

共同研究 3次元免震床の性能確認に関する研究

目的

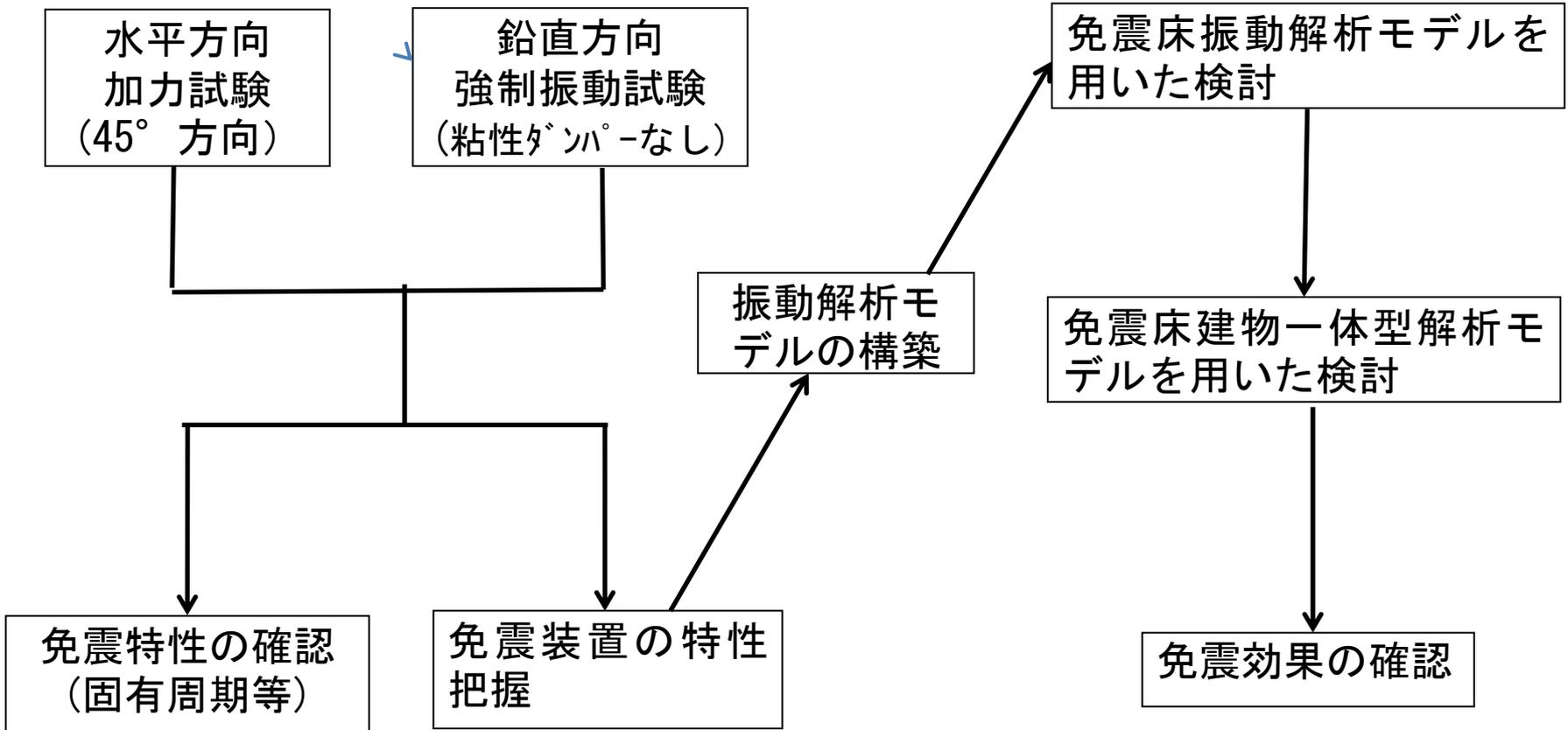
原子力施設の地震リスク低減のために、免震構造は有効な方法であり、今後、地震荷重低減策として原子力施設に免震構造が多く採用されることが予測される。本研究は、新潟工科大学原子力耐震・構造研究センター内の3次元免震床を対象に加力実験、強制振動実験を行い免震特性を把握し、これに基づいた数値解析を実施し、免震効果を確認することを目的とする。

研究の流れ

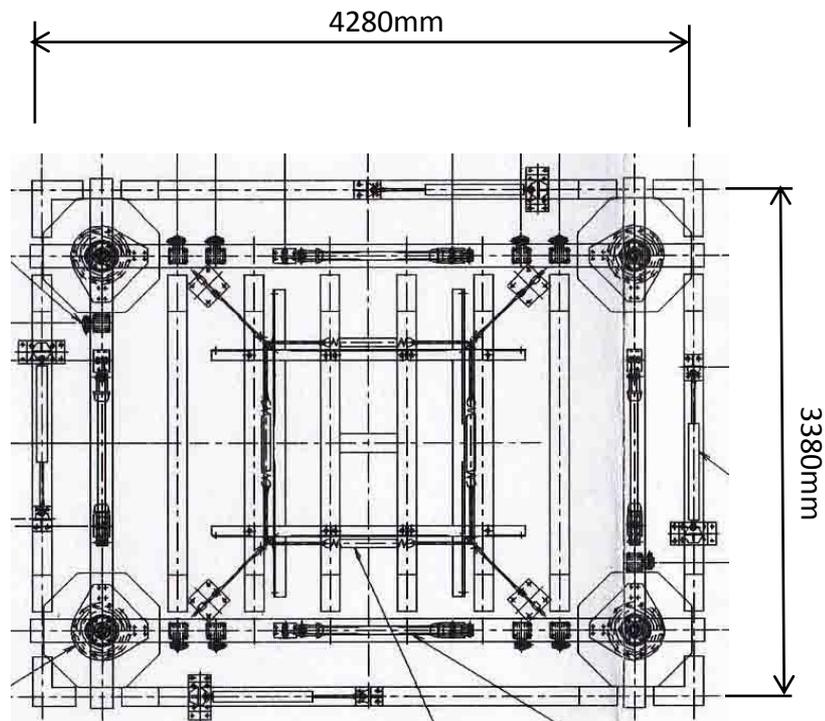
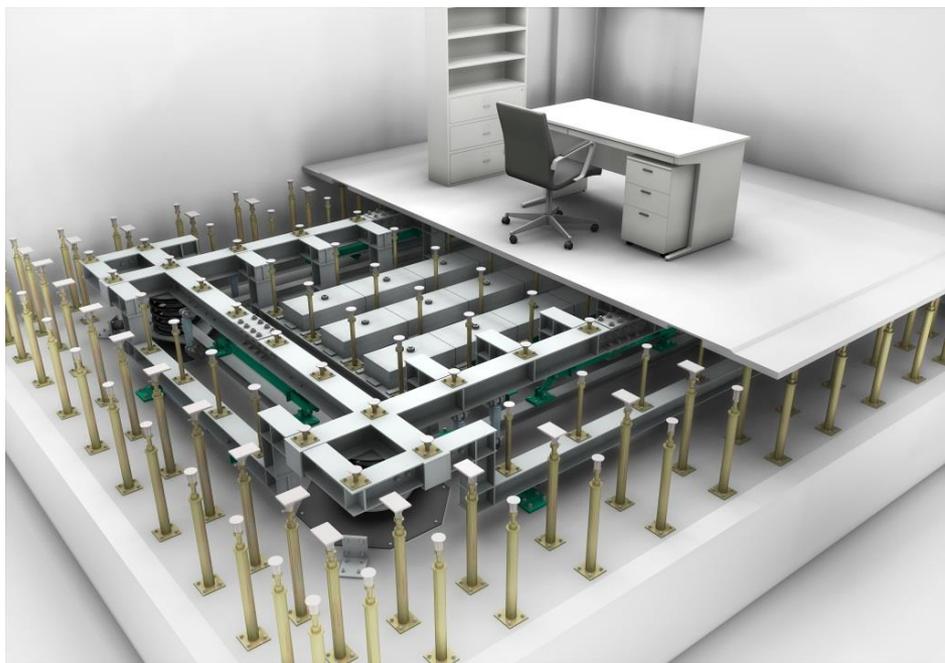
3次元免震床性能の確認

