

建物に設置された免震装置の直接計測による性能評価

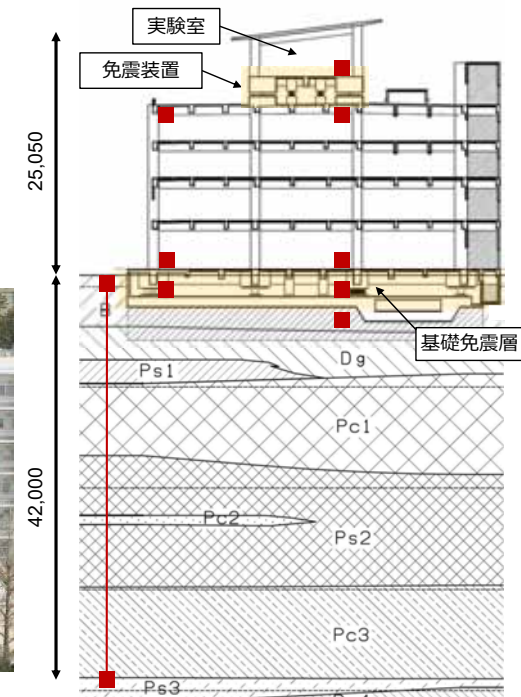
名古屋大・飛田潤

- 免震建物の性能評価
 - 設計時には詳細なモデル化と応答解析
 - 装置製造時には厳格な製品検査
 - 実際の建物の性能は？ 長期・被災後の変化は？
- 免震装置の意外に複雑な特性
 - 従来のモデル化は影響の大きい点を踏まえた理想化
 - 製品検査もそのモデルを踏まえた等価値
 - ほんとうはもっと複雑な特性？

0

減災館の振動実験

- 基礎免震建物
 - RC造4階+屋上実験室
- 加振設備 + 計測設備



免震装置



- 線形の復元力特性
 - 天然ゴム系積層ゴム
 - オイルダンパー
 - 直動転がり支承 (Cross Linear Bearing, CLB)
- 固有周期5.2s、等価減衰30%
- クリアランス (ぶつかるまでの余裕) 90cm

