

## 共同研究 3次元免震床の性能確認試験に関する研究

### 目的

床免震は床レベルで出来る比較的簡易な地震荷重低減策である。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次元免震床の性能確認試験を実施し、その免震特性を把握する。さらに、結果を反映した地震応答解析を実施することにより、免震効果を確認し、得られた成果を免震構造審査指針規準案に反映することを目的として実施している。

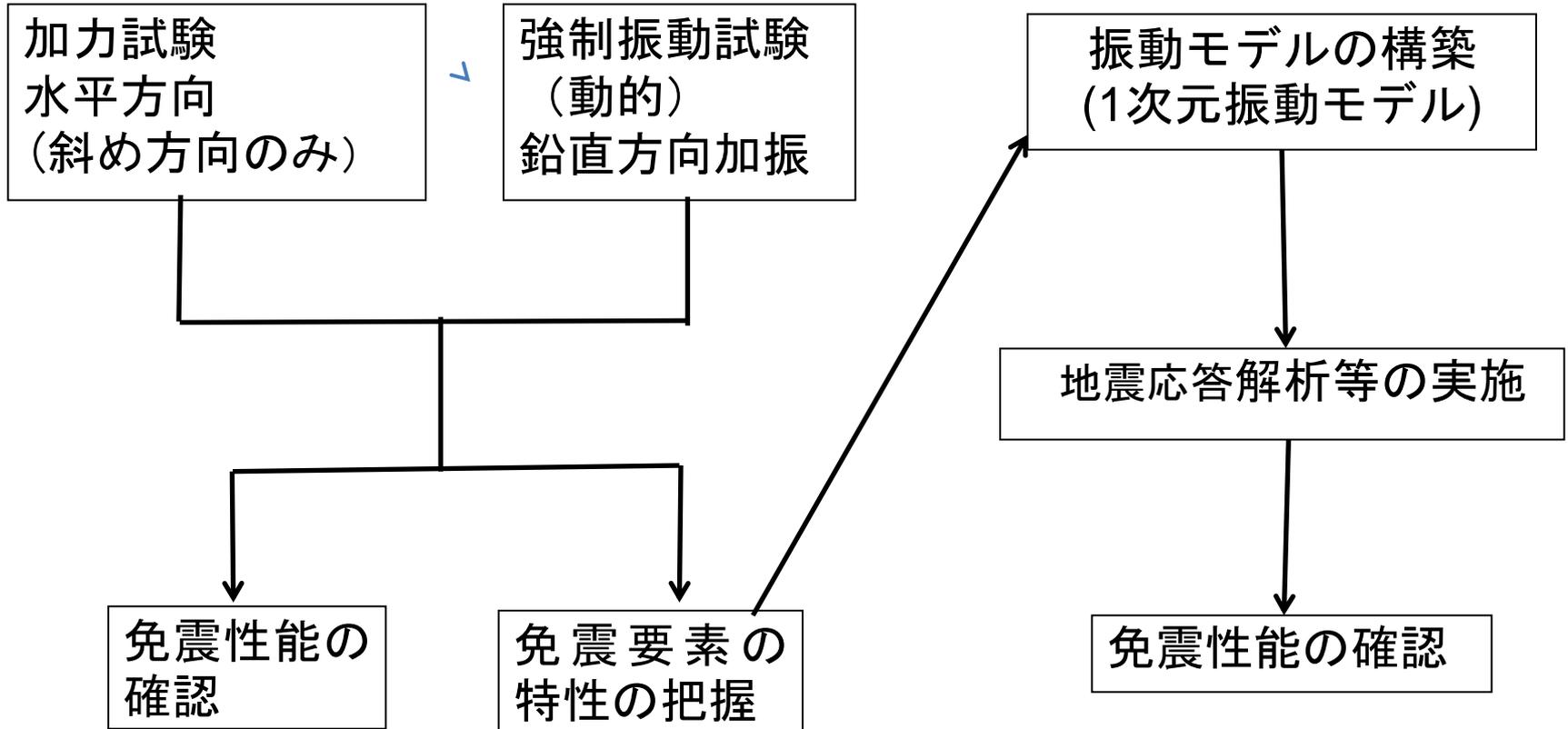
大学においては、学生の卒業研究とし取り上げ、有能なエンジニアを育成するための一環として取り組んでいる。

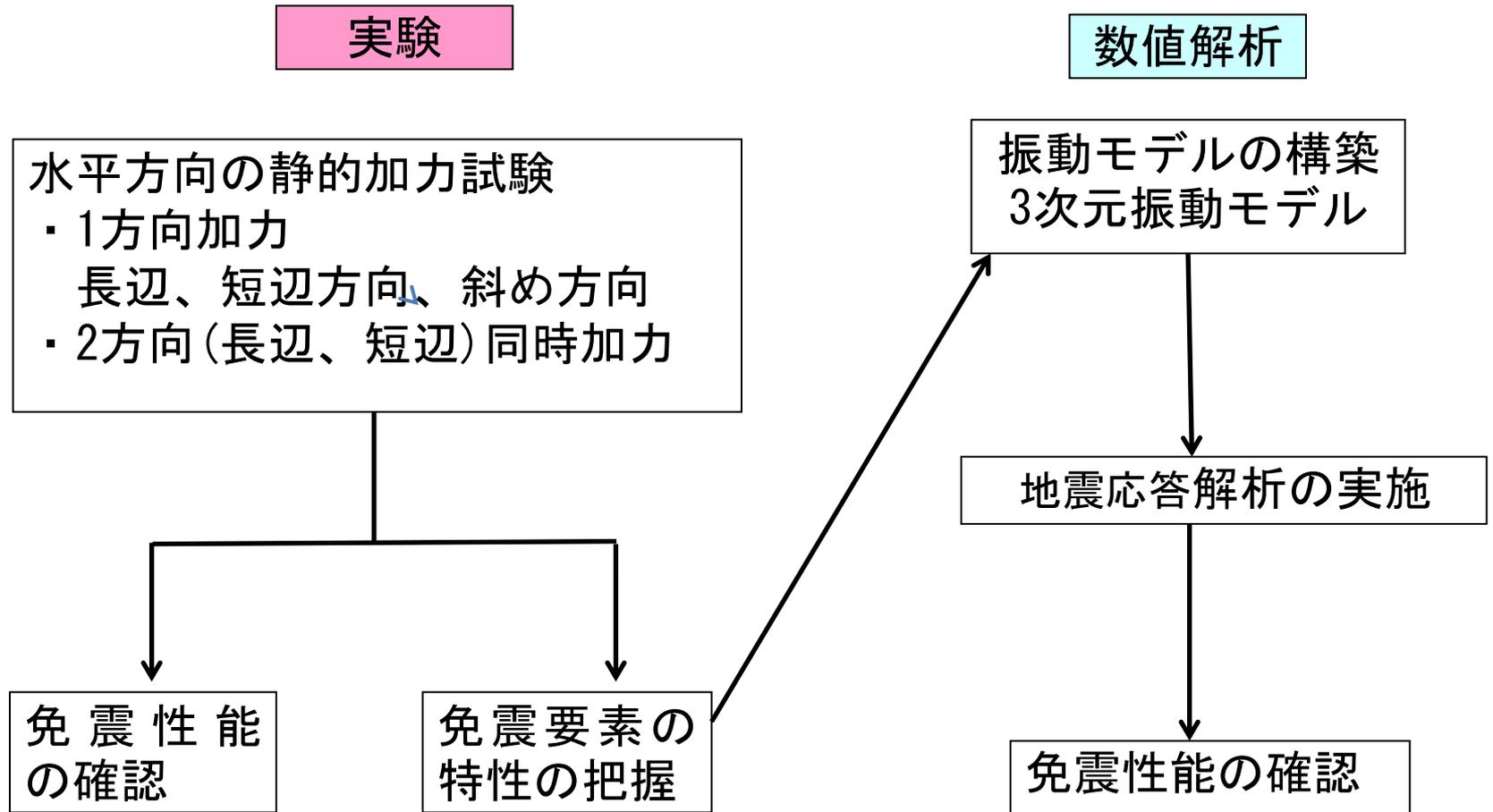
# 研究の流れ(1)

平成24年度

実験

数値解析





## 今回紹介する内容

### 水平方向の静的加力試験

- ・ 1方向加力： 長辺、短辺方向、斜め方向、(平成25年度)
- ・ 2方向(長辺、短辺)同時加力

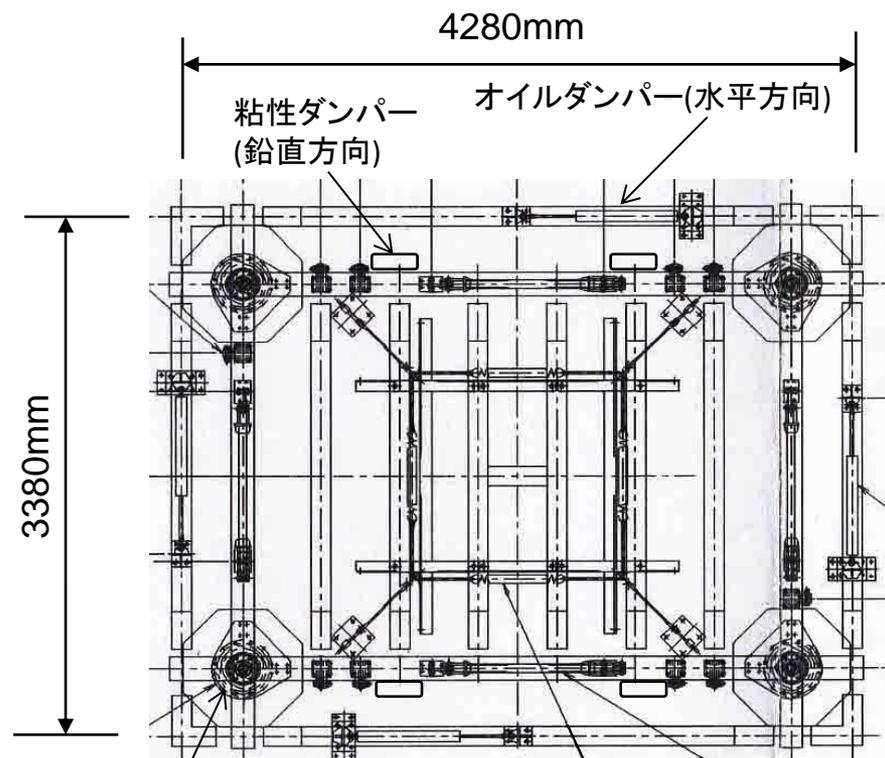
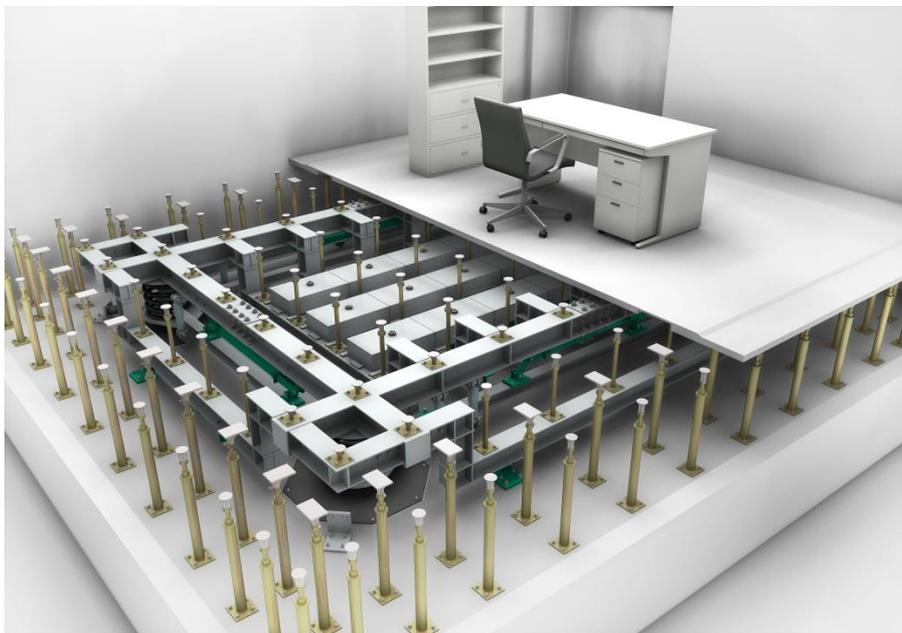
### 鉛直方向の強制振動試験