実験

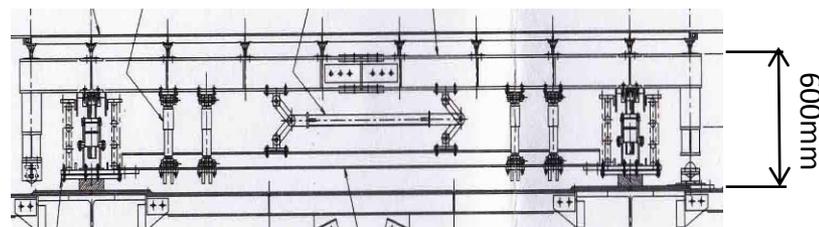
数値解析



3次元免震床

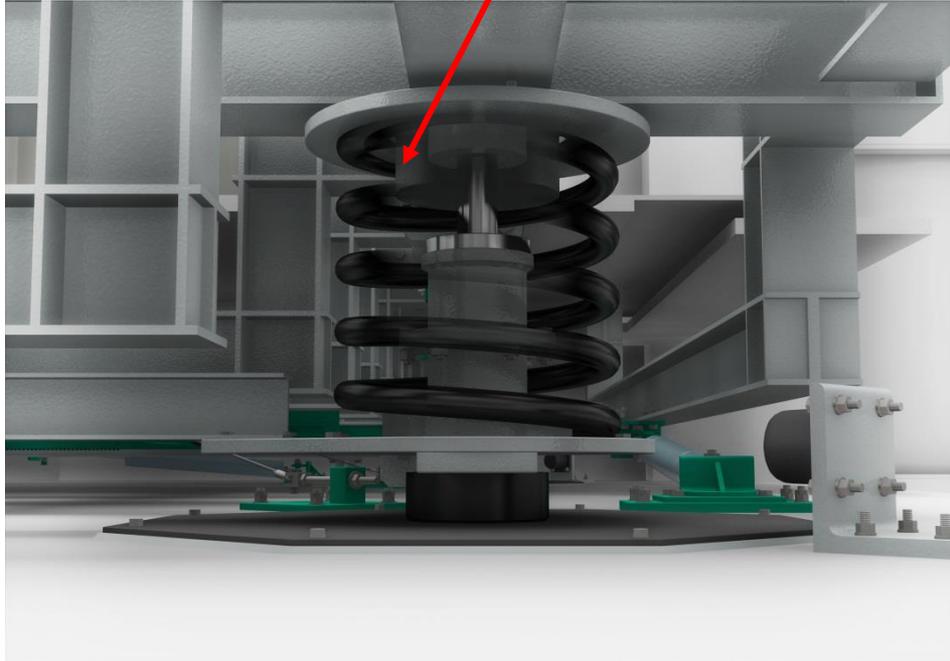


平面図

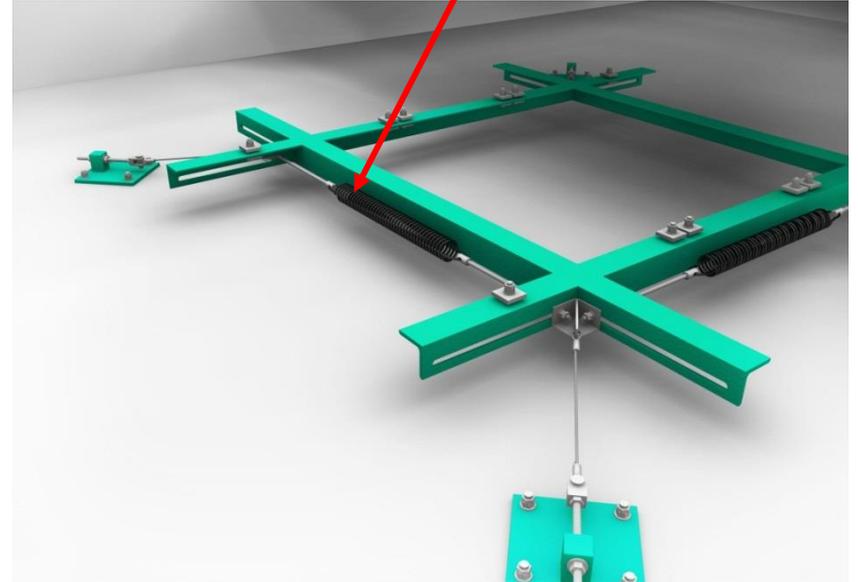


立面図

引張コイルばね(鉛直方向)

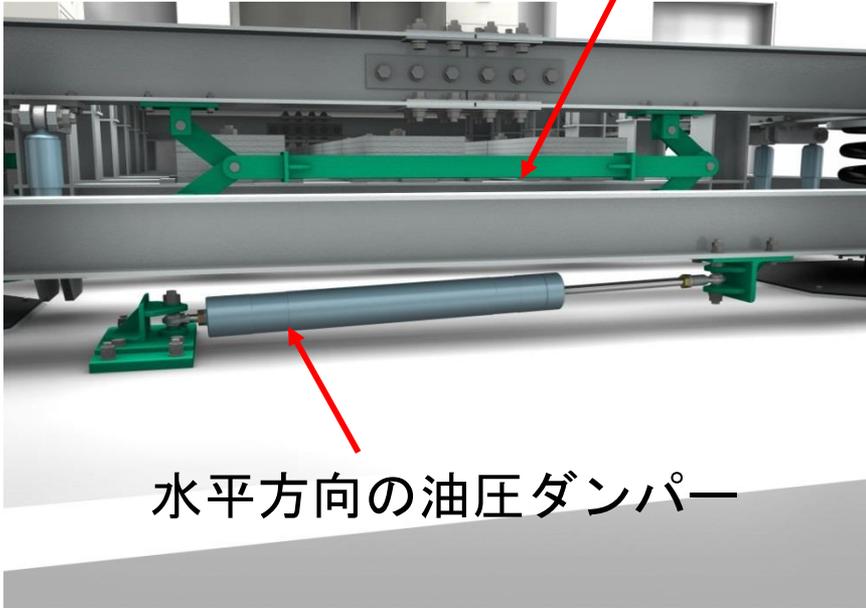


水平方向のコイルばね

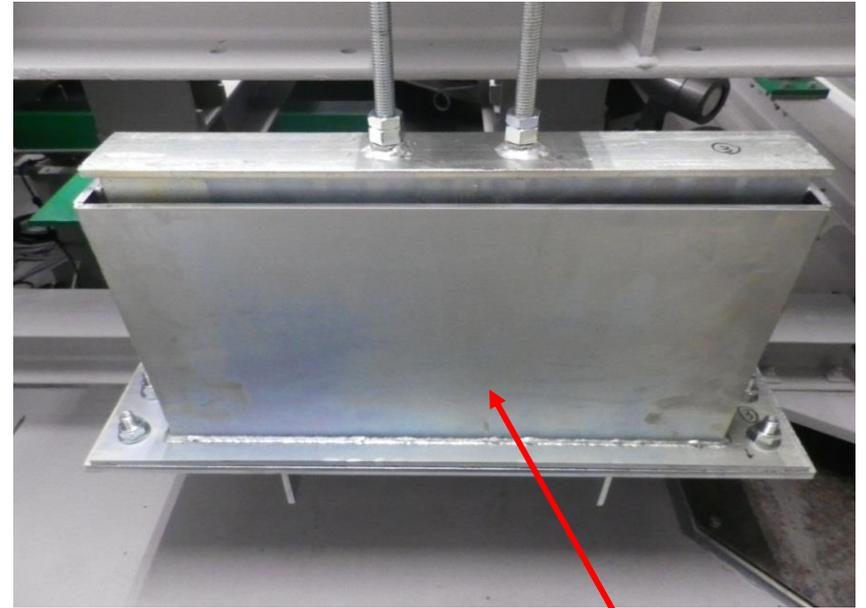


免震装置の主要構造(1)

