和に用いる防舷材を擁壁との衝突想定部に設置する提案がある¹⁾。しかし、防舷材は負担可能な単位面積あたりの荷重が低く、免震建物の応答変位を抑制するために多台数が必要という課題があった。そのため、より大きな荷重を負担可能な高減衰ゴム製ブロックを用いた「免震フェンダー®」を開発した。本報では以下に技術の概要と適用効果について紹介する。

2. 免震フェンダーの概要

2.1 免震フェンダーの仕様

免震フェンダーは、密実な高減衰ゴムブロックと耐候用の外皮ゴムならびに構造物への取付け用の鋼製フランジで構成される。衝突部である高減衰ゴムブロックの大きさは衝突面が300mm×300mm、厚さが100mmであり、衝突後はゴムが厚さ方向に圧縮変形し、衝突直交方向にゴムが大きくはらみ出す(Photo 1)。免震フェンダーの設計上の厚さ方向の最大変形量は50mmである。ゴムの弾性による緩衝効果に加えて、高減衰ゴムの塑性変形によるエネルギー吸収効果を持たせているため、ゴムの塑性変形後には交換が必要となる。免震層での施工性を考慮し、免震フェンダー1台の重量は30kg前後としている。

2.2 免震フェンダーの設置方法

免震層を擁壁で囲われた基礎免震建物を例に、免震フェンダーの設置方法を示す。免震フェンダーは免震建物の上部構造と擁壁間に設置する(Fig. 1)。衝突が想定される免震クリアランスの最も小さい位置に設置する必要があるため、一般的には免震支承の上部基礎にアン

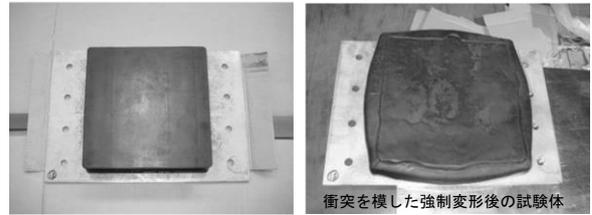


Photo 1 免震フェンダー (左: 載荷前, 右: 載荷後)
Menshin Fender (Before and after loading)

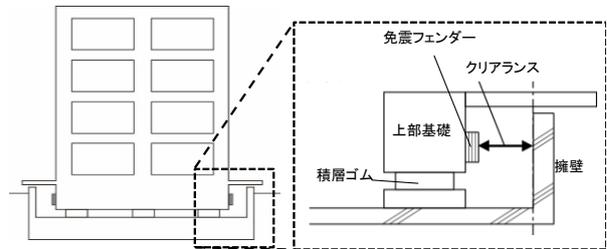


Fig. 1 免震フェンダーの設置例
Menshin Fender Installation Example



Photo 2 免震フェンダーを設置した建物
A Building Where Menshin Fenders were Actually Installed

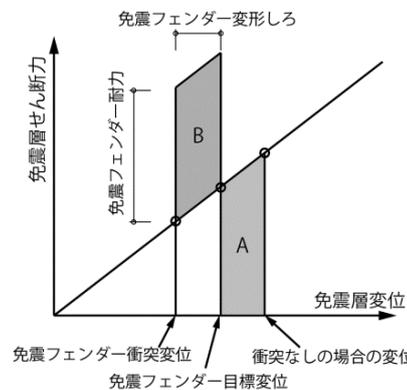


Fig. 2 免震フェンダーの適用検討方法
How to Consider Menshin Fender Application

カーボルトで設置する (Photo 2)。免震フェンダーは建築基準法第 37 条のいわゆる大臣認定を受けた免震材料ではないため、設計用地震動による免震層応答変位を超えるクリアランスを設けて設置する必要がある。また、免震フェンダー衝突時の最大荷重により擁壁が大きく変形および損傷することがないように、衝突想定部の擁壁の設計には十分留意する必要がある。

2.3 免震フェンダーの適用検討方法

免震フェンダーの適用可否および設置台数の検討には、免震建物の応答解析モデル、入力地震動および免震層最大応答変位の情報が必要である。加えて、免震層最大応答変位の抑制目標を決める。これらの情報から、本来免震層で負担する履歴吸収エネルギー (Fig. 2, 面積 A) と免震フェンダーが負担する履歴吸収エネルギー (面積 B) が等しくなるよう免震フェンダーの必要台数を算出する。必要台数から、コストおよび衝突想定位置での設置可能台数を想定し、免震フェンダー適用時の応答解析を実施した上で、適用可否を判断する。