(平成24年度)

### 3次元振動モデルによる地震応答解析

(平成25年度)

# 3次元免震床

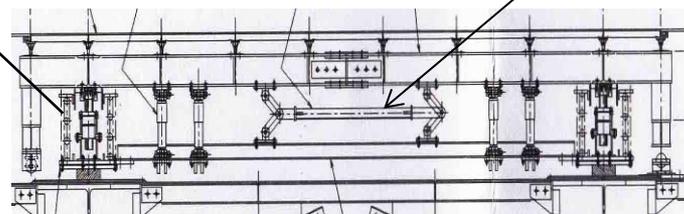


コイルばね(鉛直方向)  
+ボールベアリング  
+支障板

復元機構(引張コイルばね)

リンク機構

600mm

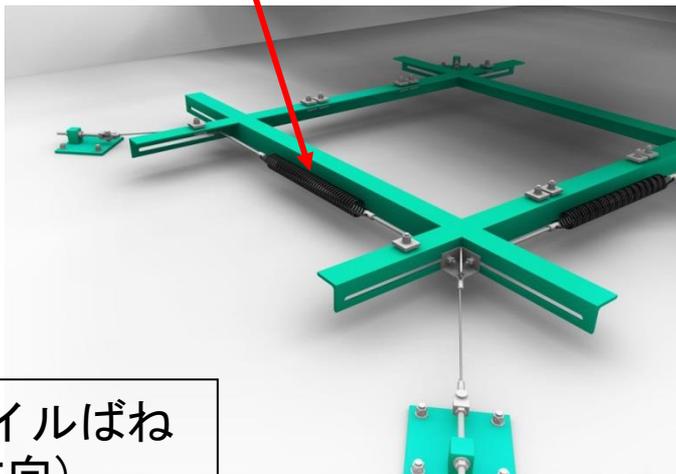


## 免震装置の主要構造

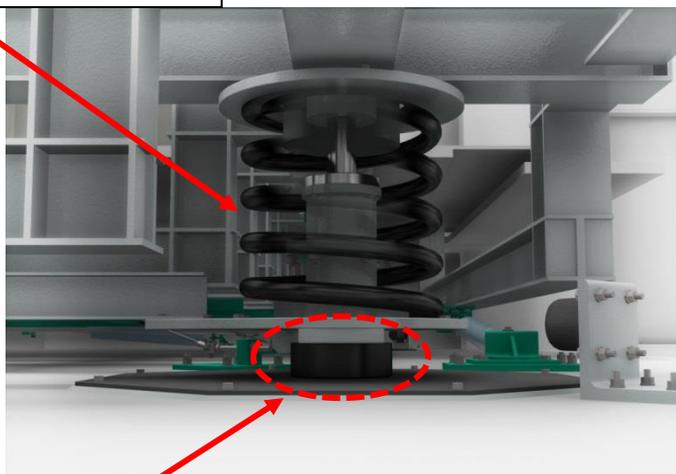
- ・免震床
- ・水平方向のコイルばね
- ・油圧ダンパー
- ・復元力ばね
- ・自重を受けるベアリング

# 免震装置の主要構造

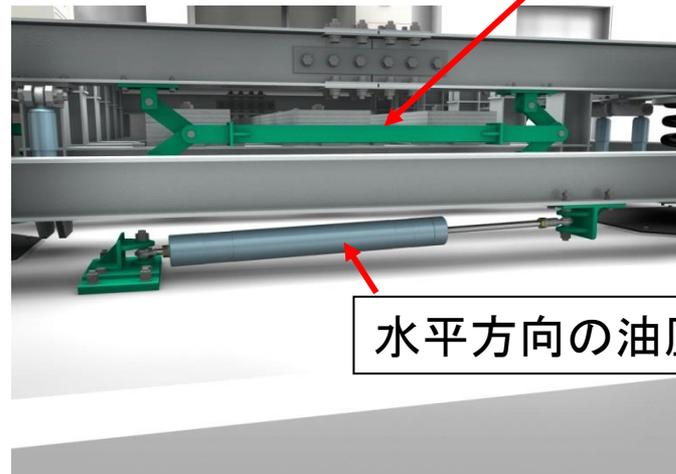
水平方向のコイルばね



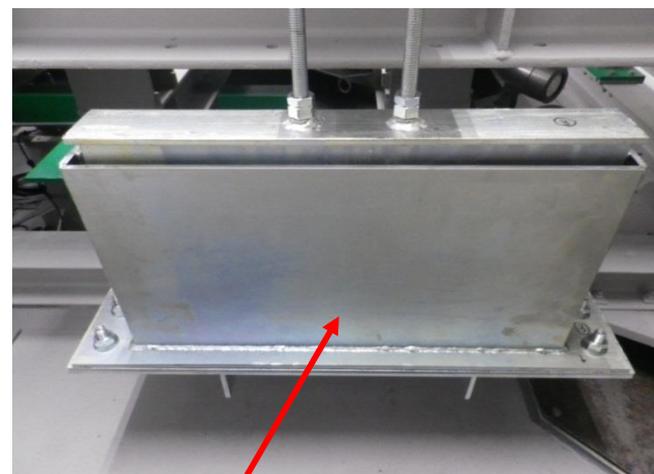
引張コイルばね  
(鉛直方向)



自重を受けるベアリング  
(水平方向に滑動)



水平方向の油圧ダンパー

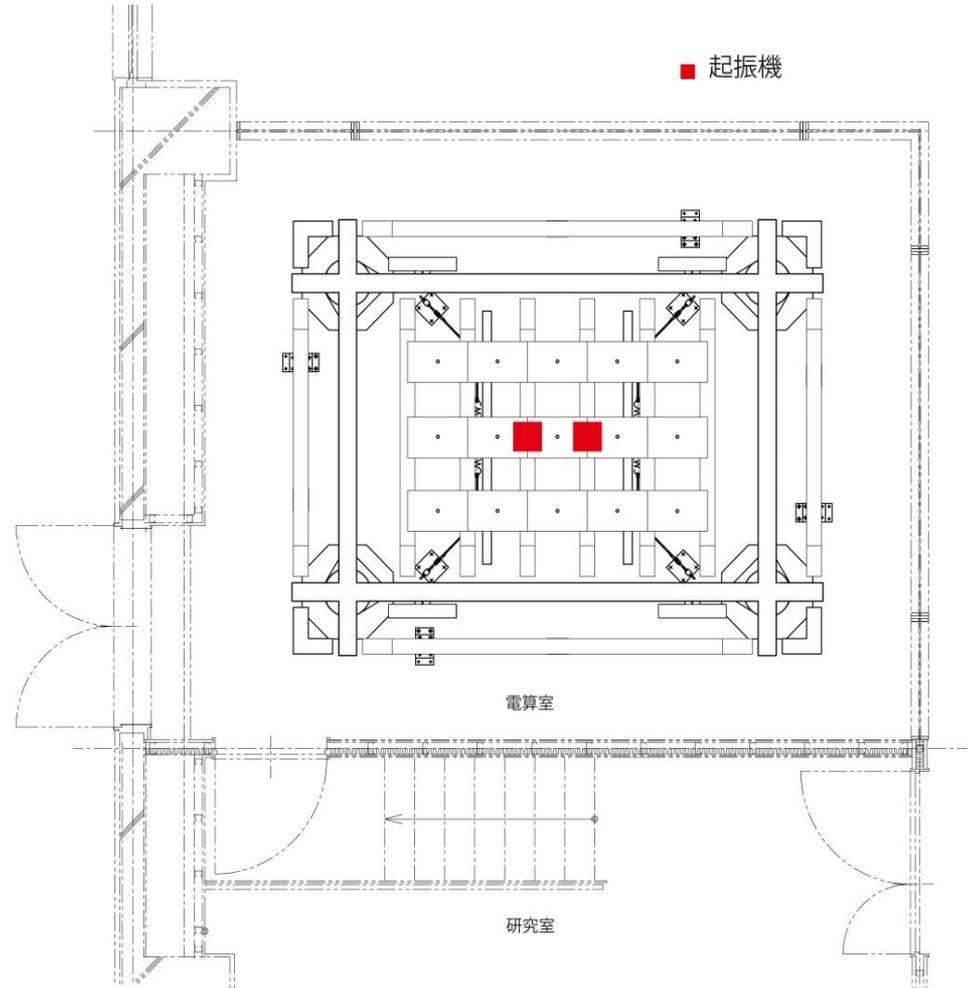
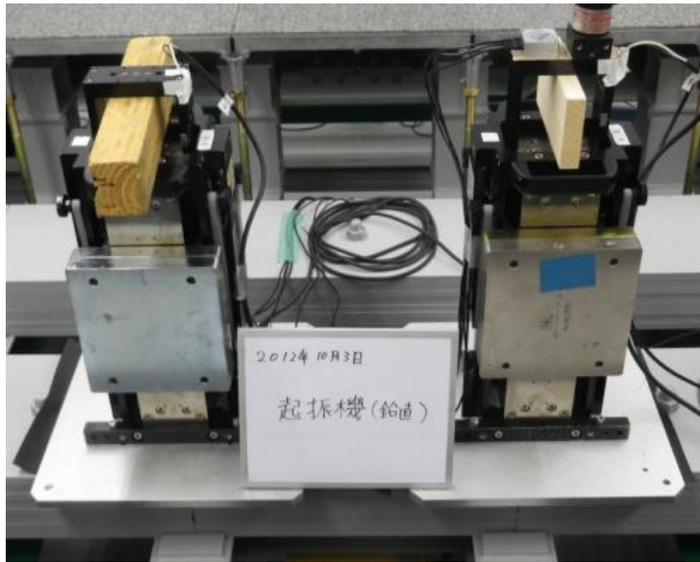