地震動特性と建物の振動特性

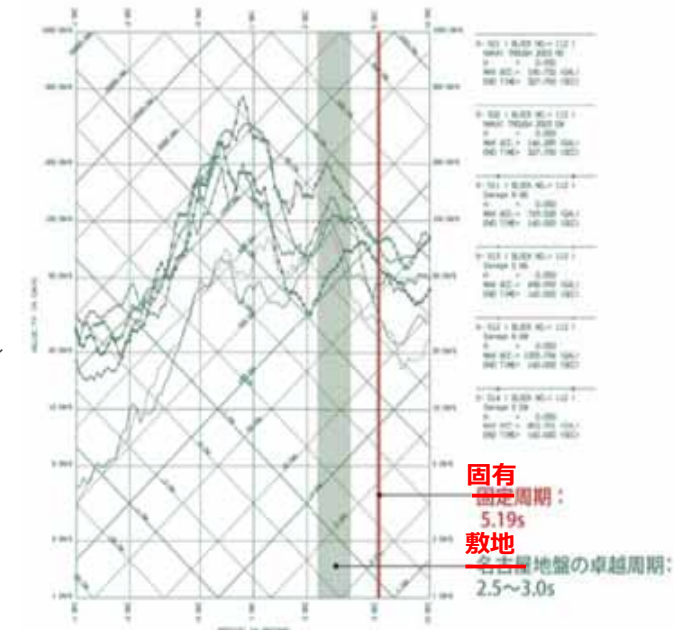
- 固有周期5.2秒

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

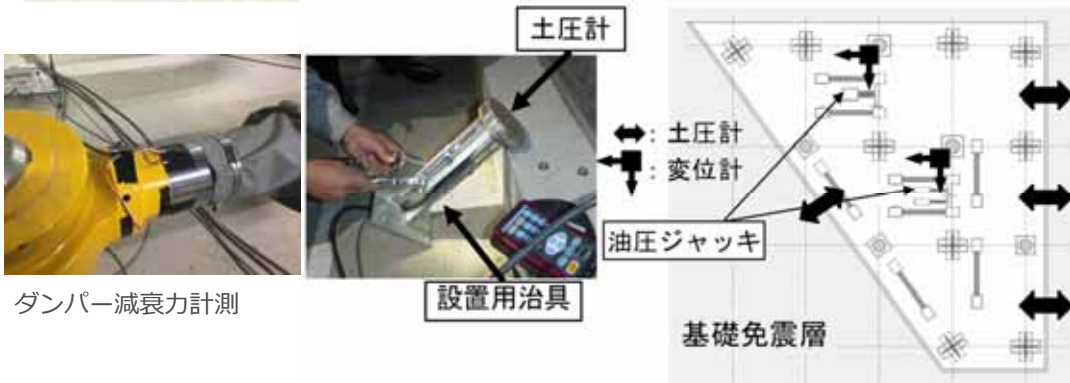
$$m = 6400t$$

$$k = 0.92t/mm$$

(大振幅時)

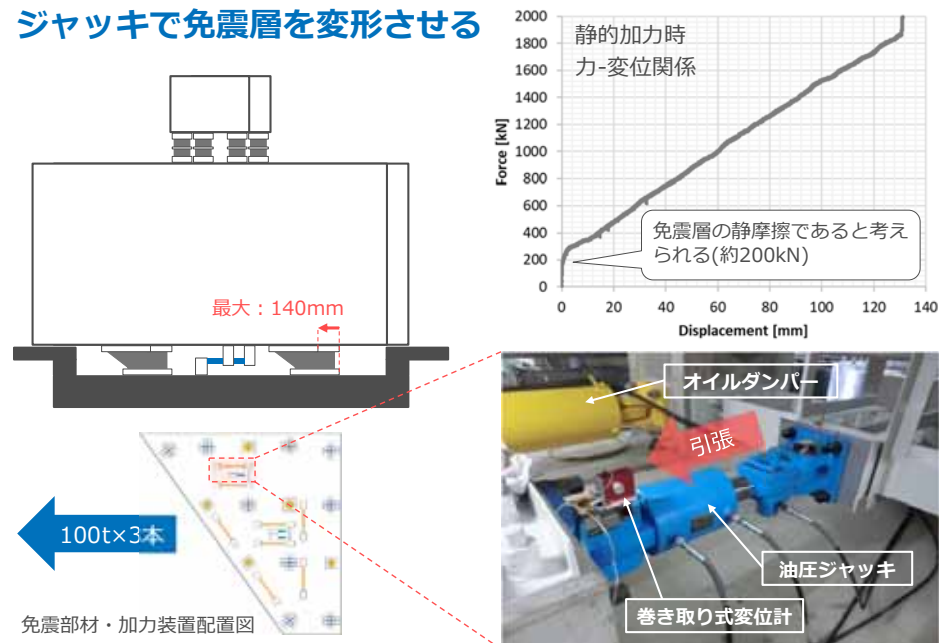


計測装置



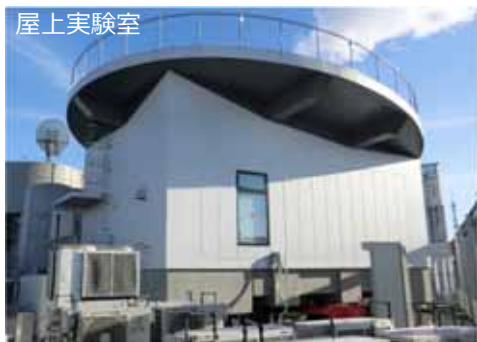
静的加力

ジャッキで免震層を変形させる



屋上実験室

- 免震装置で支持、普段は固定
 - CLB + 積層ゴム (2段)
 - 固有周期5.2秒 (建物全体と同じ)
- 共振を利用した大振幅加振
 - 最大±70cm (南北方向) 100ガル程度

