



地震動と建物被害の関係



東北大学大学院工学研究科
災害制御研究センター

源 栄 正 人



報告内容(I)

- 栗原市震度7、建物被害はなぜ少なかったか
 - * 震度7の記録の分析：
 - 観測小屋／観測装置の浮き上がり？
 - 敷地地盤の不整形性？
 - * 変形性能をもたない短周期・大加速度記録
- 場所によって異なる地震動の変形性能
 - * 栗原市築館地区(水平2700ガル、住家全壊3棟)と大崎市古川地区(水平571ガル、住家全壊154棟)
 - * 仙台駅前と若林区卸町
 - * 仙台駅前と長町駅付近

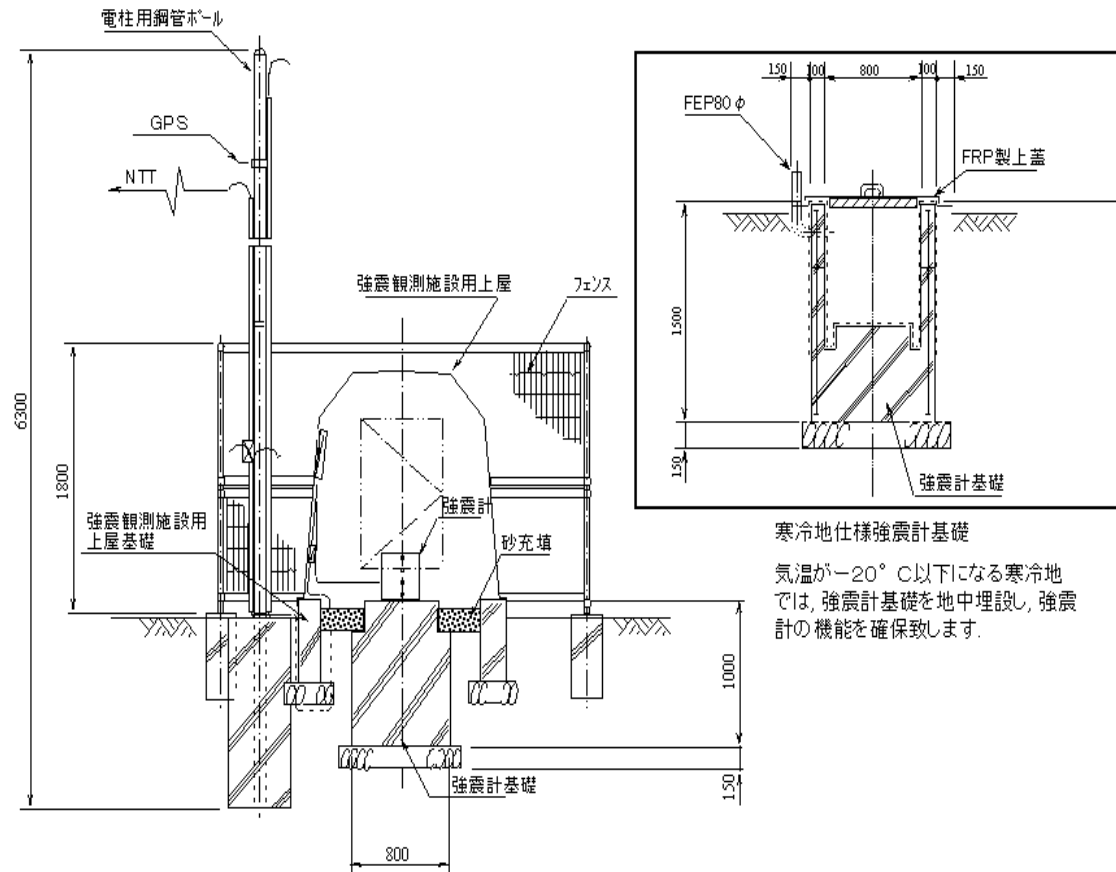


報告内容(II)

- 杭基礎建物の被害
 - * 明暗分けた1978年地震の杭基礎被害建物
仙台市郡山市営住宅 と Sマンション
 - * 傾いた校舎
大崎市立古川東中学校
 - * 新耐震設計法施行後の杭基礎建物の傾斜
仙台市若林区卸町Kビル