リンク機構



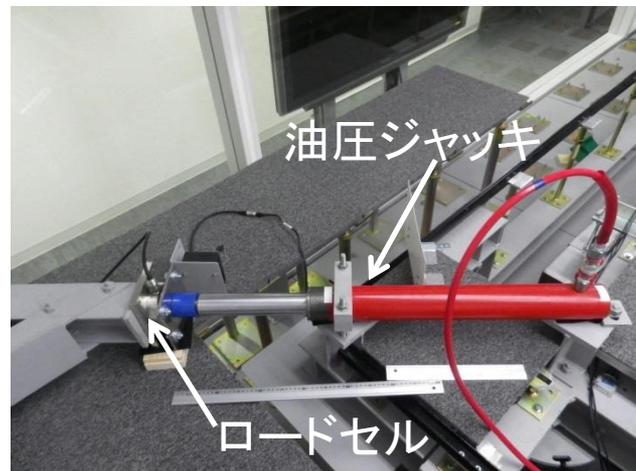
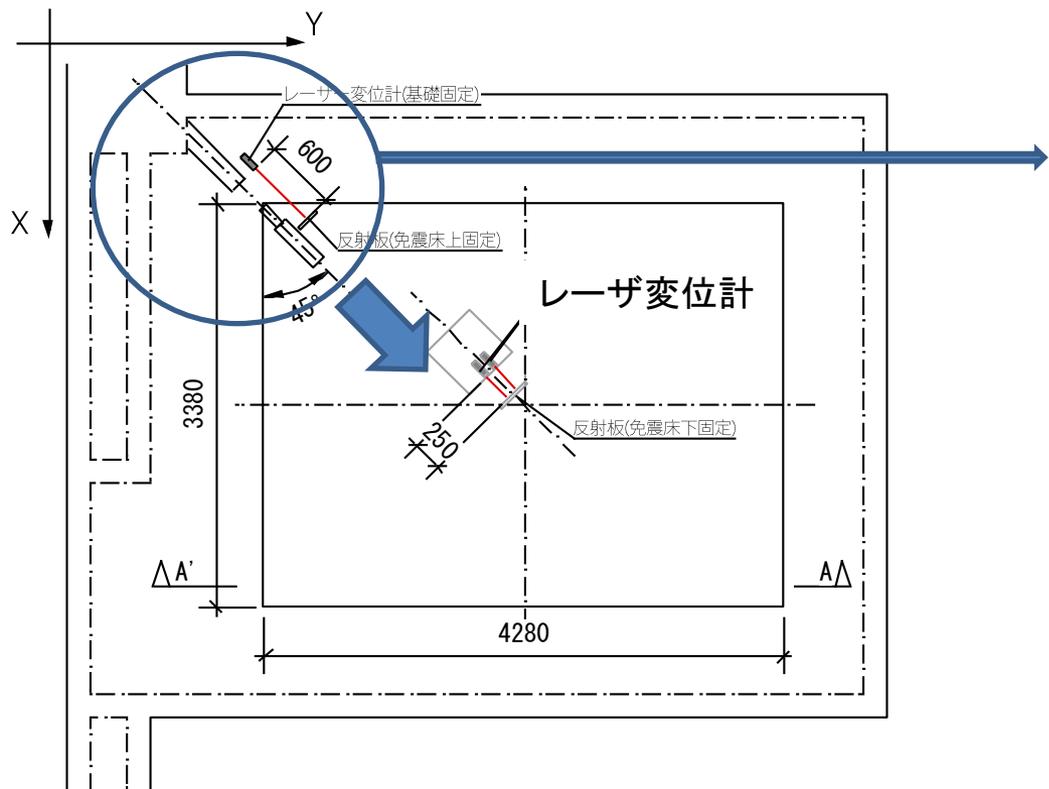
水平方向の油圧ダンパー



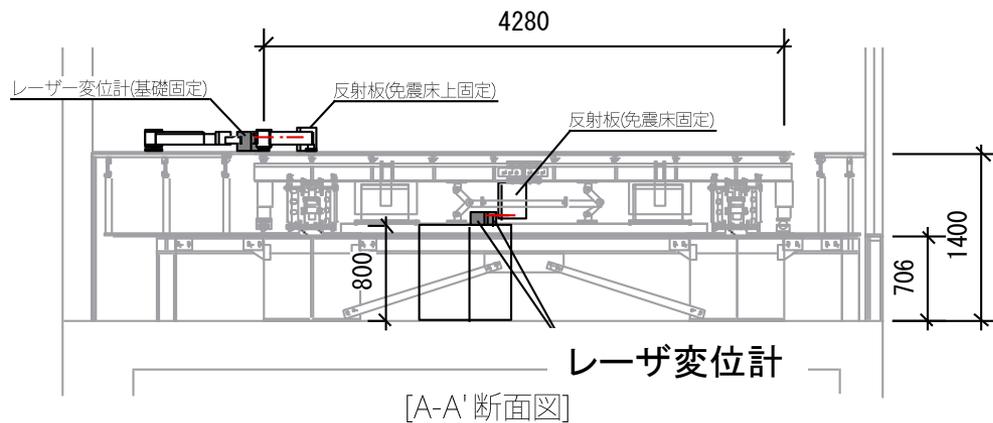
鉛直方向の粘性ダンパー

免震装置の主要構造(2)

●水平方向の加力実験

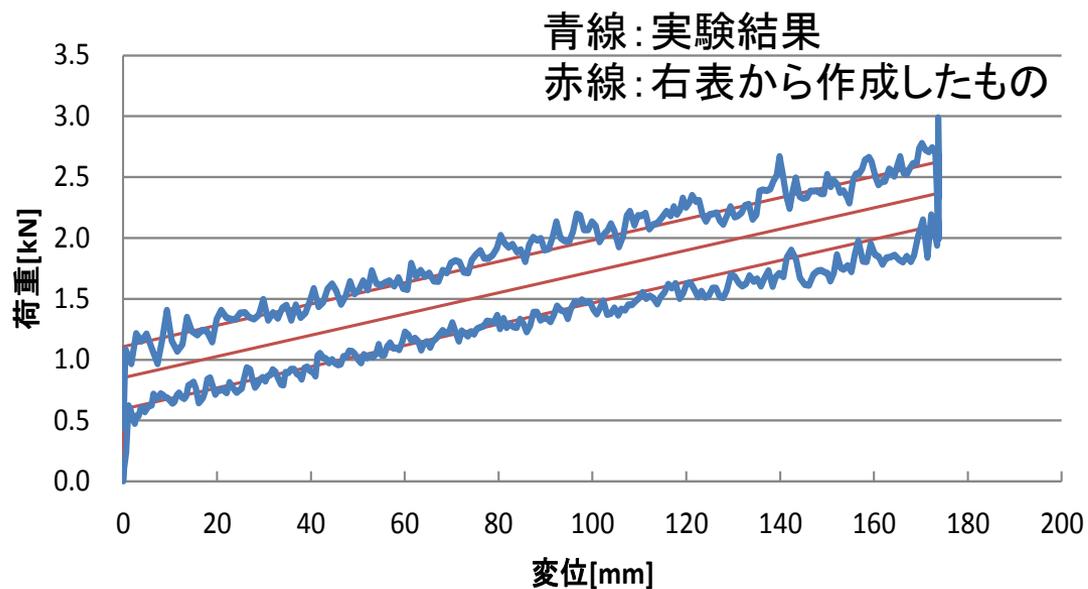
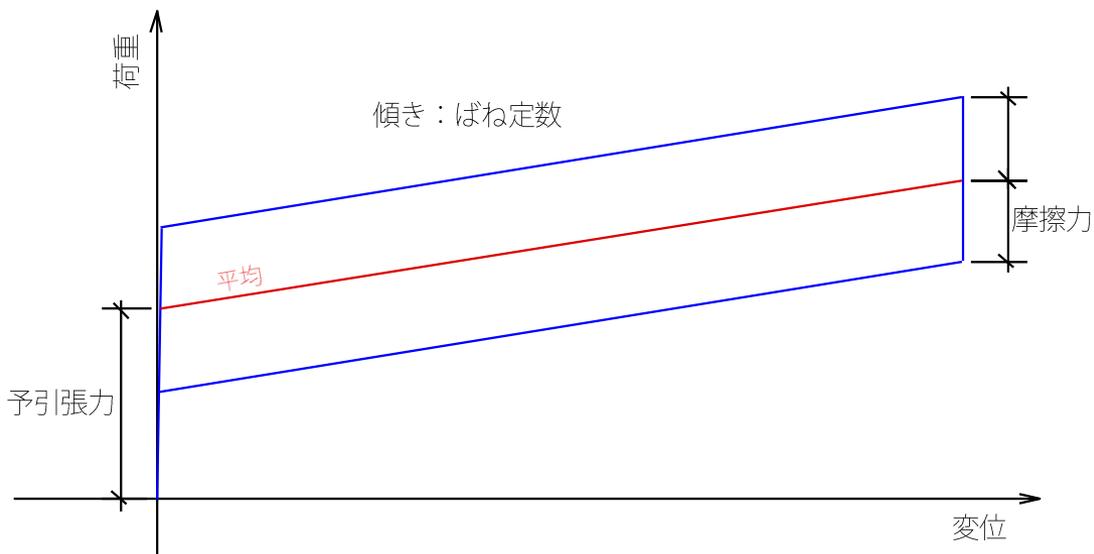