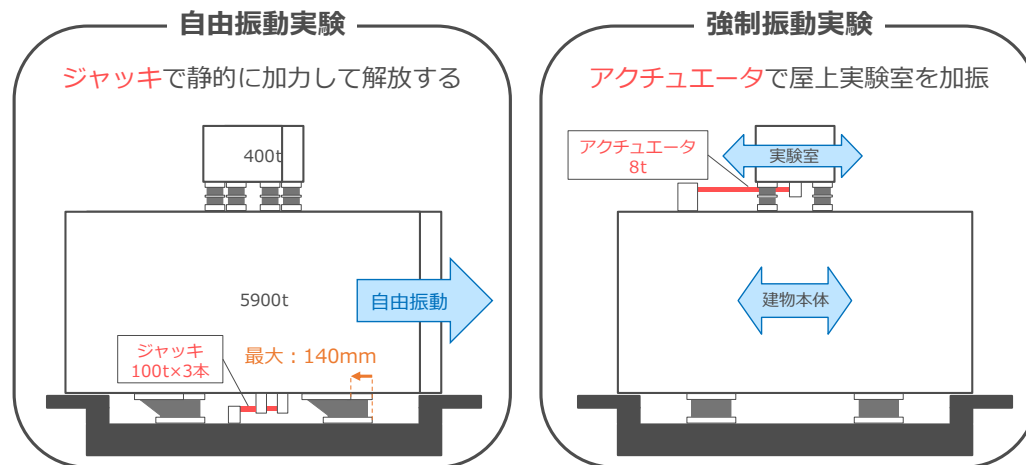


振動実験の概要

免震装置

天然ゴム系積層ゴム + 直動転がり支承 (CLB) + オイルダンパー

⇒ 復元力特性: 線形弾性設計 . . . 小さな加力で大振幅の振動実験が可能



建物全体の自由振動実験（ダンパーなし）

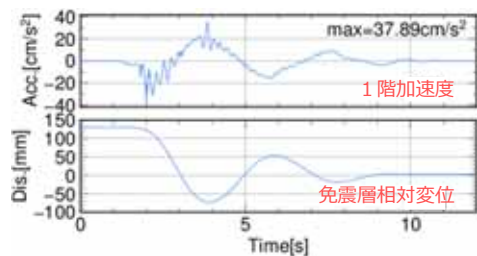
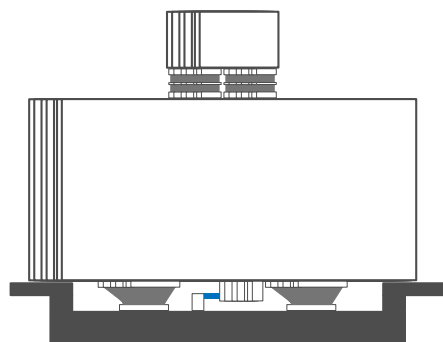


建物全体の自由振動実験（ダンパーなし）



自由振動実験

オイルダンパーなし（臨時）



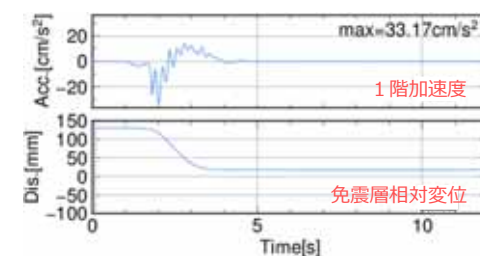
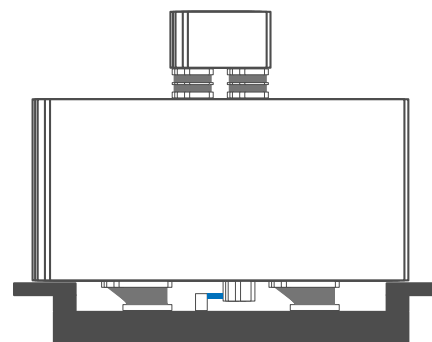
振動する