K-NET築館の観測点情報

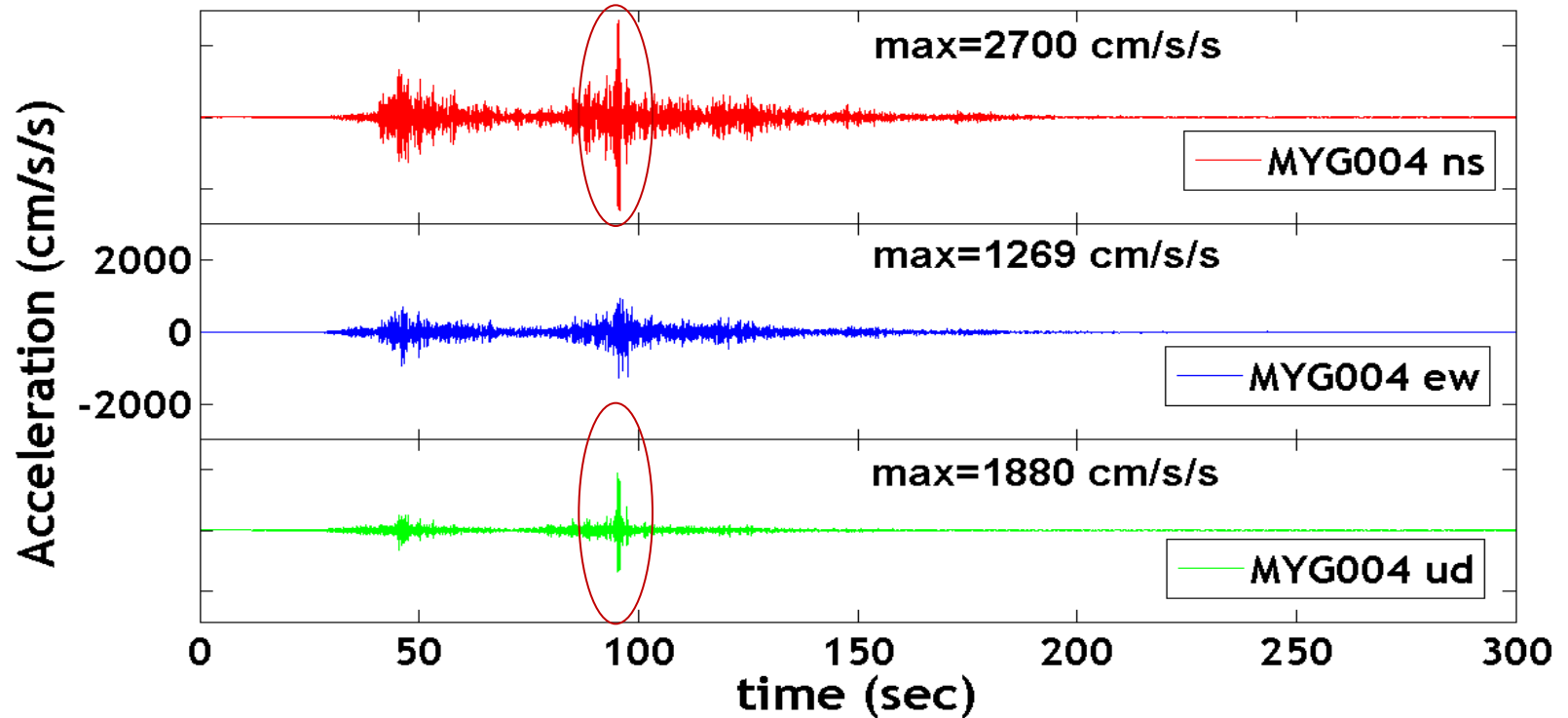
■ 観測小屋



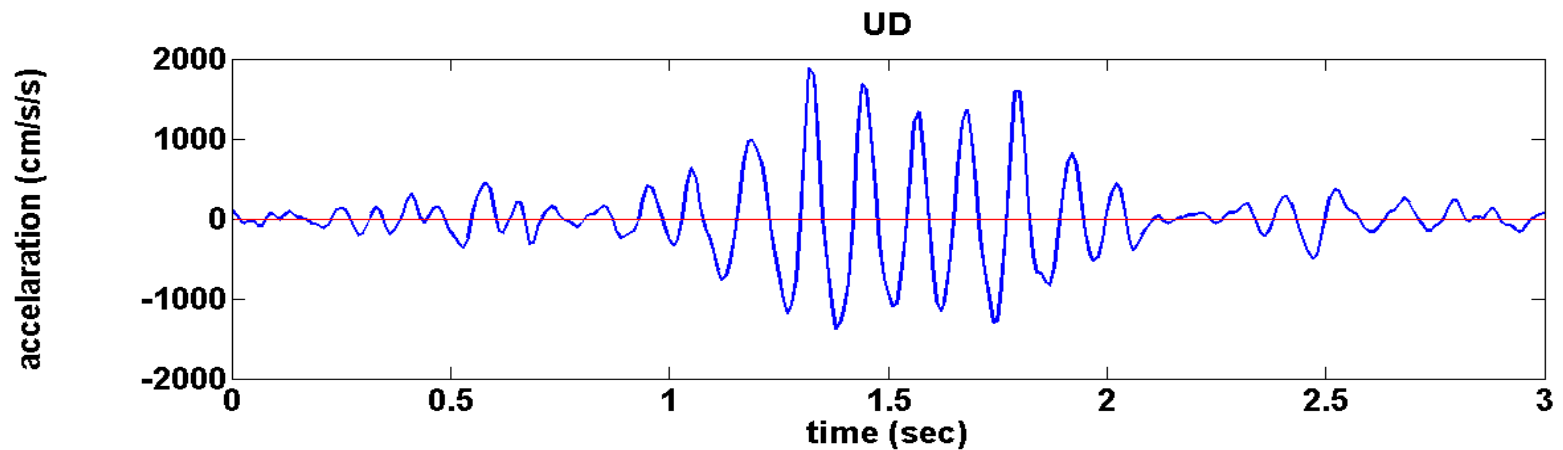