加力点の詳細



最大変位は18cm,8cm

●水平方向の荷重－変形関係(免震床全体として)



実験結果を整理した結果

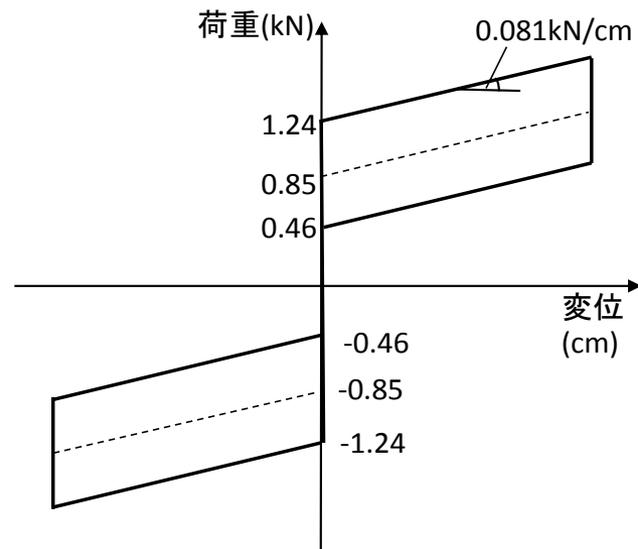
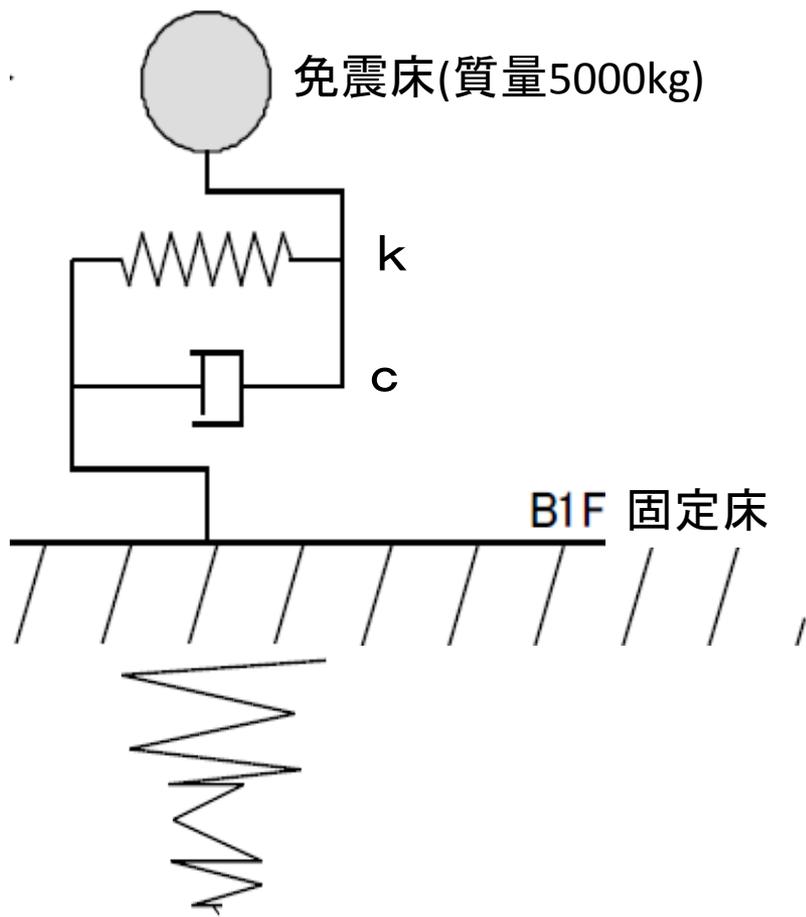
| ばね定数 (kN/mm) | 摩擦力 (kN) | 予引張力 (kN) |
|-----------------|-------------|--------------|
| 0.0081 | 0.387 | 0.850 |

これらの数値は設計許容範囲内であった。

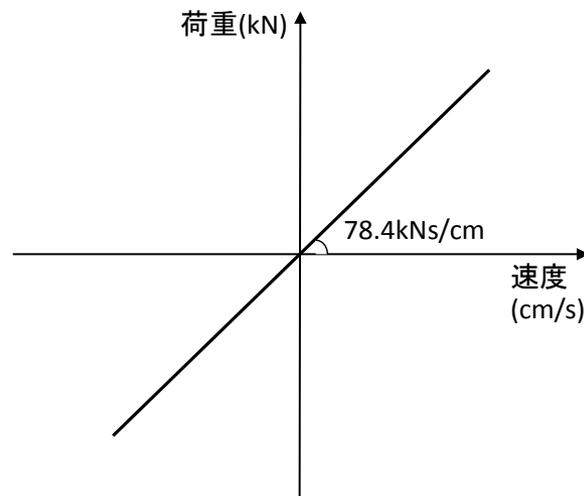
●観測記録を用いた解析モデルの妥当性の検討

(2011年3月12日長野県北部地震)

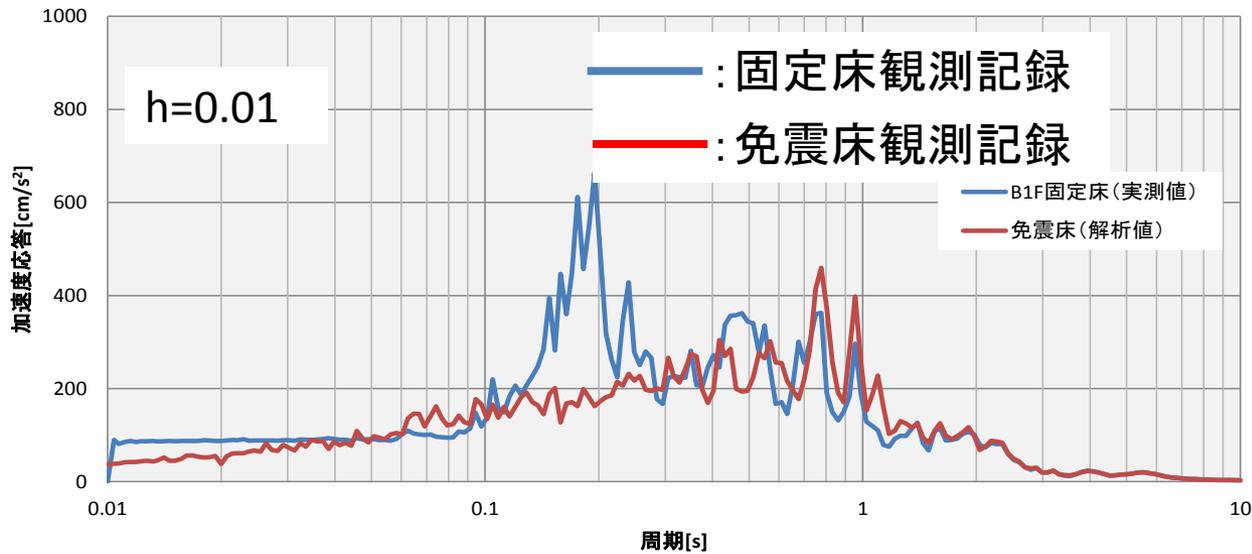
免震床振動解析モデル



復元力特性(実験結果より)



減衰特性(設計時の資料より)