鉛直方向の粘性ダンパー

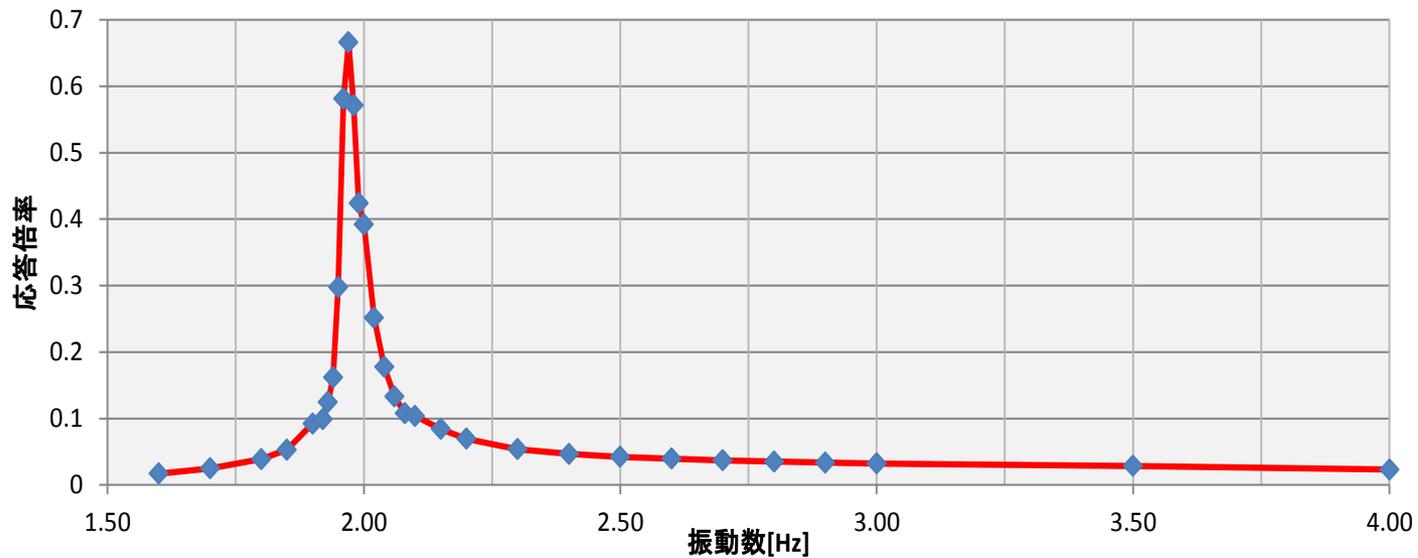
リンク機構

# 鉛直方向の強制振動実験(平成24年度実施)

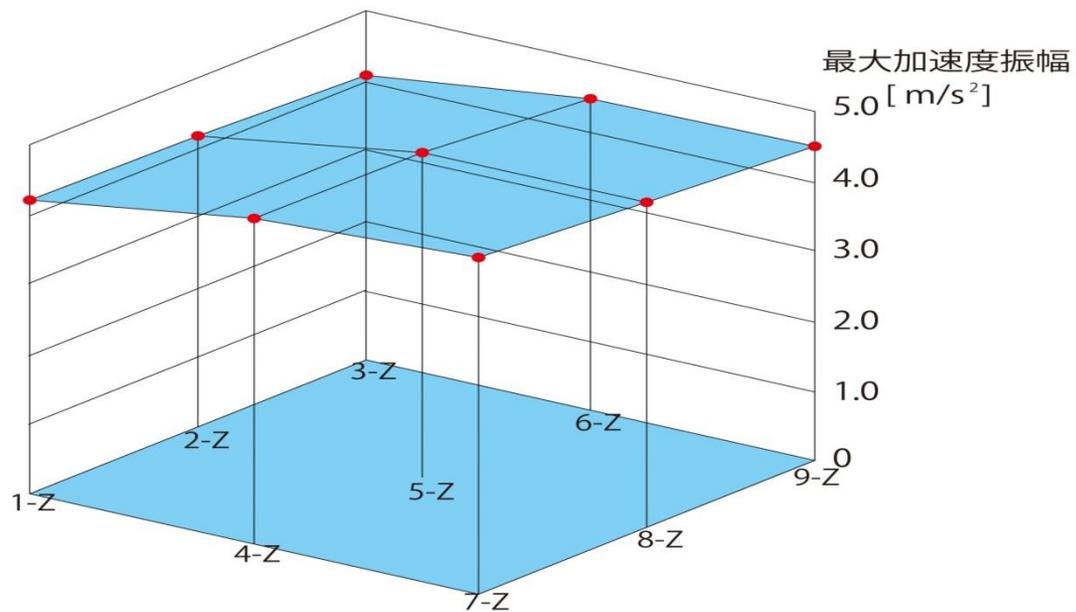
粘性ダンパーを設定しない場合



共振曲線



振動分布  
(1.97Hz)



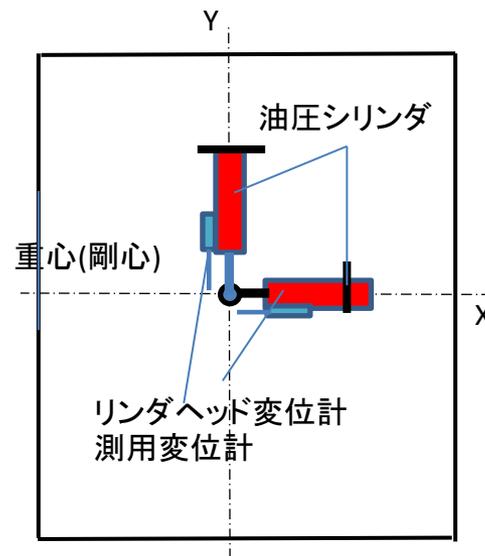
# 水平方向の静的加力実験(平成25年度)

加力は、油圧シリンダ2台(手動油圧ポンプ2台)を用いる。

油圧シリンダは押しだけの使用し、除荷は油圧をリリースすることにより行う。

加力架台の重量は、免震床に設置されているおもりを除くことにより調整する。

実験に制御は、油圧シリンダのヘッド部分に取り付けたワイヤー変位計の変位をモニターしながら、作業員の判断で行う。免震床の変位測定は別のワイヤー変位計で行うが、免震床に150mmを加えることを、目安として実施する。

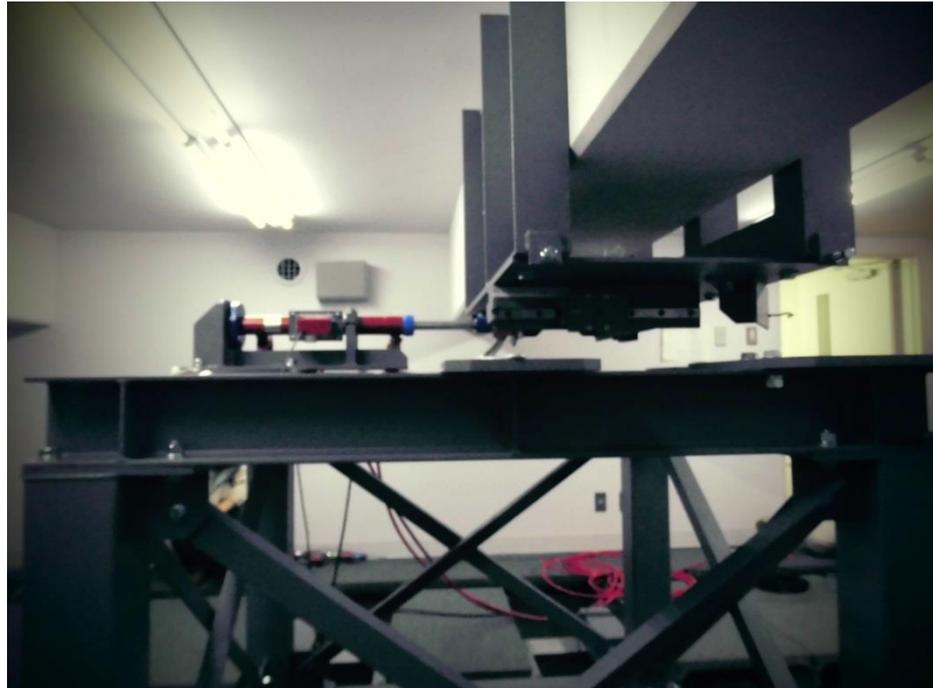
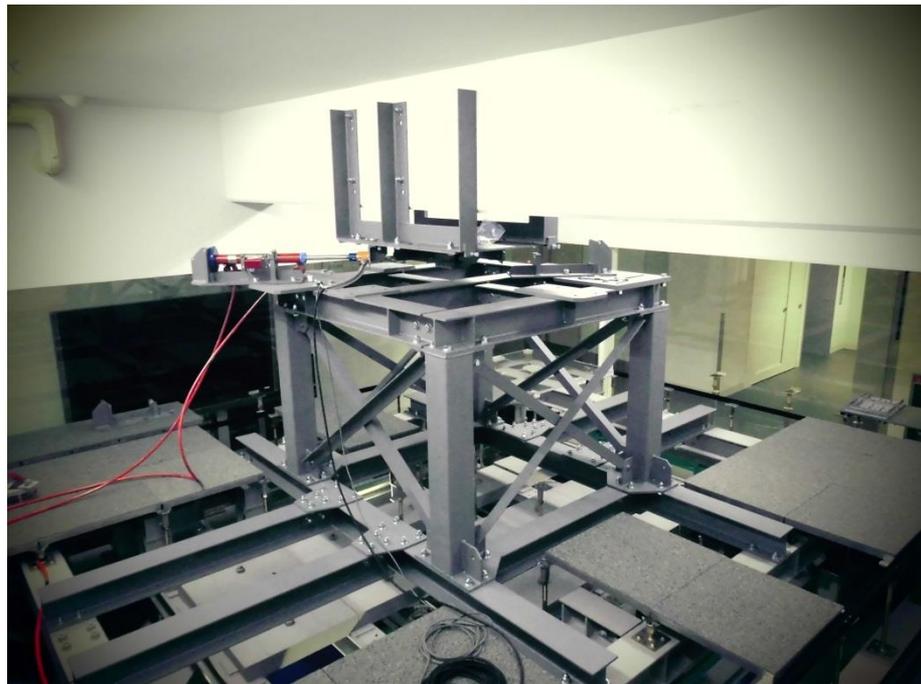