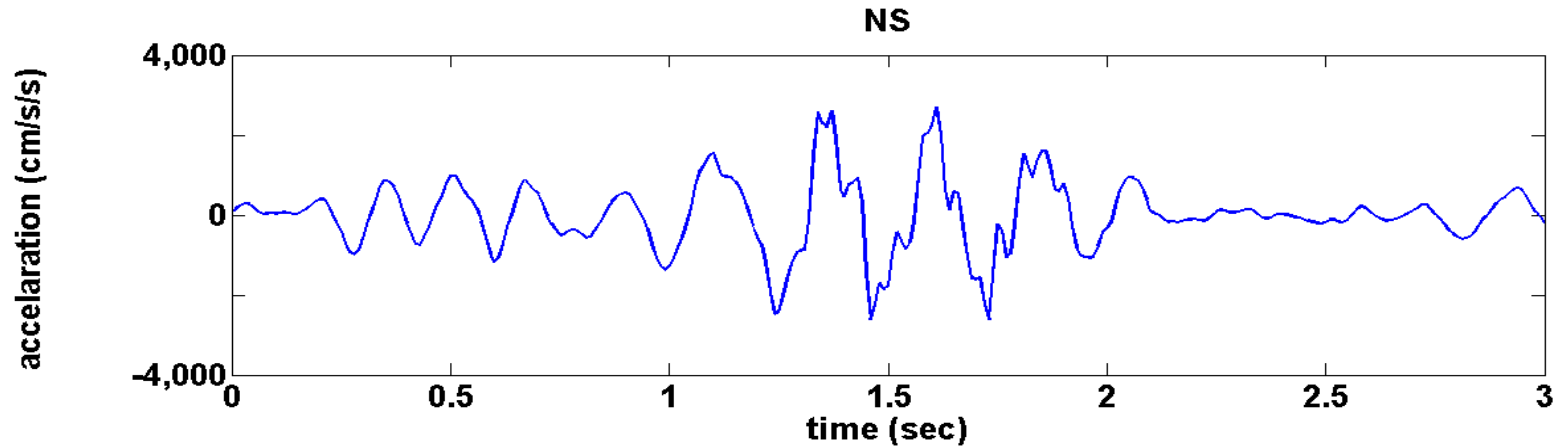
防災科研資料より

K-NET 築館における観測波形(I)

Tsukidate 2011.03.11 (M9.0)