- ⇒ 積層ゴム+CLBのより簡単な機構となり、オイルダンパーによる減衰がなくなる
- ⇒ 建物は免震層の摩擦力（主にCLB）によって減衰する



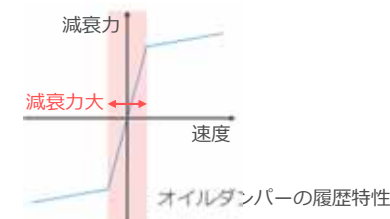
自由振動実験

オイルダンパーあり（通常）



振動せず、中立軸に漸近する

- ⇒ オイルダンパーの履歴特性がバイリニア型で、小振幅範囲で減衰力大きい



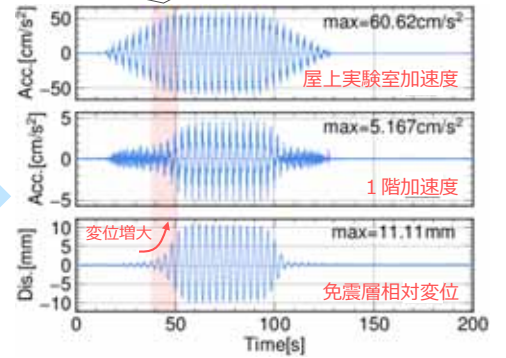
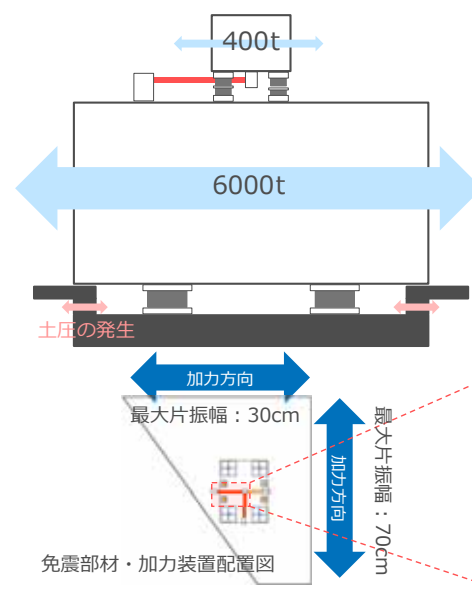
屋上実験室の加振 (南北方向)



強制振動実験

アクチュエータによる実験

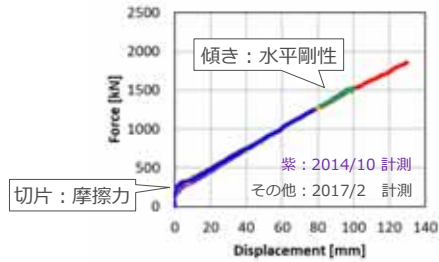
一定の加速度に達すると免震層の変形が増大
⇒ 加振力 (建物の慣性力の和) が静摩擦力を超える



基礎免震層の水平剛性と摩擦力

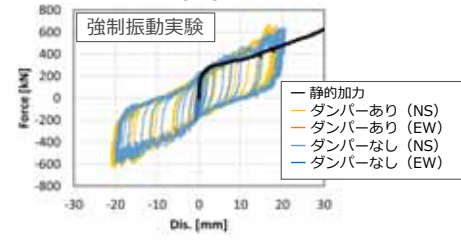
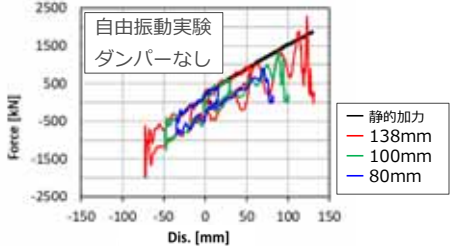
静的加力実験