油圧シリンダとシリンダ変位測定用変位計

# 水平方向の静的加力実験(平成25年度)

免震床設置場所の周辺に加力架台を設置する余裕がないので、免震床ほぼ中央を通っている小梁(RC造)を利用して、加力用反力を取るよう計画する。

手動油圧ポンプと油圧シリンダ(2台)は押しだけの使用し、除荷は油圧をリリースすることにより行う。



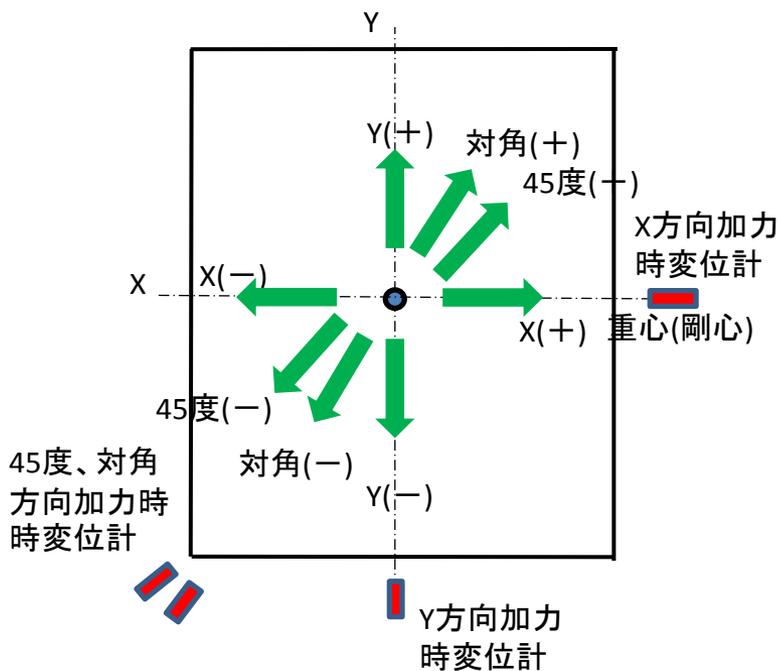
設置した加力用架台

# 実験方法(1)

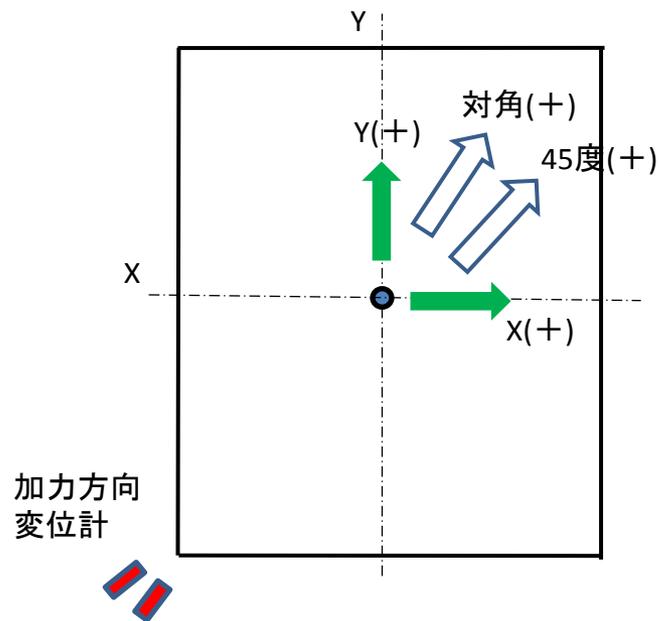
## 加力方向

免震床の荷重－変位関係は油圧シリンダ先端のロードセルによる荷重と免震床変位(加力方向に取り付けた変位計)を用いて行う。

寡欲実験は各方向に対して基本的に3回実施する。



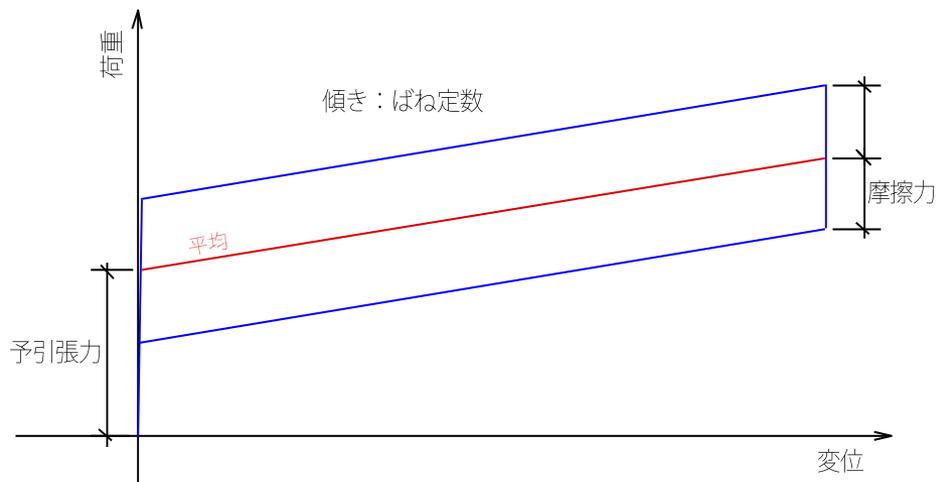
1方向加力の加力方向



2方向同時加力の加力方向



# 1方向加力による荷重－変位関係(2)



	予引張力 (kN)	ばね定数 (kN/mm)	摩擦力x2 (kN)	摩擦係数
X,Y方向の全平均	0.819	0.0075	0.731	0.0075

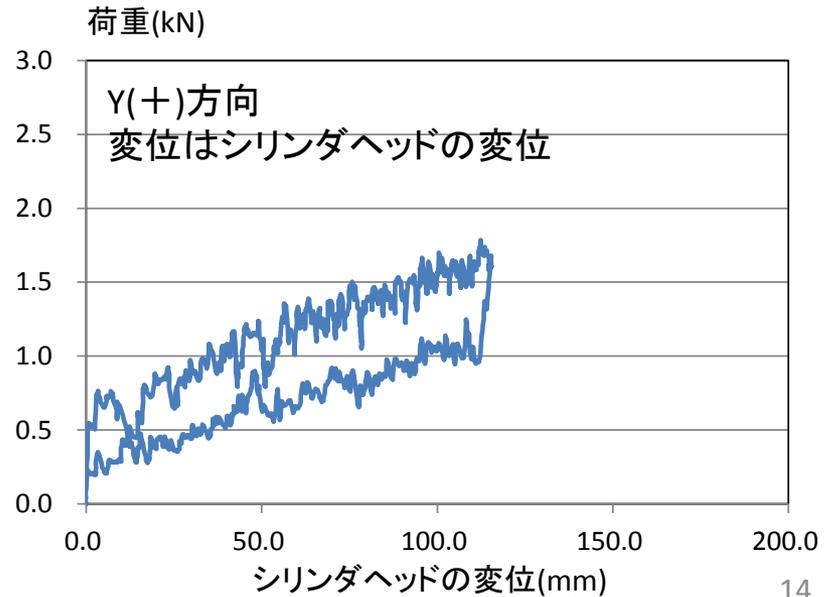
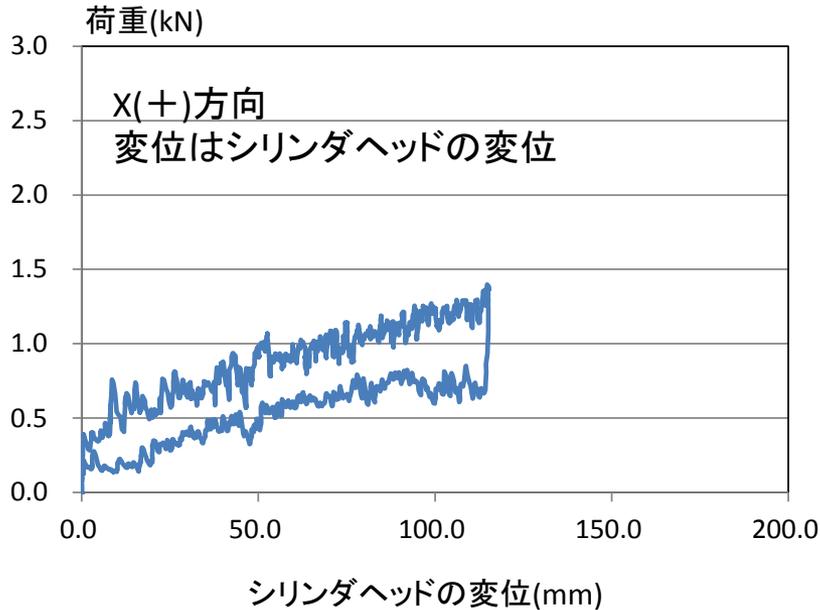
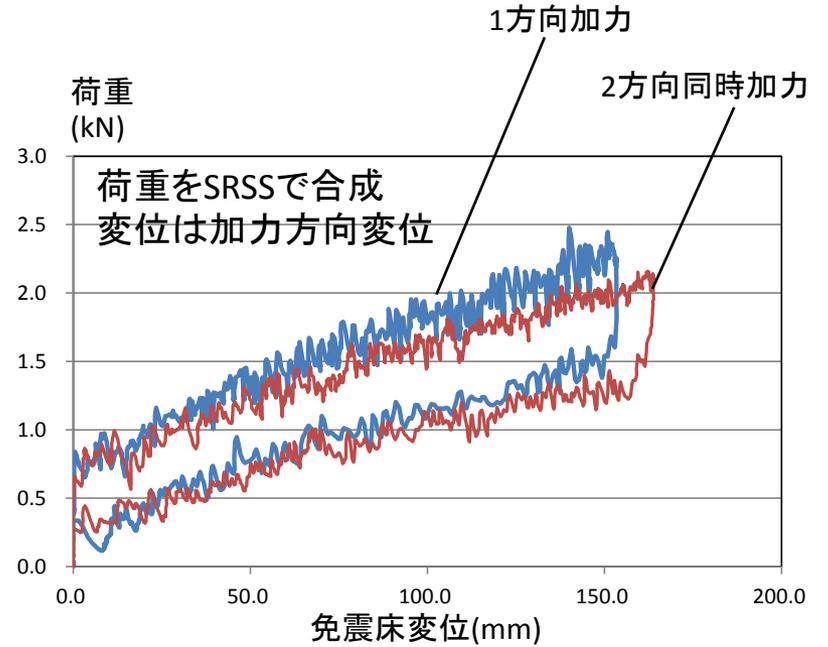
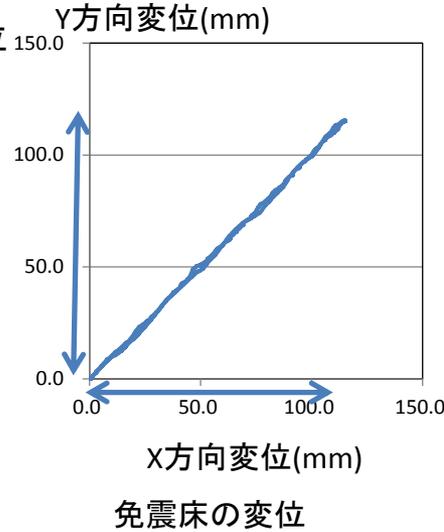
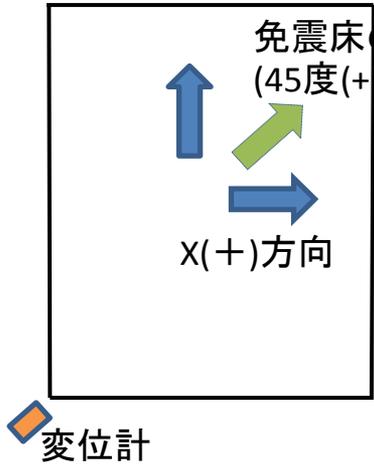
	予引張力 (kN)	ばね定数 (kN/mm)	摩擦力x2 (kN)	摩擦係数
45度方向の平均	0.788	0.0076	0.758	0.0077

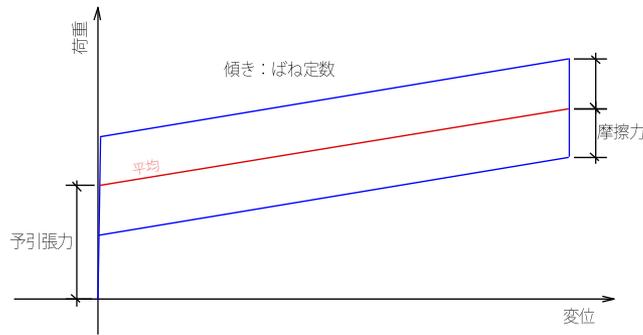
	予引張力 (kN)	ばね定数 (kN/mm)	摩擦力 (kN)	摩擦係数
対角方向の平均	0.792	0.0080	0.750	0.0077