最大値付近3秒間の観測波形の拡大

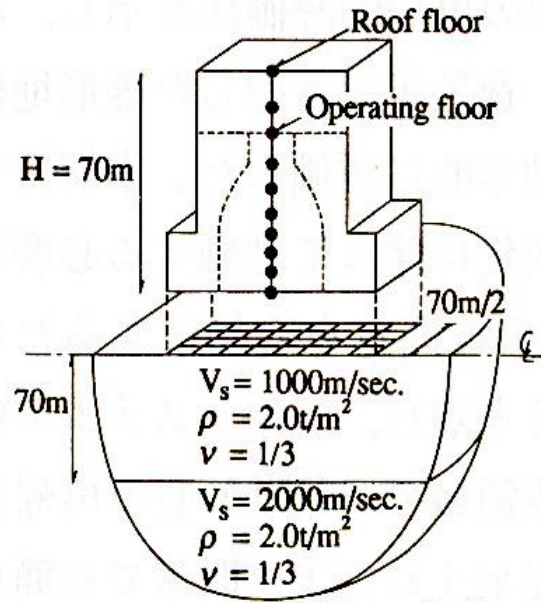
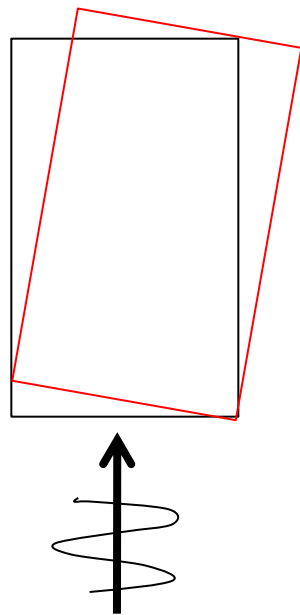