静的加力時の免震層の荷重-変位関係



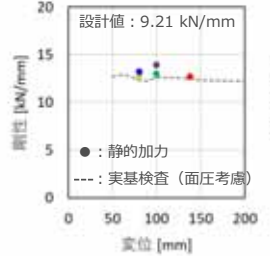
振動実験における履歴特性

建物慣性力と免震層相対変位の関係



⇒ 構造試験・静的加力実験・振動実験の整合性の確認

水平剛性 … 積層ゴム



摩擦力 … CLB+a

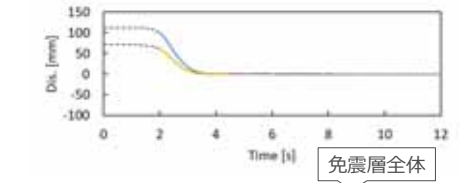


自由振動波形の同定による基礎免震層の振動特性の推定

オイルダンパーあり

1自由度粘性減衰モデルを用いた自由振動波形の同定による振動特性の推定

基礎免震層相対変位 破線：実測 実線：同定



初期変位	固有周期 T	減衰定数 h
138 mm	4.58 s	0.84
80 mm	4.04 s	0.82
設計	5.2 s	31%

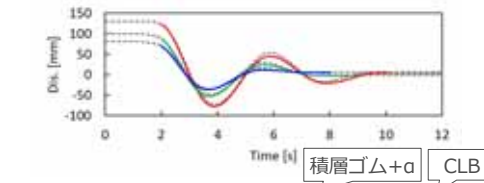
⇒ 免震装置ごとの減衰を評価

全体：84%
 ・オイルダンパー：64%
 ・積層ゴム (+a)：10%
 ・CLB：10%

オイルダンパーなし

粘性減衰と摩擦減衰を考慮した1自由度系モデルを用いた同定による振動特性の推定

基礎免震層相対変位 破線：実測 実線：同定



初期変位	固有周期 T	減衰定数 h	摩擦係数
138 mm	3.95 s	0.11	0.0025
100 mm	3.81 s	0.10	0.0039
80 mm	3.79 s	0.14	0.0033
設計	5.2 s	-	0.0039