# 2方向同時加力実験(1)

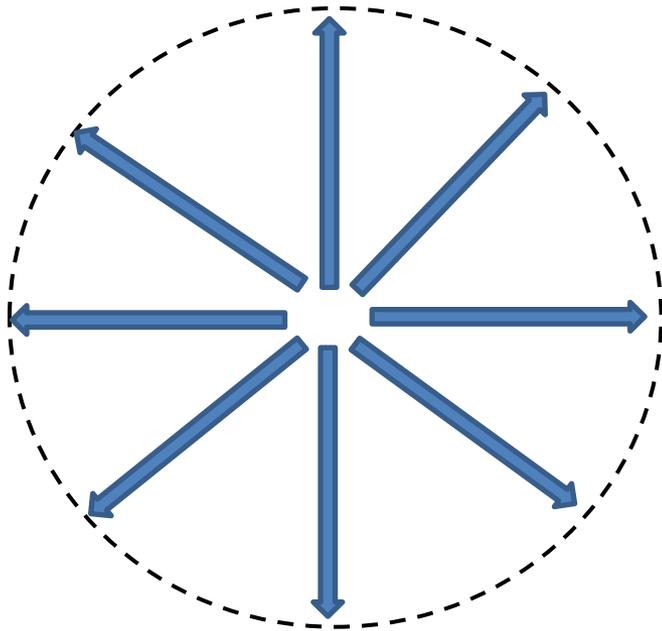
45度(+ )方向

(3回目の実験結果)

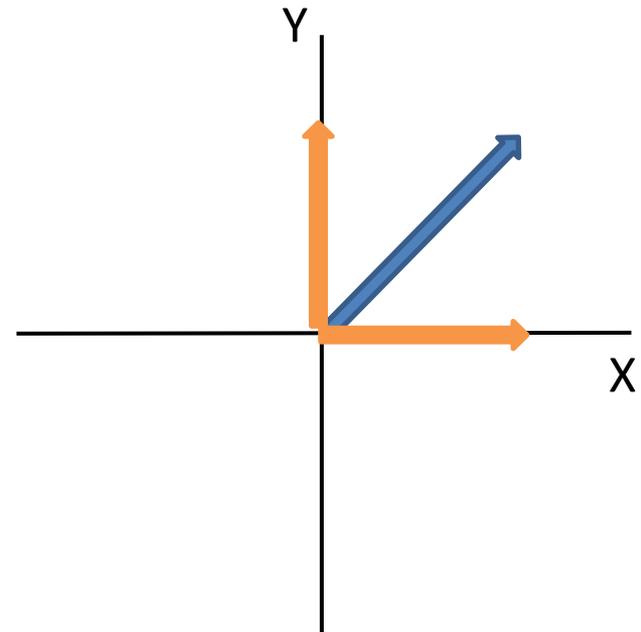




## 一方向の荷重-変形関係



荷重-変形関係には方向により大きな相違がないこと

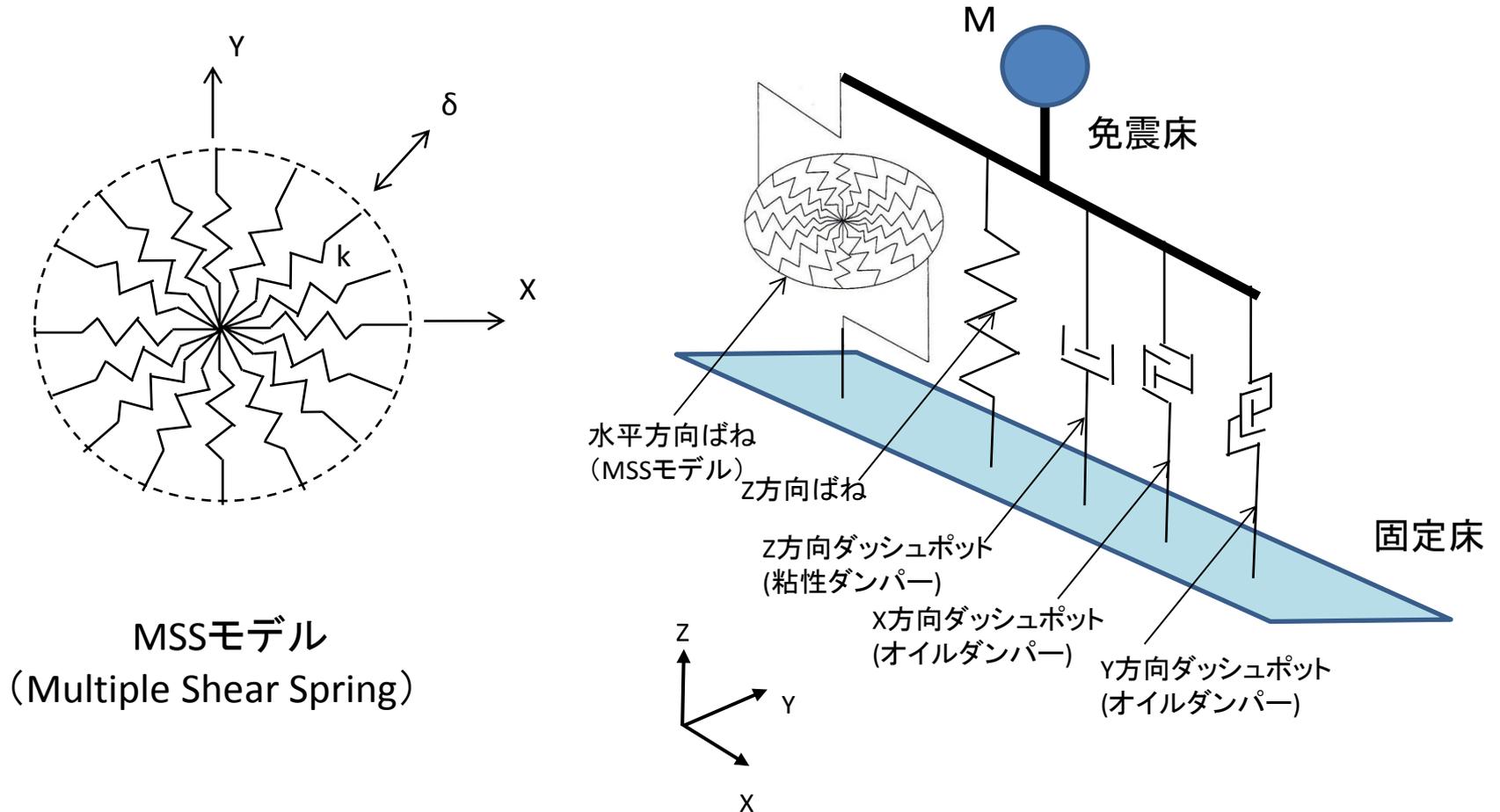


任意の1方向の荷重-変形関係は複数の方向に概ね分解可能であること

# 3次元振動モデルによる地震応答解析

(2011年3月12日長野県北部地震の観測記録を用いた免震効果の確認)

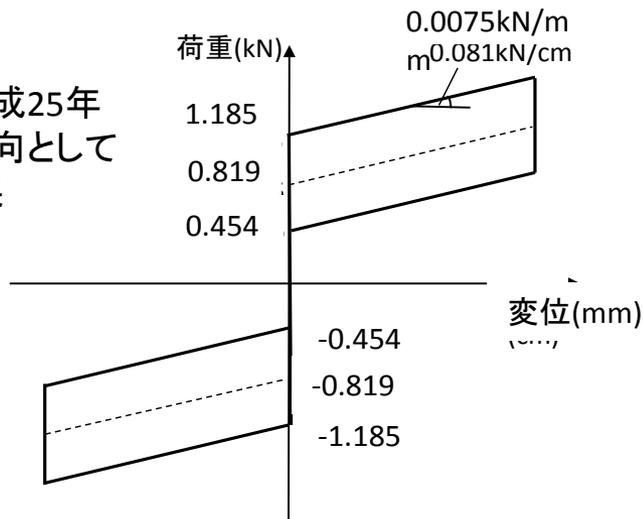
固定床観測記録を入力とした地震応答解析を実施



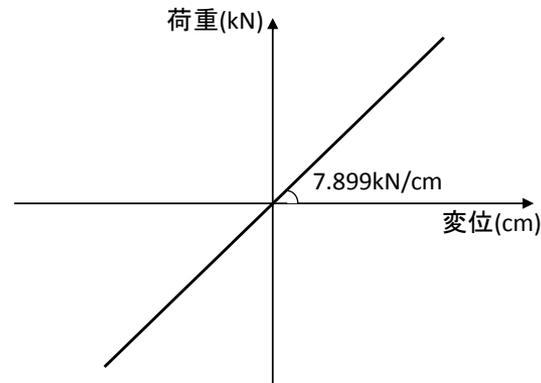
# 各要素に設定した特性

(水平方向の荷重-変形関係[以外は昨年と同一])

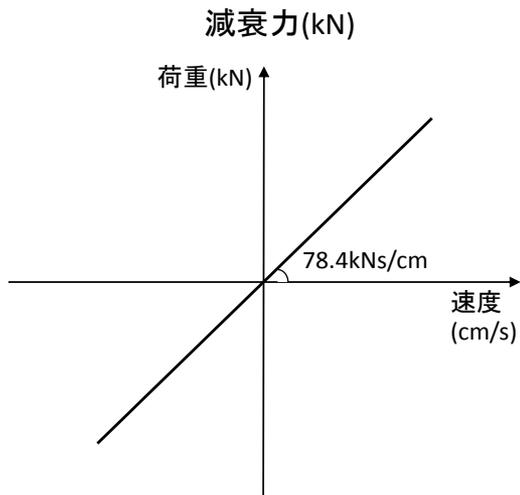
実験結果(平成25年度)からX,Y方向として得られた結果



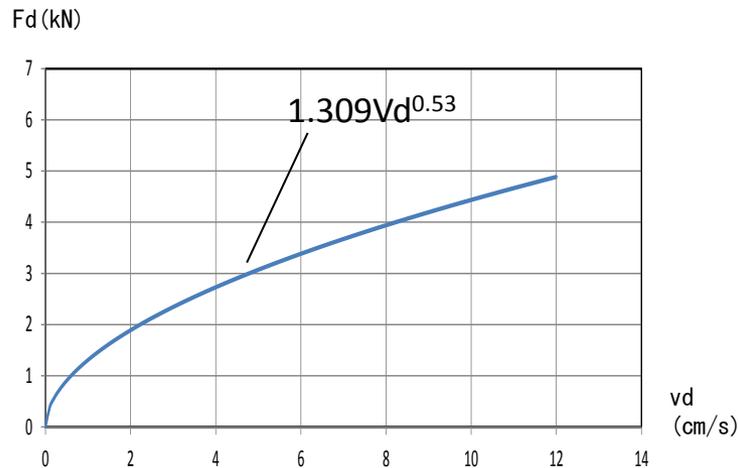
MSSモデル(1方向特性)