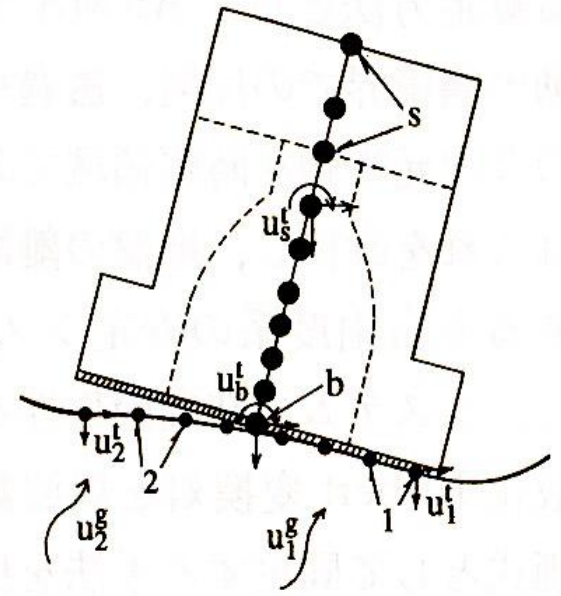
大加速度の要因

- 地震観測装置の浮き上がり＋衝突？の可能性
 - * 倍調波成分の励起
- 不整形地盤(崖地形)による増幅
 - * NS方向に揺れが大きくなる地形特性

浮き上がり振動について



(a) Analytical model



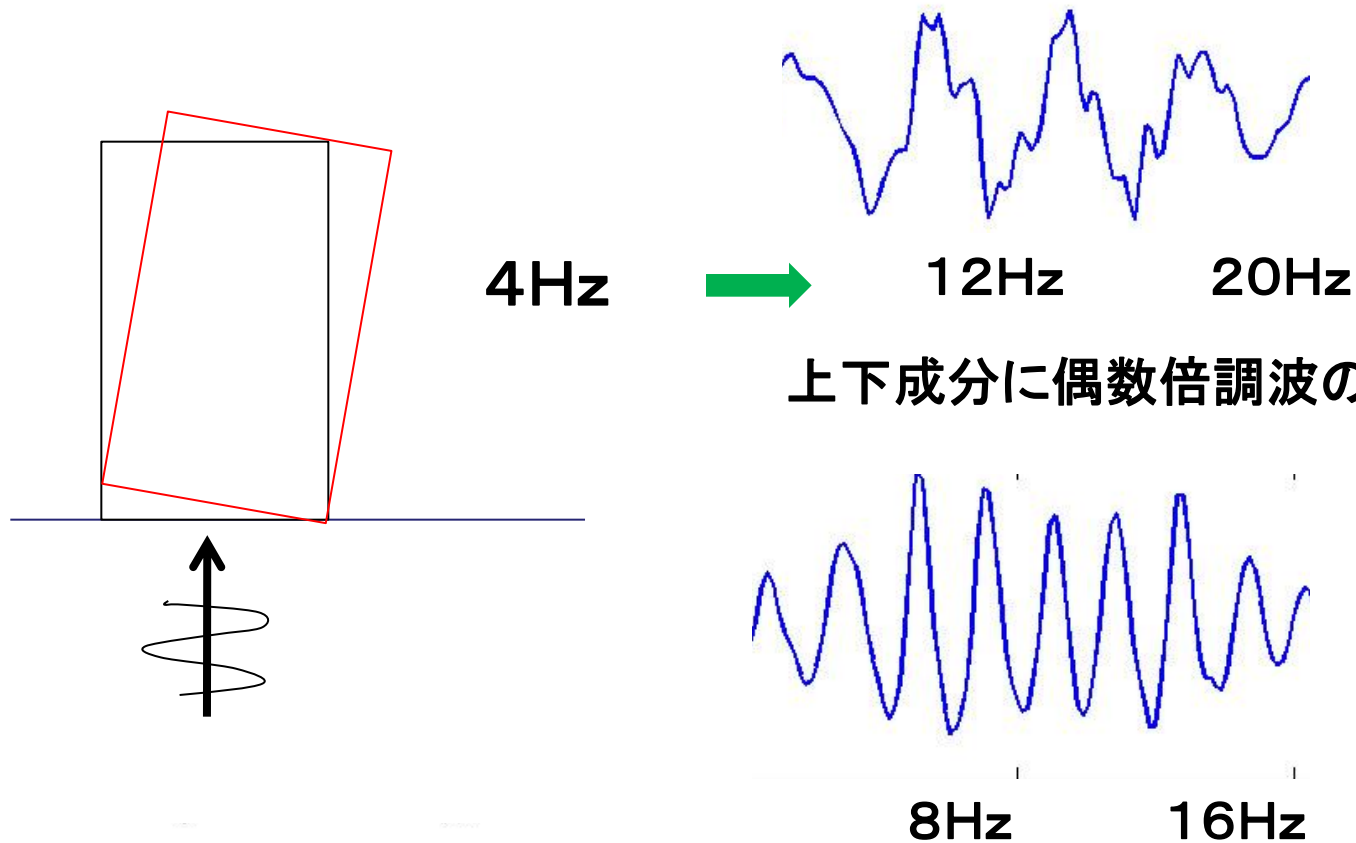
(b) Notations

原子炉建屋の浮き上がり振動問題

(源栄・永野1993)

浮き上がり振動の特徴

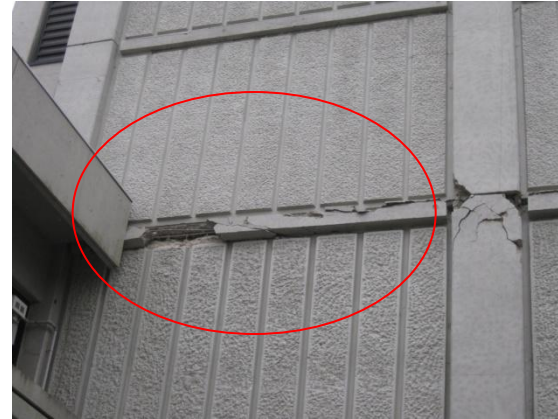
水平成分に奇数倍調波の励起



(源栄・永野1993)