解析モデルは概ね妥当

免震床(長辺方向)の加速度応答スペクトル(h=0.01)の比較

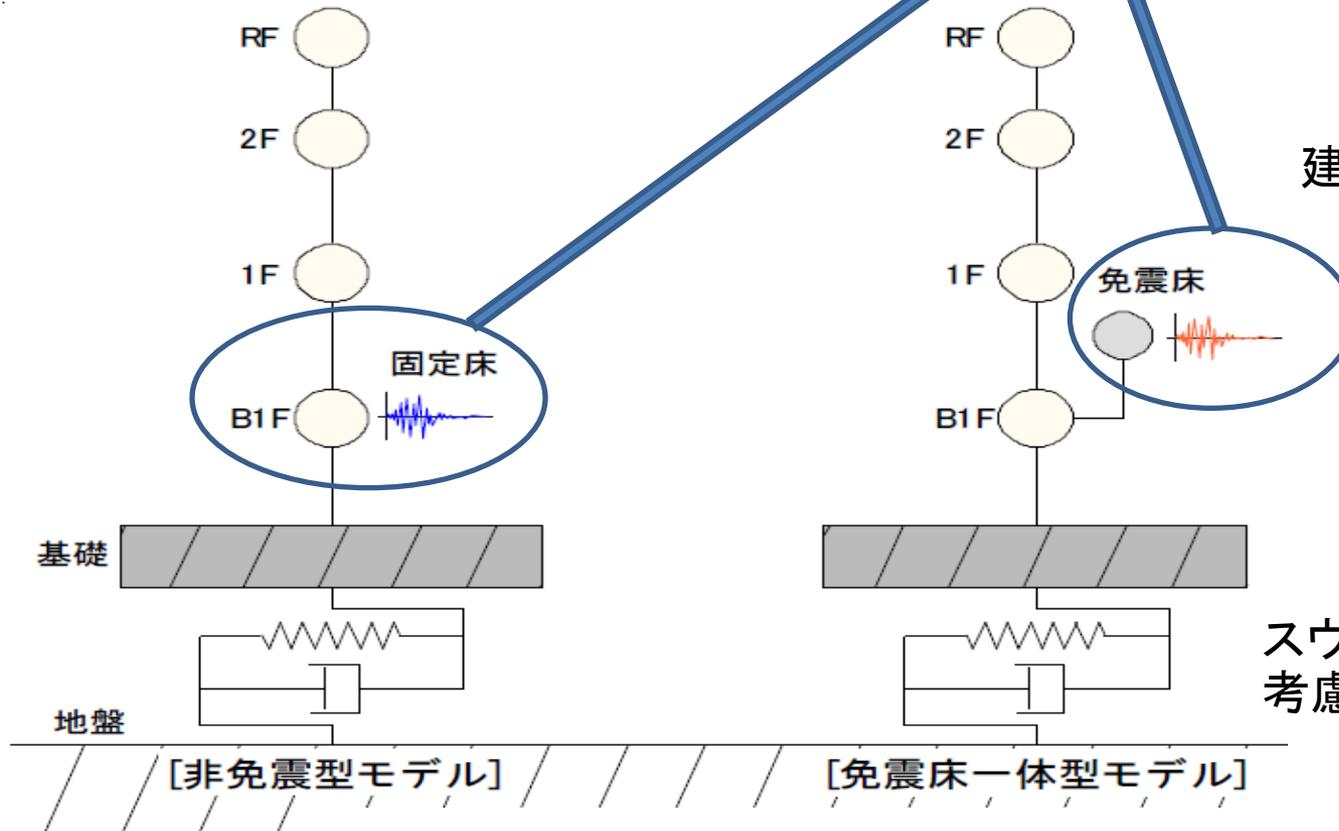
数値解析による免震効果の検討

地盤を考慮した建物振動解析モデル
(1次周期は0.20s)

比較 → 免震の効果

建物モデルは弾性

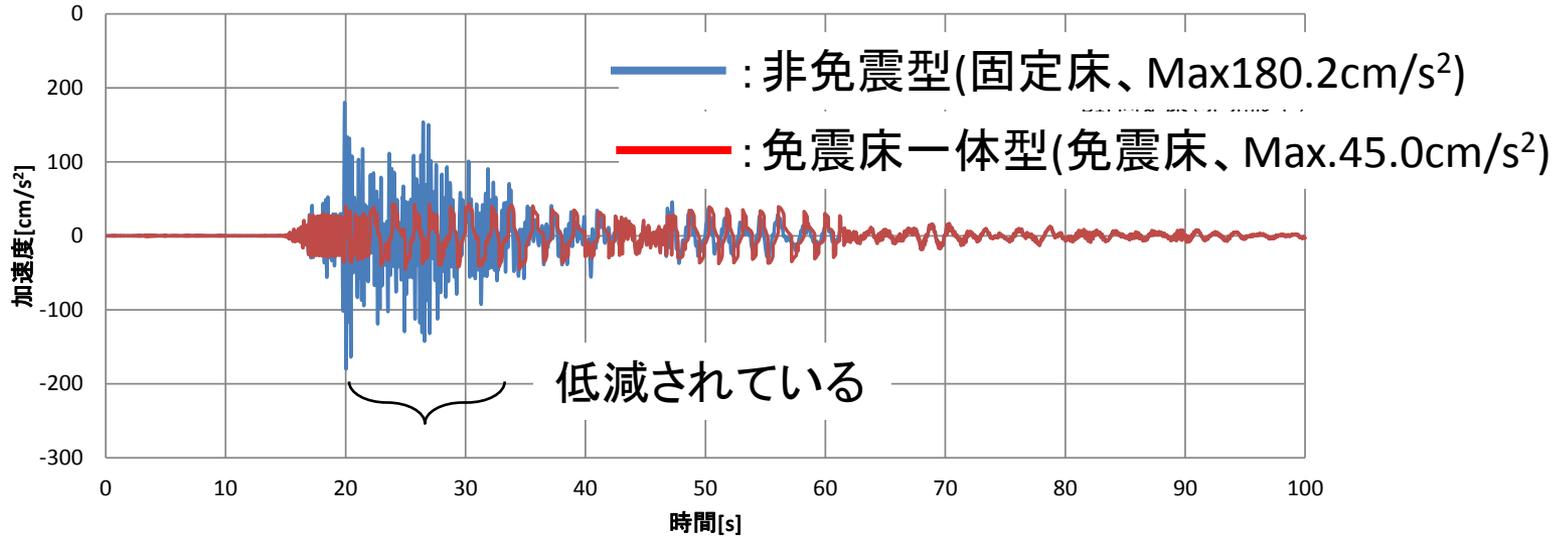
スウェイばねのみ
考慮



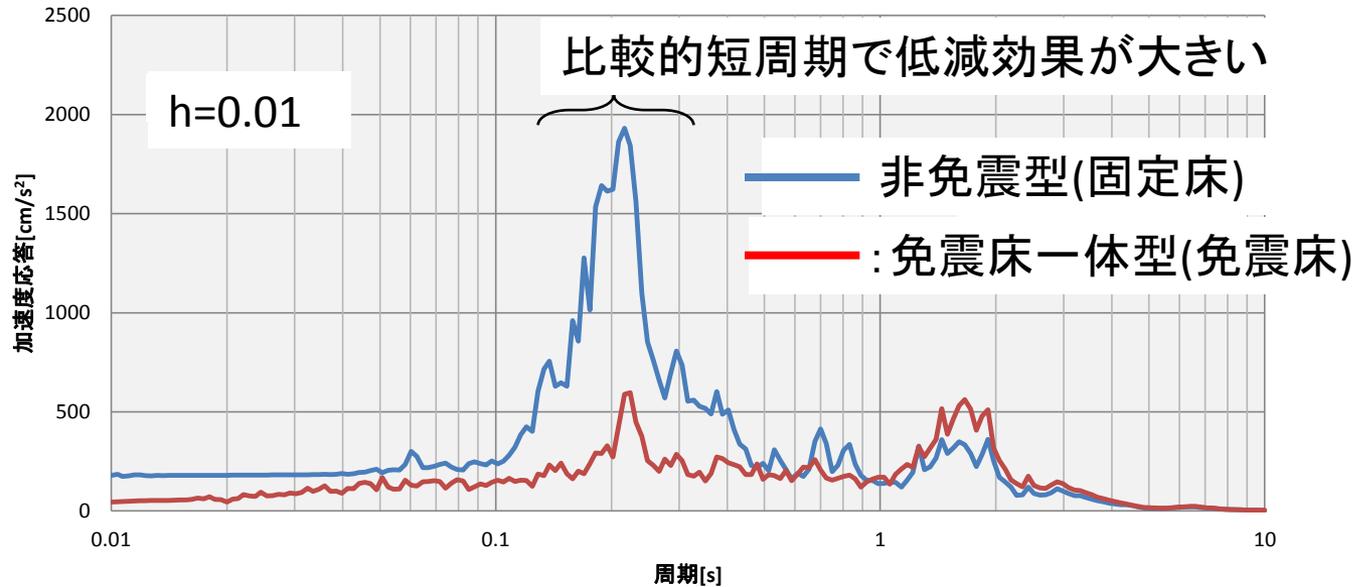
2004年中越地震、2007年中越沖地震の
K-net柏崎(NIG018)の観測記録(地表面)