鉛直方向のばね

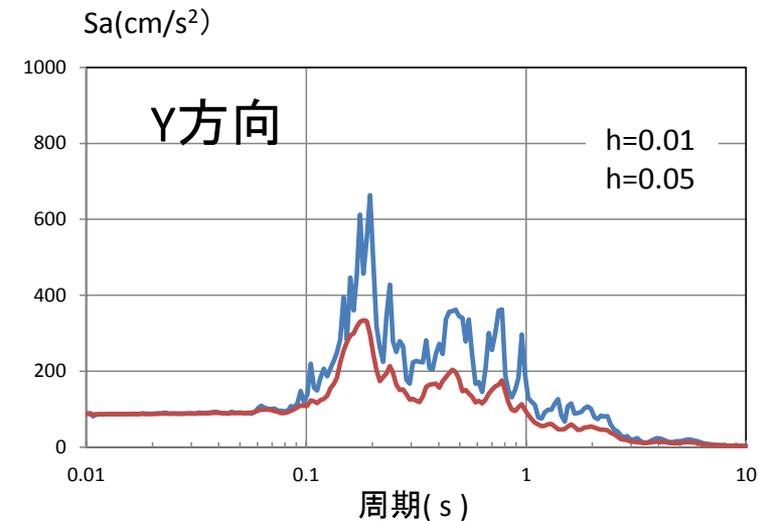
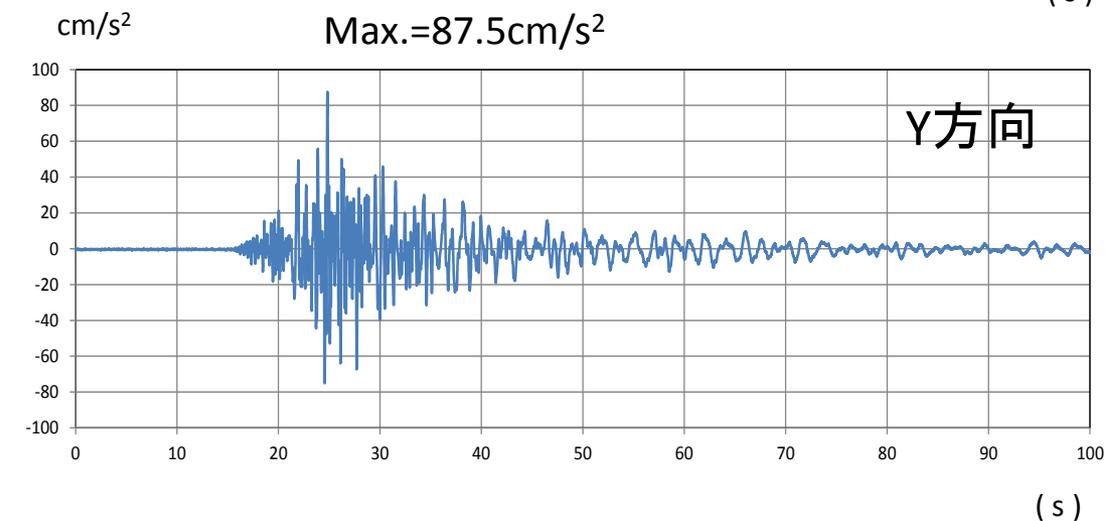
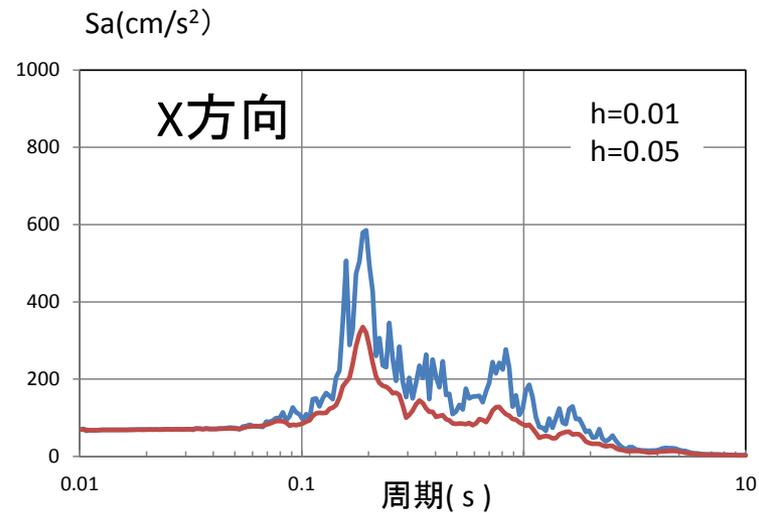
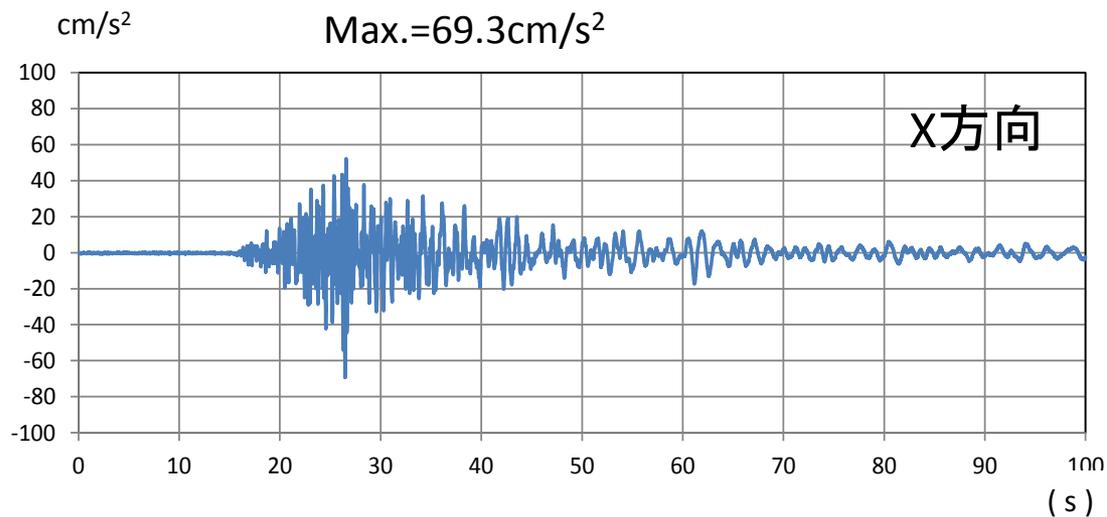


X,Y方向のオイルダンパー



鉛直方向粘性ダンパー(4本分)

# 基礎床の観測記録



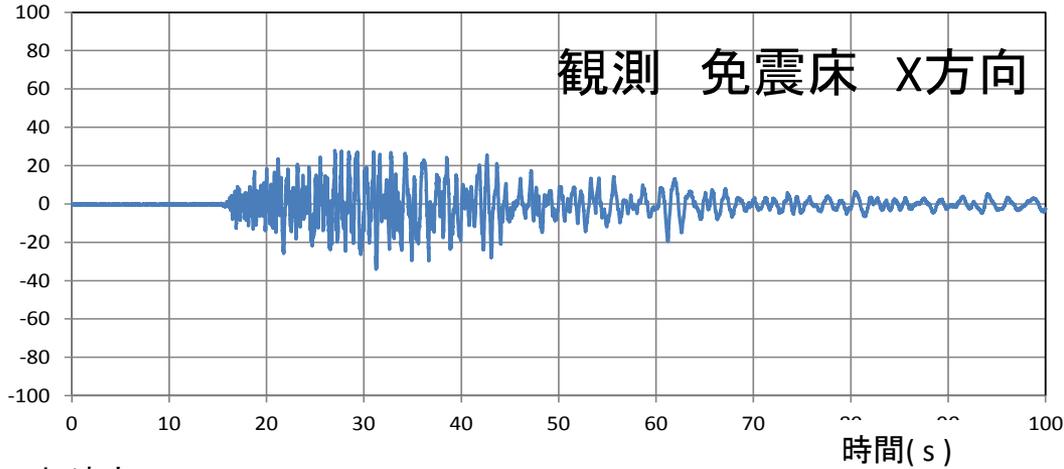
加速度時刻歴と加速度応答スペクトル

# 免震床の観測記録と解析結果との比較(1)

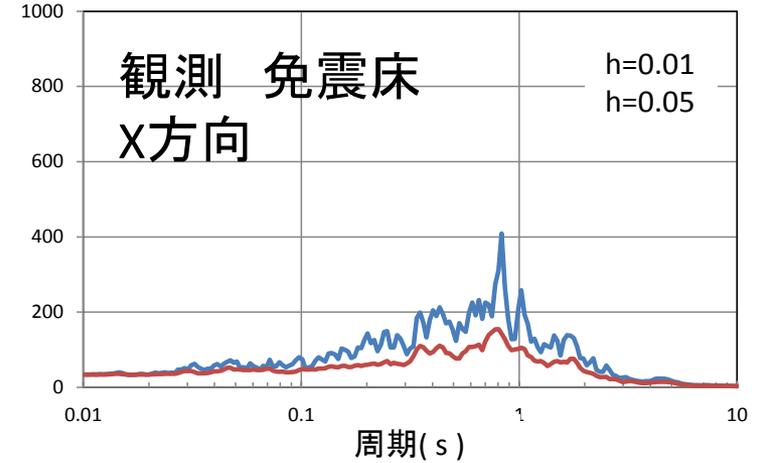
## X方向

加速度  
cm/s<sup>2</sup>

Max.=34.2cm/s<sup>2</sup>

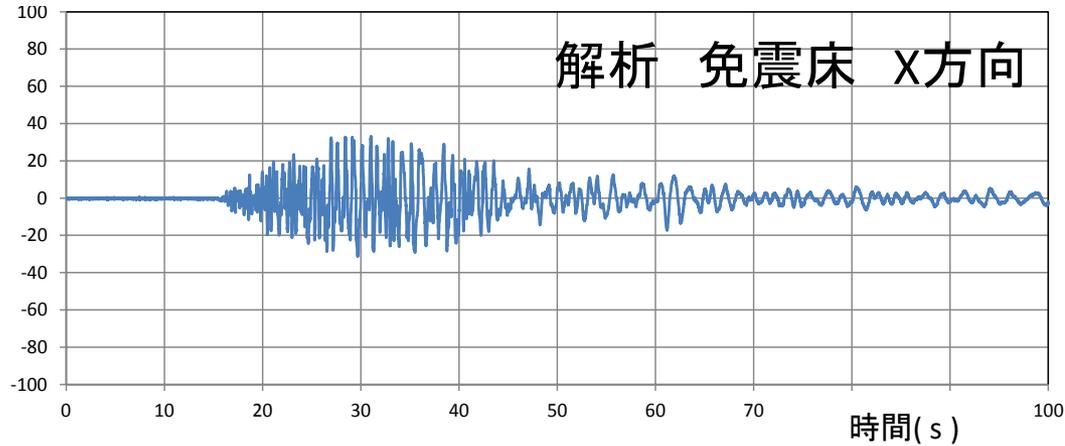


Sa(cm/s<sup>2</sup>)

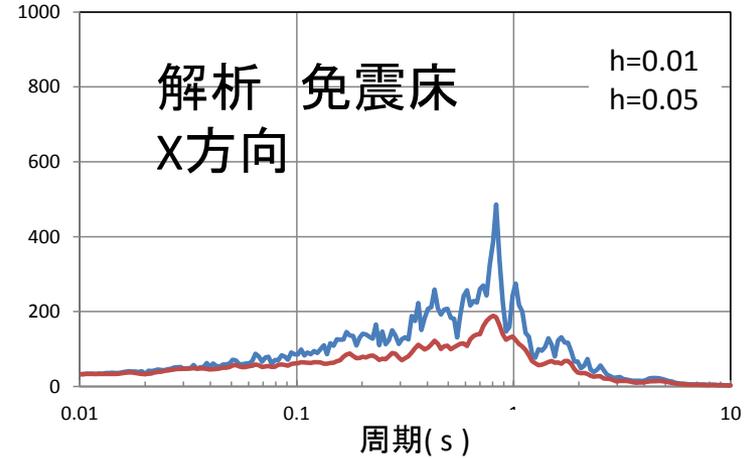


加速度  
(cm/s<sup>2</sup>)