⇒ 固有周期の振幅依存性を確認

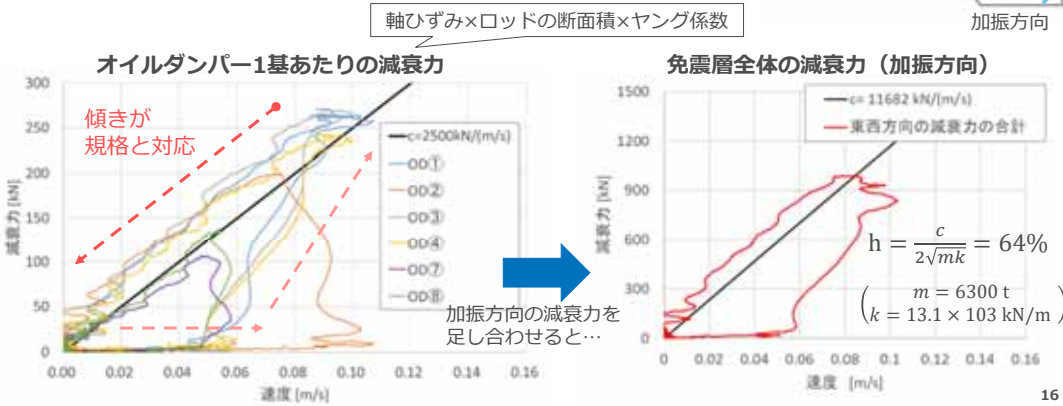
オイルダンパーの減衰特性

オイルダンパーのロッドの軸ひずみ計測（自由振動実験）

建物に設置されている各オイルダンパーの減衰性能を、実験により直接評価する。

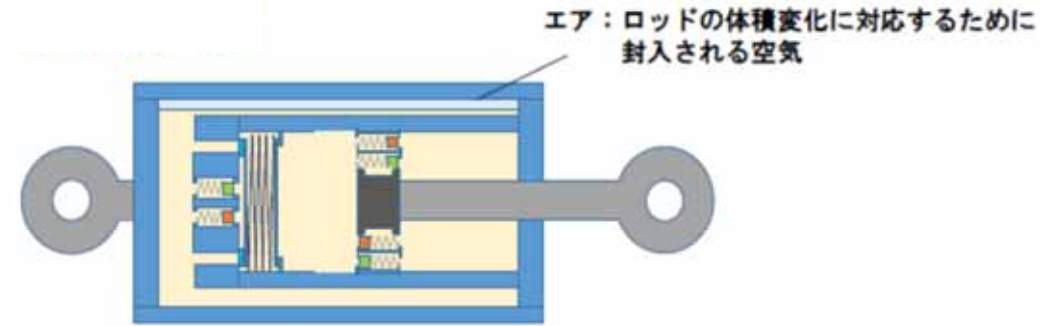
⇒ 各オイルダンパーのロッドの軸力から減衰力と減衰係数を評価

⇒ 実験時のダンパーの減衰は約64%（小振幅時の性能に一致）



16

免震用オイルダンパーの構造

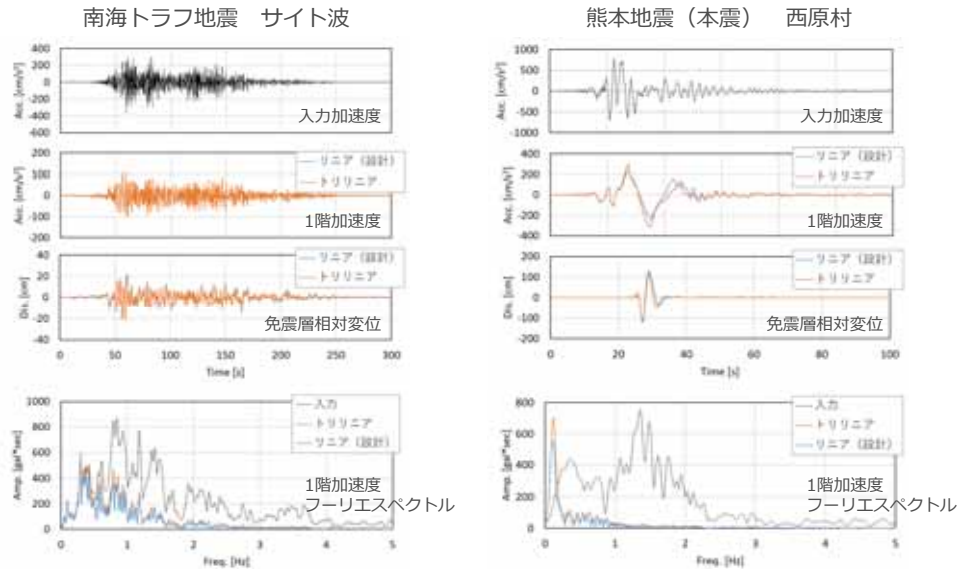


・ゆっくりと最大ストロークまで押し込むことで空気が回り込んでいるのを戻す作業をエア抜きという

17

1自由度系モデルによる弾塑性応答解析

大地震を入力



18

まとめ

振幅の大きい振動実験を、常設の機材で行える免震建物はほかにない。

これにより、以下の成果が得られる。

- ・ 減災館の性能の検証、長期にわたるメンテナンス
- ・ 免震装置の開発、特に実稼働状態での性能把握と経年変化の検討
- ・ 振動実験手法・設備とモニタリング手法の開発
- ・ 免震構造物の耐震設計へのフィードバック
- ・ 土圧、相互作用などの実験研究
- ・ 免震・防災に関する教育と普及啓発

19