解析例



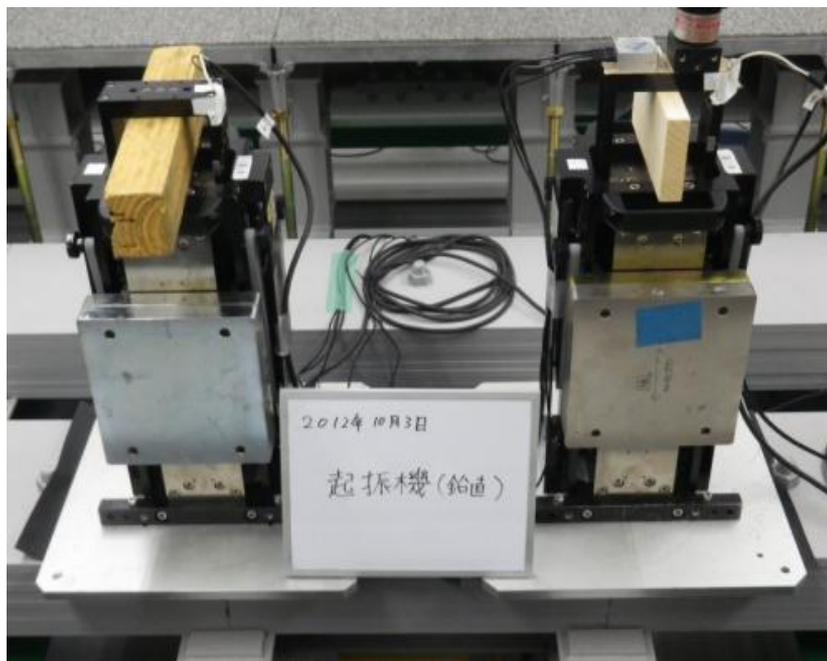
加速度時刻歴の比較(中越地震、NIG018、NS成分入力)



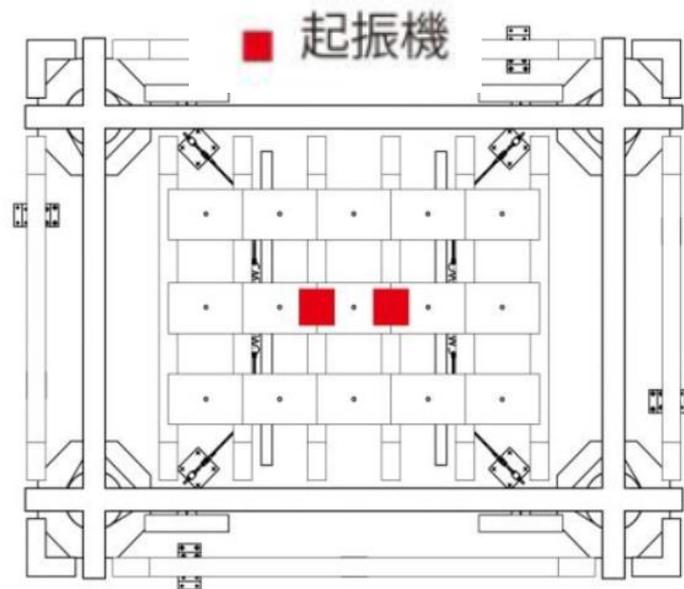
加速度応答スペクトルの比較(中越地震、NIG018、NS成分入力)

●鉛直方向の強制振動実験

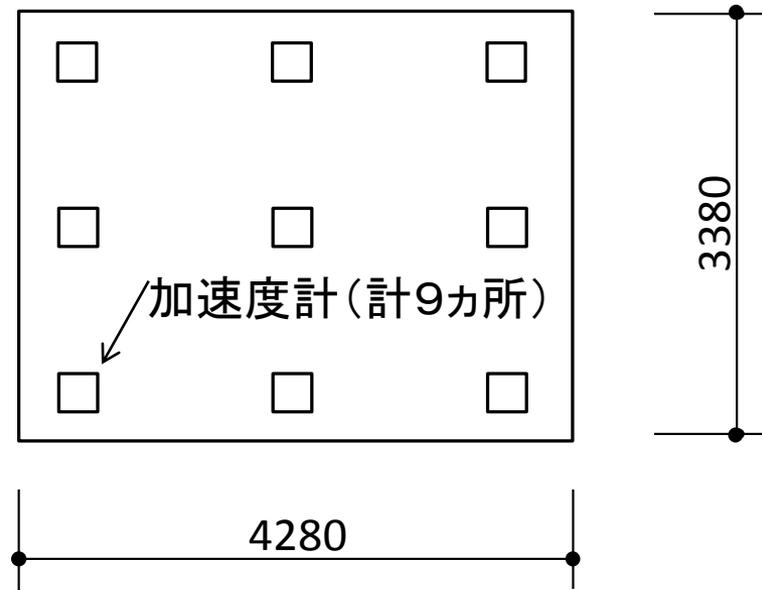
粘性ダンパーを設定しない場合



起振器の設置状況



起振器の位置



加速度計の位置

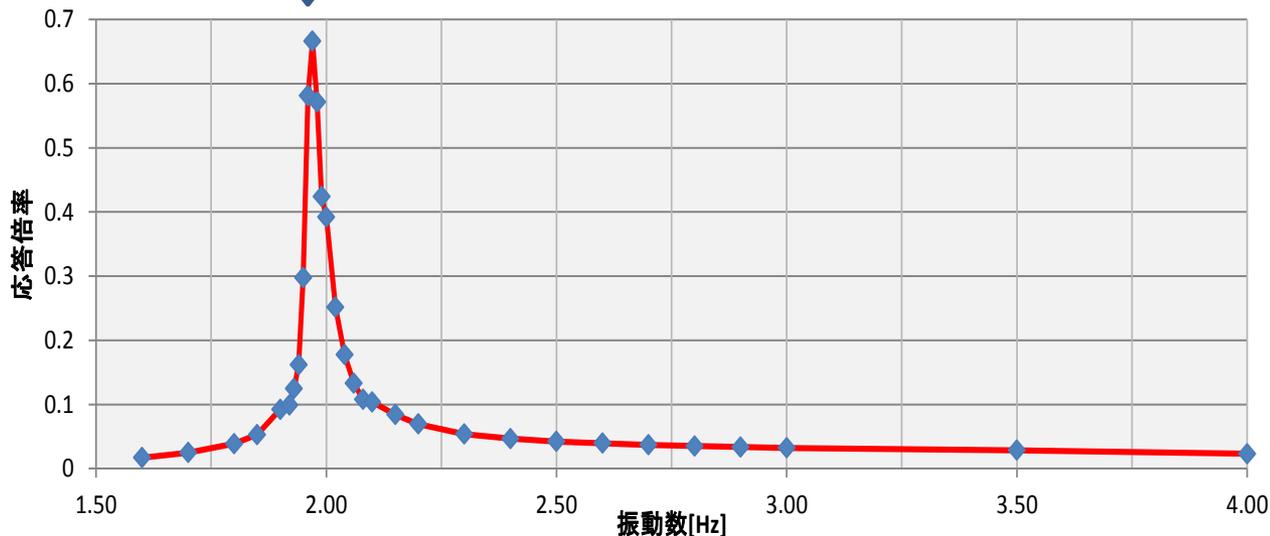
実験結果

定常状態
(各振動数毎)



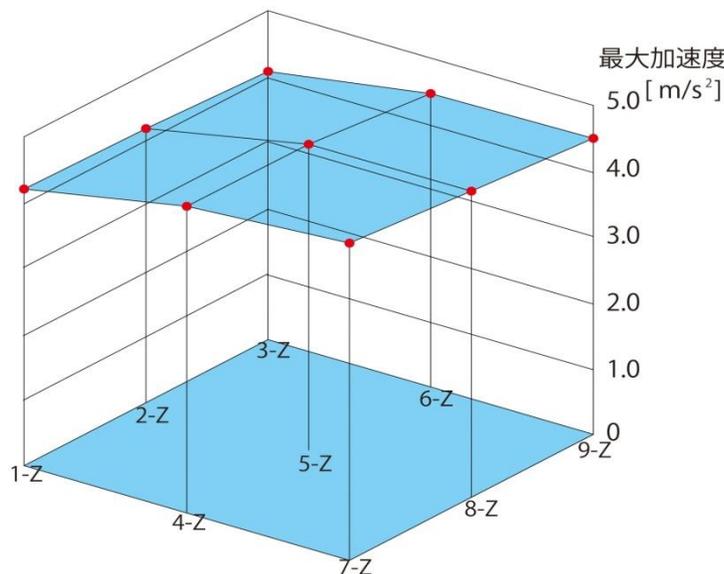
$$\text{応答倍率} = \frac{\text{免震床中央の最大加速度}}{\text{起振器の最大加速度}(700\text{cm/s}^2、一定)}$$