Max.=33.2cm/s<sup>2</sup>



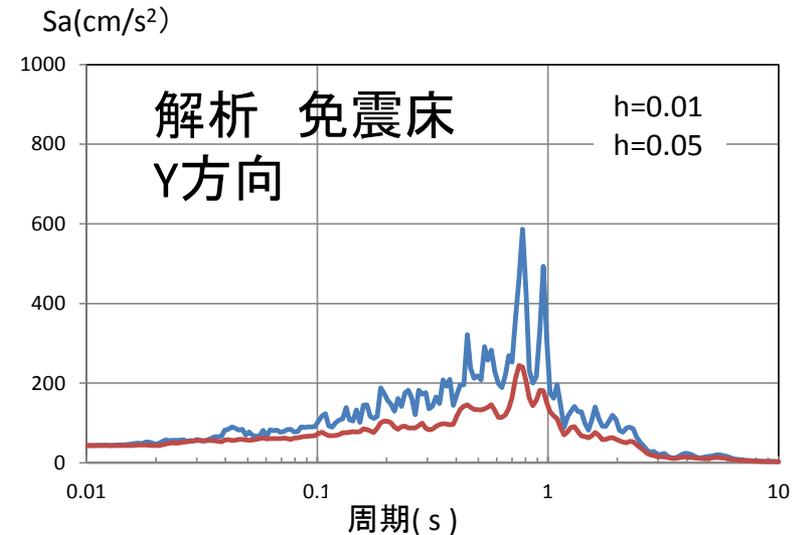
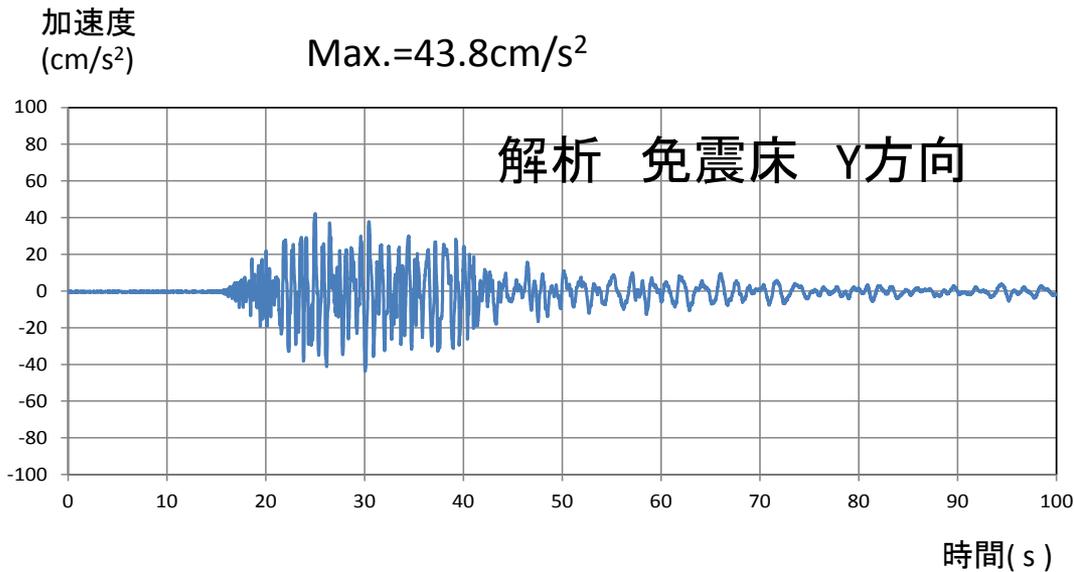
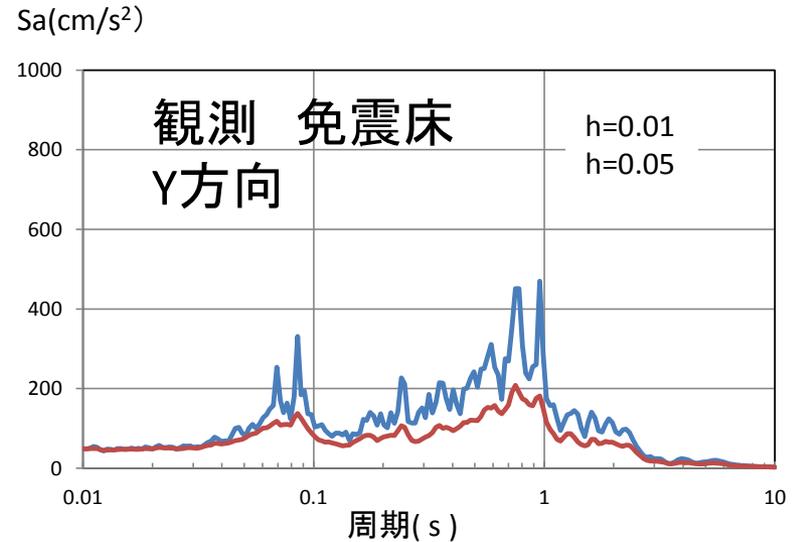
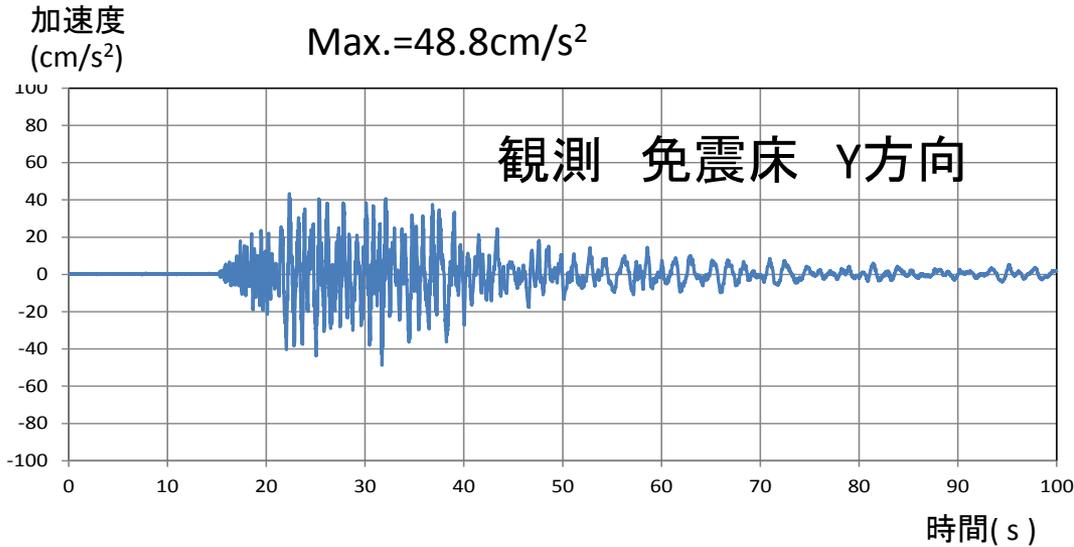
Sa(cm/s<sup>2</sup>)



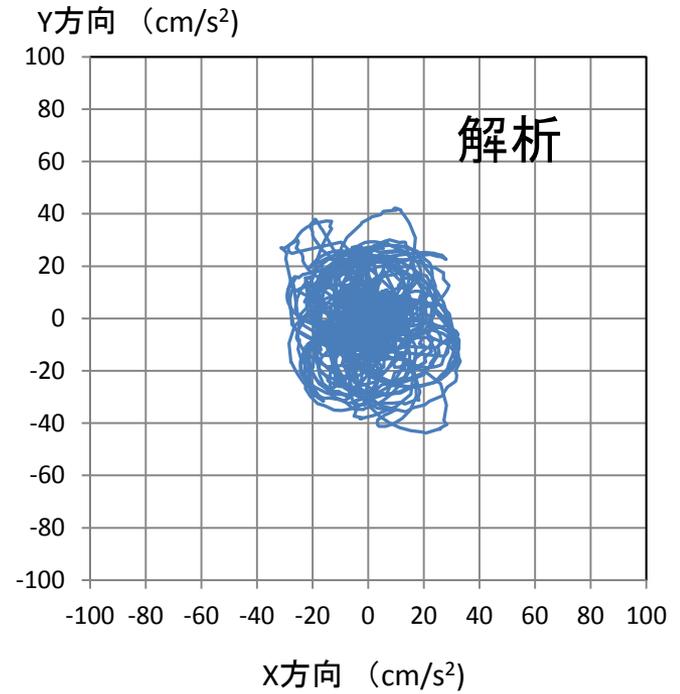
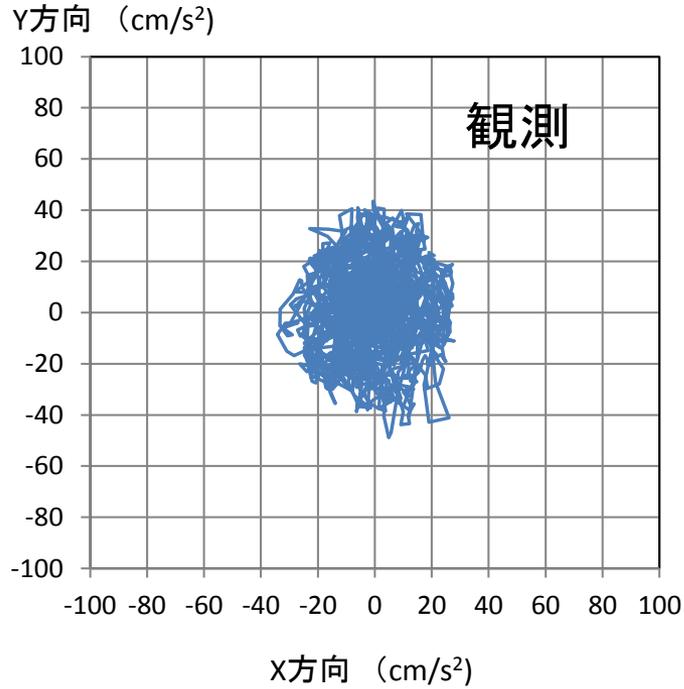
加速度時刻歴と加速度応答スペクトル