3. 免震フェンダーの応答低減効果

免震フェンダーの設置による応答低減効果を確認するため、実在する基礎免震建物について応答解析をおこなった。免震建物の概要を Table 1 に示す。解析モデルは①免震フェンダー設置モデル、②剛擁壁モデル (剛衝突)、③擁壁なしモデル (非衝突) の3種類とした。

入力地震波には建設地で想定される大振幅地震動として生駒断層帯地震波²⁾ (ゾーンD5, レベル3B, EW方向) を用いた。衝突モデルの免震クリアランスは共通して 541mmとした。

免震フェンダーの復元力特性は静的圧縮試験結果に

Table1 免震建物の概要

Overview of the Seismic Isolation Building	
規模	地上 2 階, 延べ床面積 1,845 m ²
構造	鉄筋コンクリート, 一部柱梁鉄骨造
免震材料	天然ゴム系積層ゴム, オイルダンパー
上部構造重量	29,587kN
クリアランス	541mm

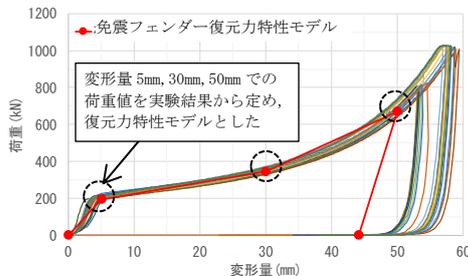


Fig. 3 免震フェンダー1台の復元力特性モデル
Restoring Force Characteristic Model of a Menshin Fender

基づき定めたトリリニアモデル (Fig. 3, 赤線) とし、別途実施した動的試験に基づく速度依存性を考慮した。温度は標準状態と想定する 20°C に設定した。免震フェンダーの設置台数は設置可能上限の 24 台とした。

応答解析結果 (Fig. 4) より、免震フェンダー設置モデルは剛衝突モデルと比較して最大加速度および層せん断力係数を約 1/4 に低減できている。また、免震フェンダー設置モデルの免震層最大応答変位は非衝突モデルより 38mm 減少し、免震支承の最大変形量を低減できている。

4. おわりに

本報では、免震フェンダーの技術概要および適用時の応答低減効果を紹介した。免震フェンダーは大地震時における免震建物の安全性をより高める技術の一つであり、今後も当社設計施工の免震建物への適用をさらに進める。

参考文献

- 1) 加藤巨邦, 他: 免震構造用バックアップシステムの研究 (その2) 「水平変形緩衝装置」の性能試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), B, 構造 I, pp.679-680, 1990.10
- 2) 大震研: 大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動および耐震設計指針 概要版, 2015年

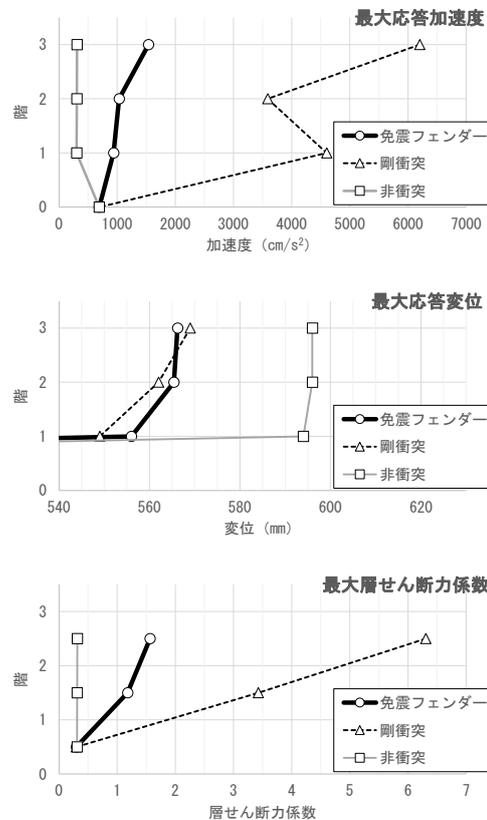


Fig. 4 免震建物モデルの応答解析結果
Response Analysis Results of Seismic Isolated Building