▼ 1.97Hz (設計条件による固有振動数2.0Hzに近い数値)



応答倍率曲線
(共振曲線)

振動分布(1.97Hz)
(9つの加速度計の記録
から作成)

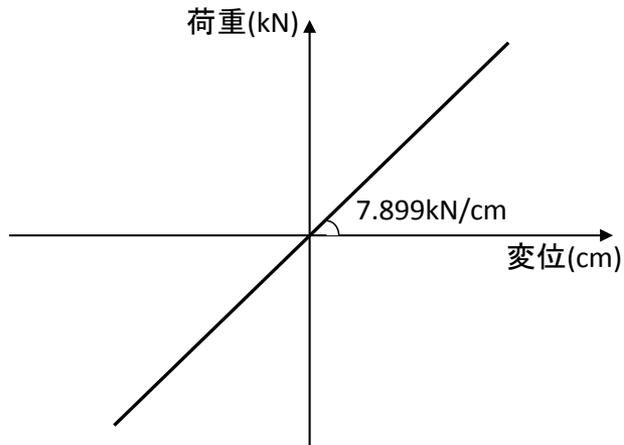


ほぼ水平な平面を保つ

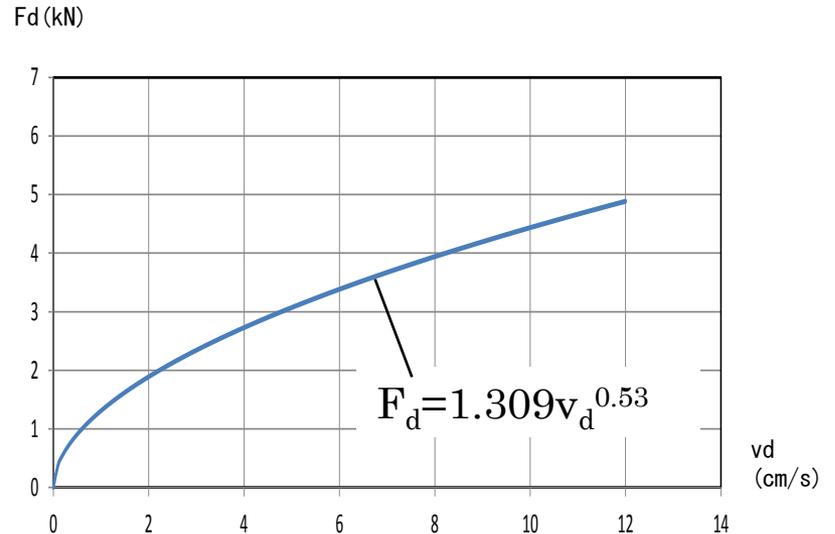


4つの支障ばねのバランス、
リンク機構の機能に問題が
ない。

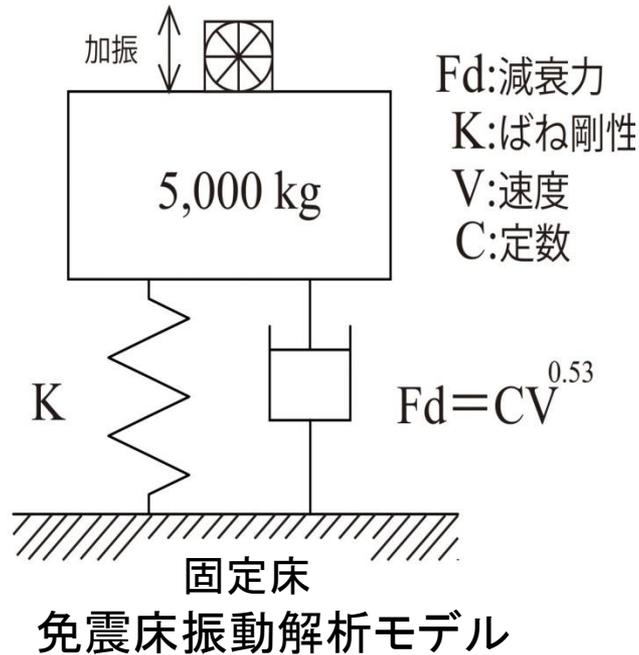
●鉛直方向の強制振動解析 (粘性ダンパーを設定した状態)



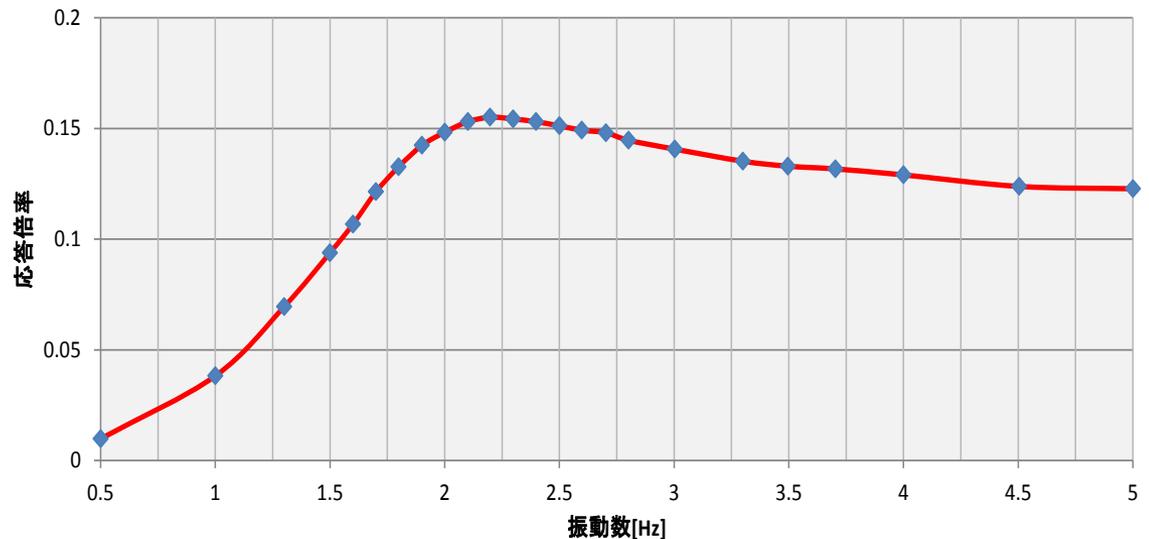
鉛直方向の剛性(K)



鉛直方向粘性ダンパの特性(4本分)