# 免震床の観測記録と解析結果との比較(2)

## Y方向



# 免震床の観測記録と解析結果との比較(3)

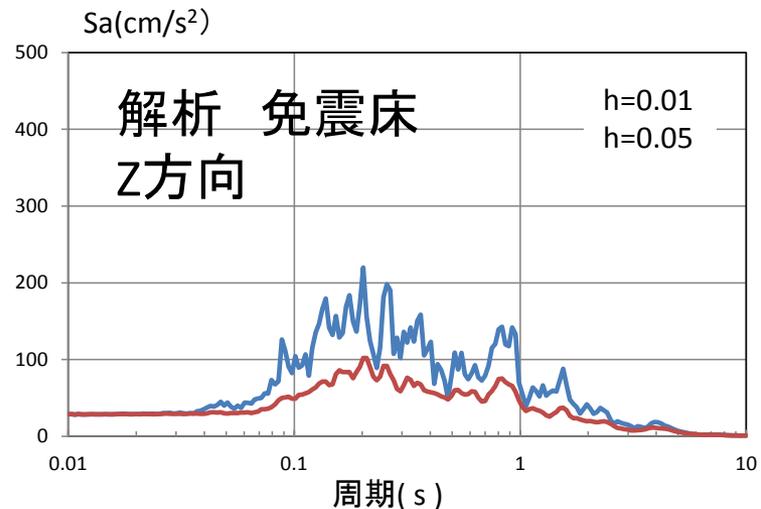
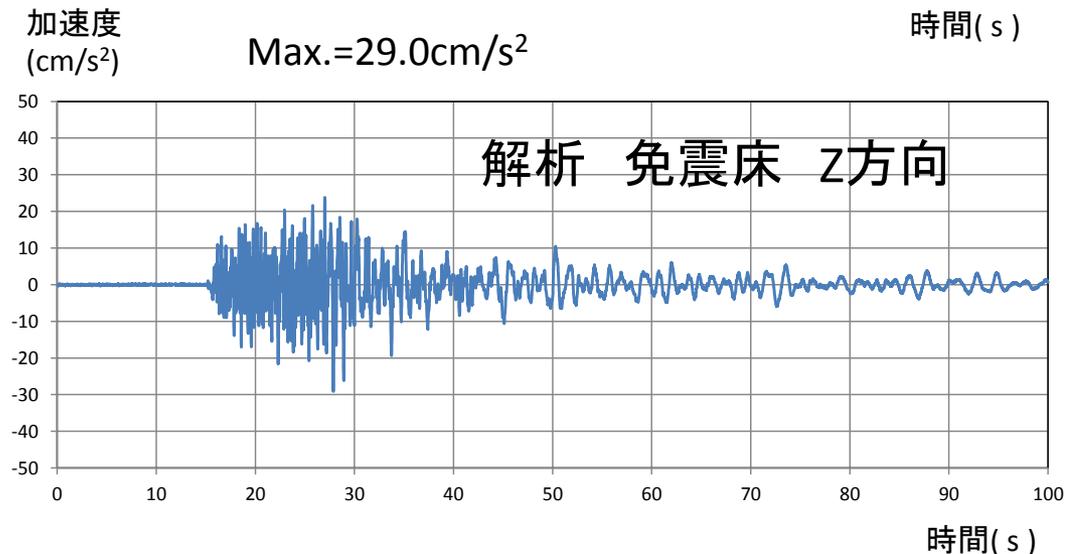
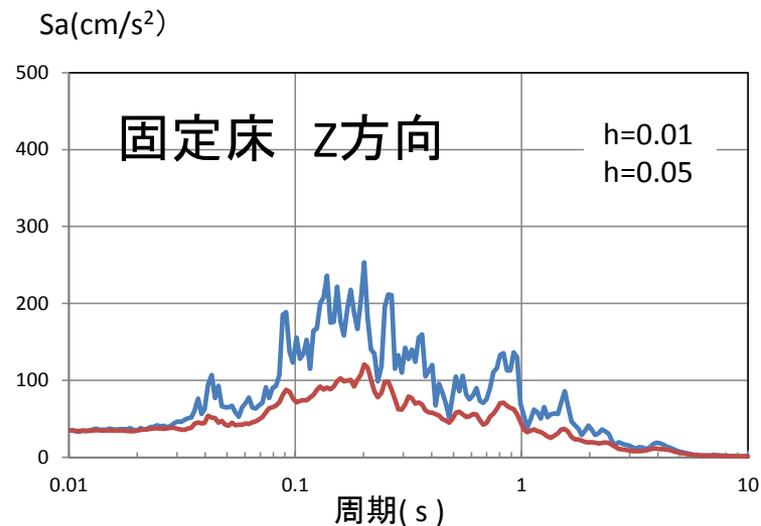
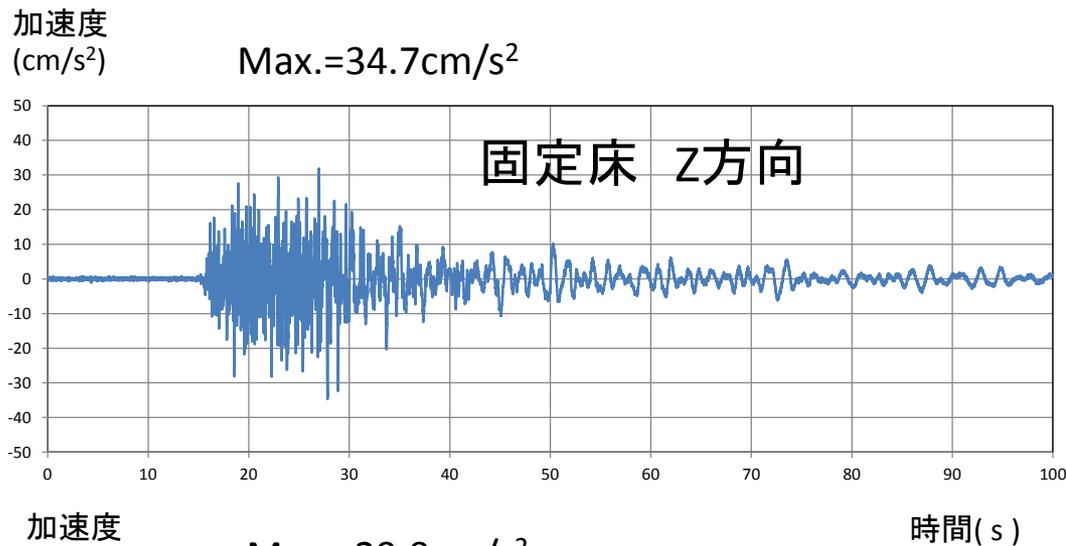


応答加速度オービットの比較

# 免震床の観測記録と解析結果との比較(3)

**z方向** z方向は免震床観測記録はダンパー不良のため参考にできない。

固定床の観測記録と免震床の解析の比較



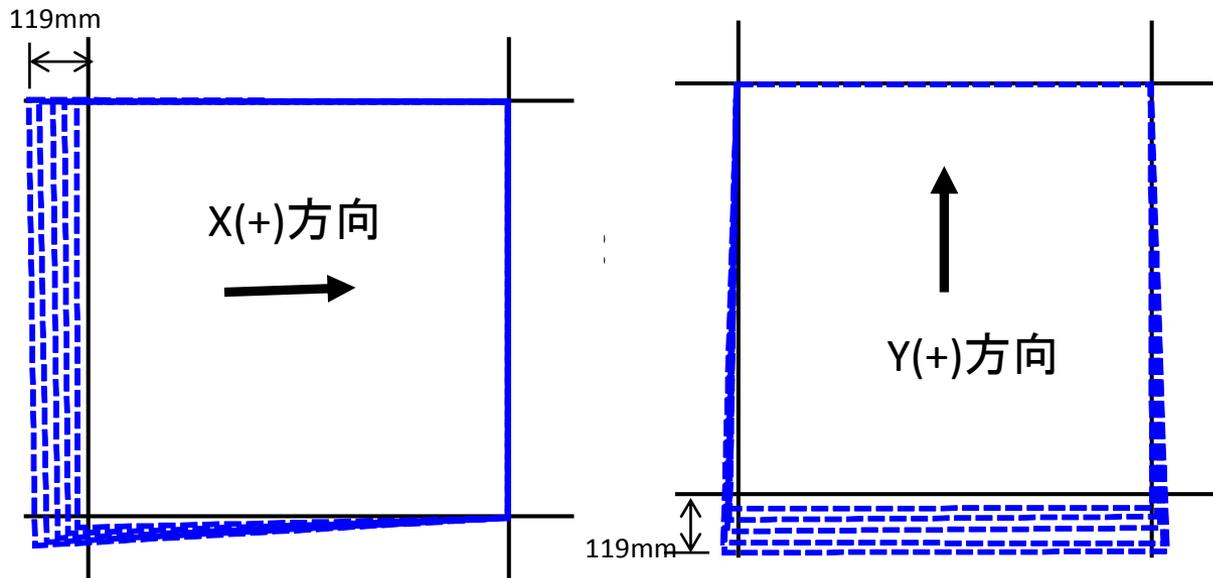
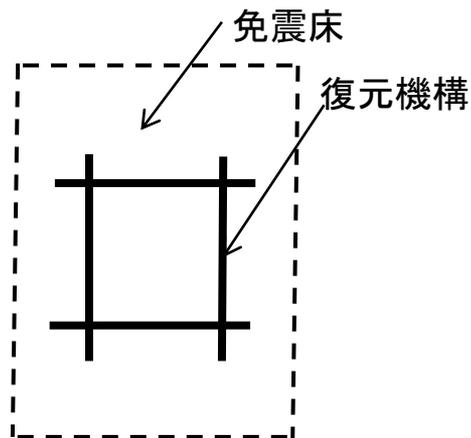
加速度時刻歴と加速度応答スペクトル

## まとめ

3次元免震床の性能確認試験を実施した。性能確認試験で得られなかったデータは設計時の値で補足した振動解析モデルを構築し、地震応答解析を実施した。その結果、3次元免震床の免震効果を実証的に確認することができた。

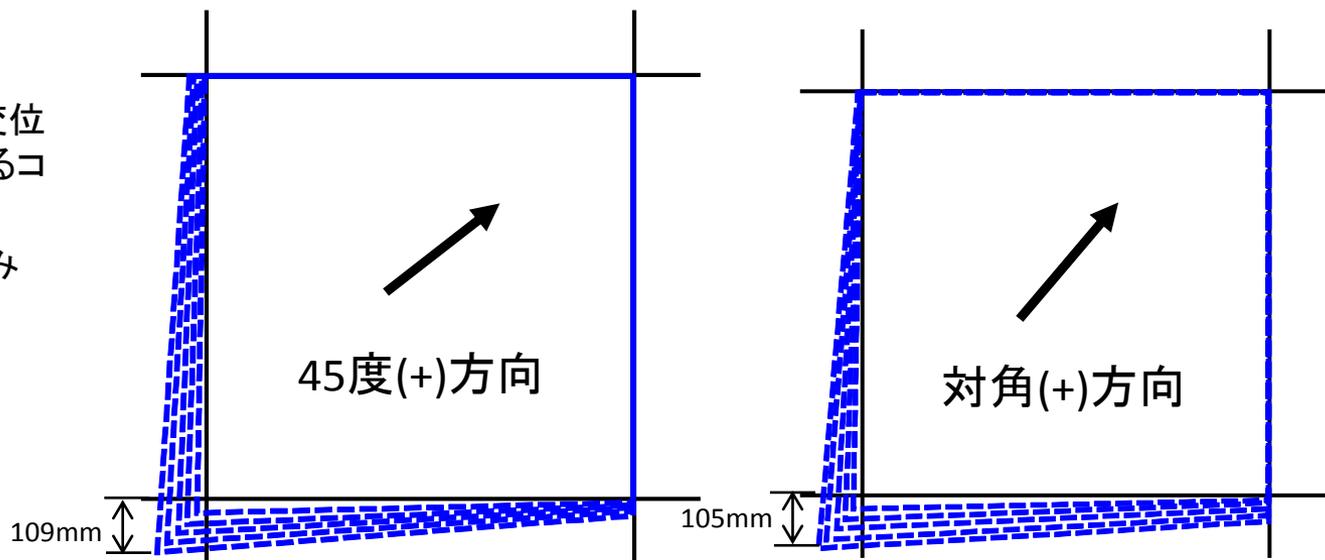


# 予備実験(復元機構の変形)



注)青破線はシリンダヘッドの変位が30,60,90,120,150mmにおけるコイルばねの伸びを示す。

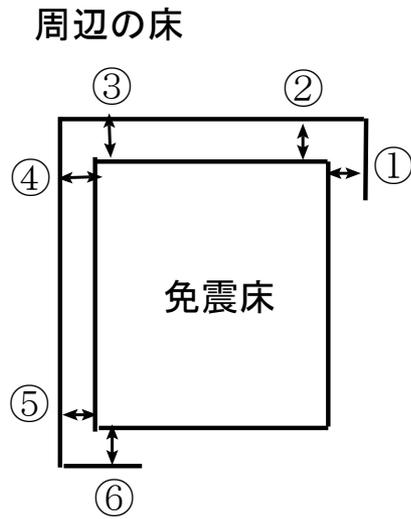
スケールをおて目視により読み取った数値により作成。



復元機構の変位

# 予備加力実験(1)

## 免震床の変位



注)青破線はシリンダヘッドの変位が30,60,90,120,150mmにおける①～⑥の変位を示す。

スケールをあて目視により読み取った数値により作成。