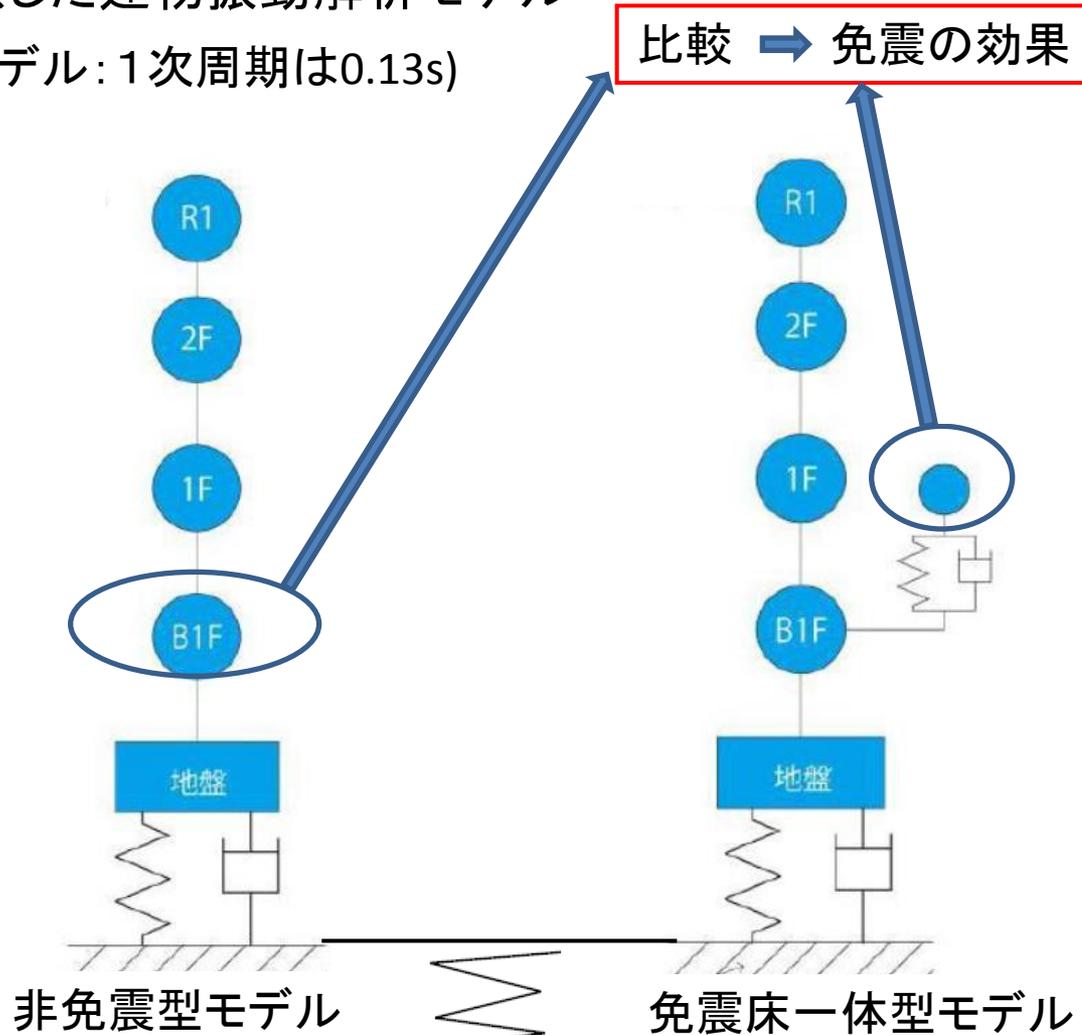
解析結果の共振曲線(起振器の質量を10倍とした場合)



応答倍率曲線(共振曲線)

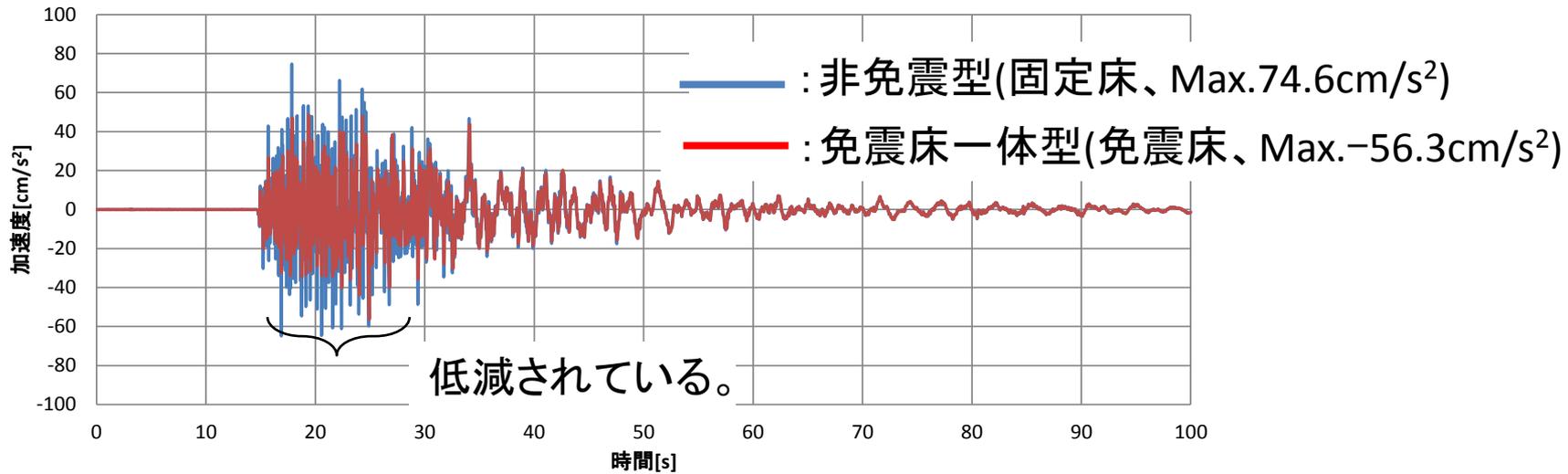
数値解析による免震効果の検討

地盤を考慮した建物振動解析モデル
(鉛直方向モデル: 1次周期は0.13s)

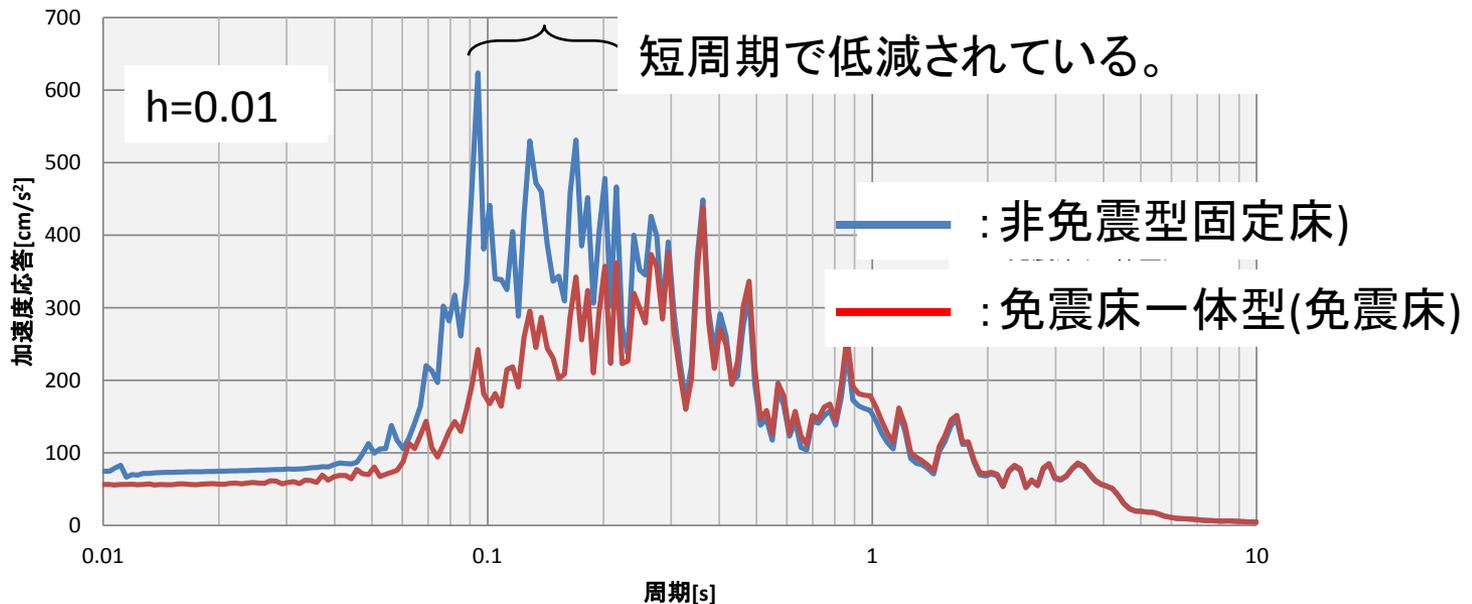


2004年中越地震、2007年中越沖地震の
K-net柏崎(NIG018)の観測記録(地表面)

解析例



加速度時刻歴の比較(中越地震、NIG018、UD成分入力)



加速度応答スペクトルの比較(中越地震、NIG018、UD成分入力)

まとめ

新潟工科大学原子力耐震・構造研究センター内に設置されている3次元床免震を対象として、性能確認に関する研究を実施した。

水平方向では、加力実験を行い復元力特性のパラメータを確認した後に、地震応答解析等により免震性能を検討した。

鉛直方向では、強制振動実験を行い固有振動数を確認した後に、地震応答解析等により免震性能を検討した。

水平方向、鉛直方向共に、剛性、復元力特性に関しては実験により確認することができたが、ダンパーによる減衰特性は実験で確認することは出来なかった。ダンパーの減衰特性に関しては、取り付ける以前に単体としての性能試験を詳細に行っておくことが必要と考えられる。

また、本研究の成果は、規制側の免震構造の審査手引き等に活用できるものである。