青葉山丘陵地の被害～東北大学・人間環境系研究棟(SRC造9階建)の被害

東北大学工学部人間・環境系研究棟



1969 竣工
1978 地震被災
2000 耐震改修
2005 地震被災
2008 地震被災

ロッキング振動

青葉山キャンパスは1秒の成分が2倍強増幅される



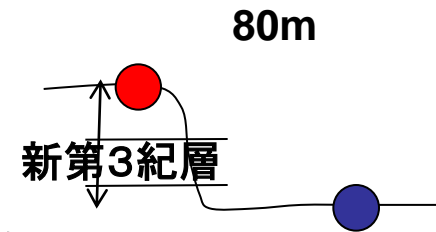
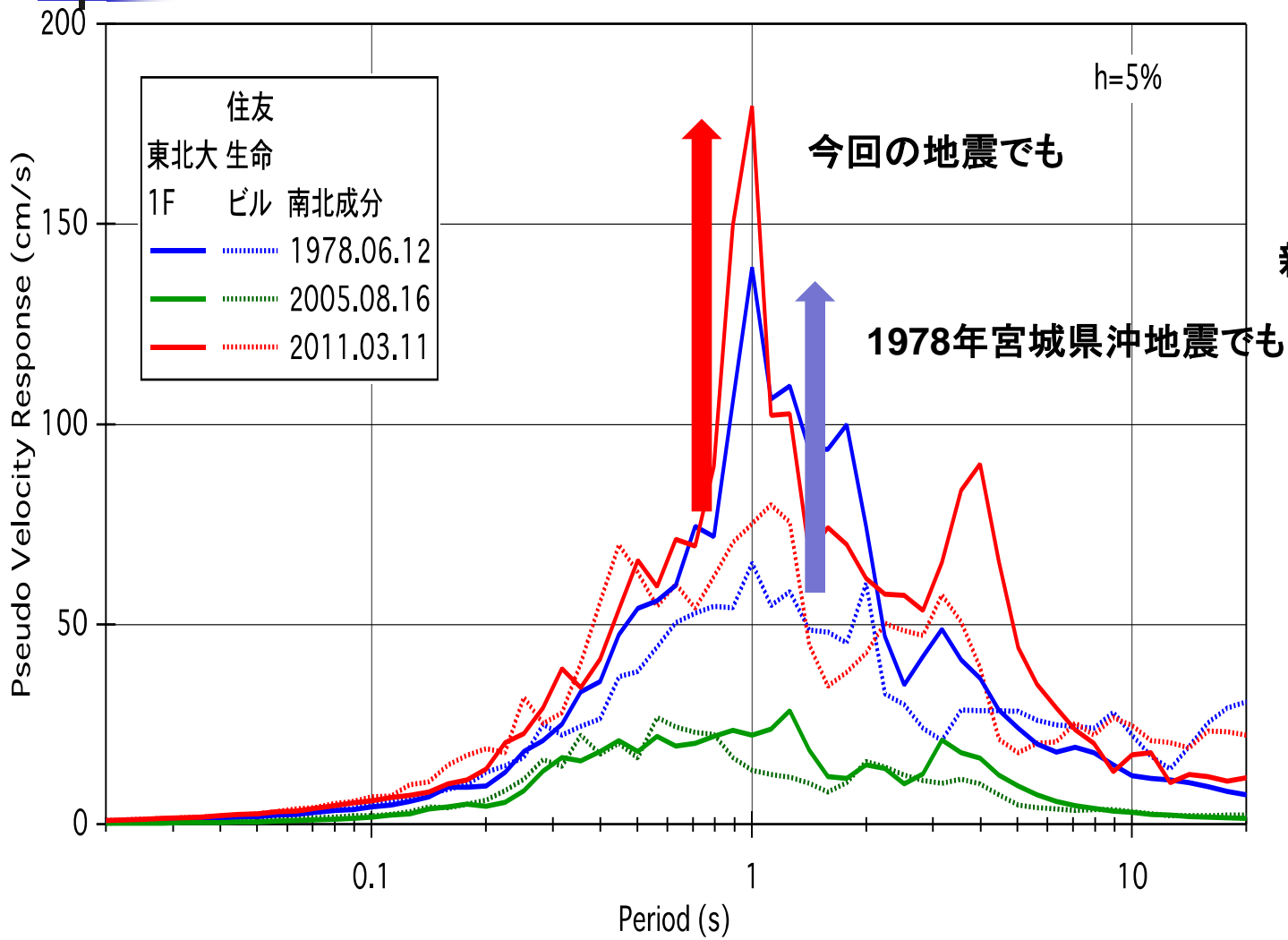
4本の隅柱の柱脚がすべて大破



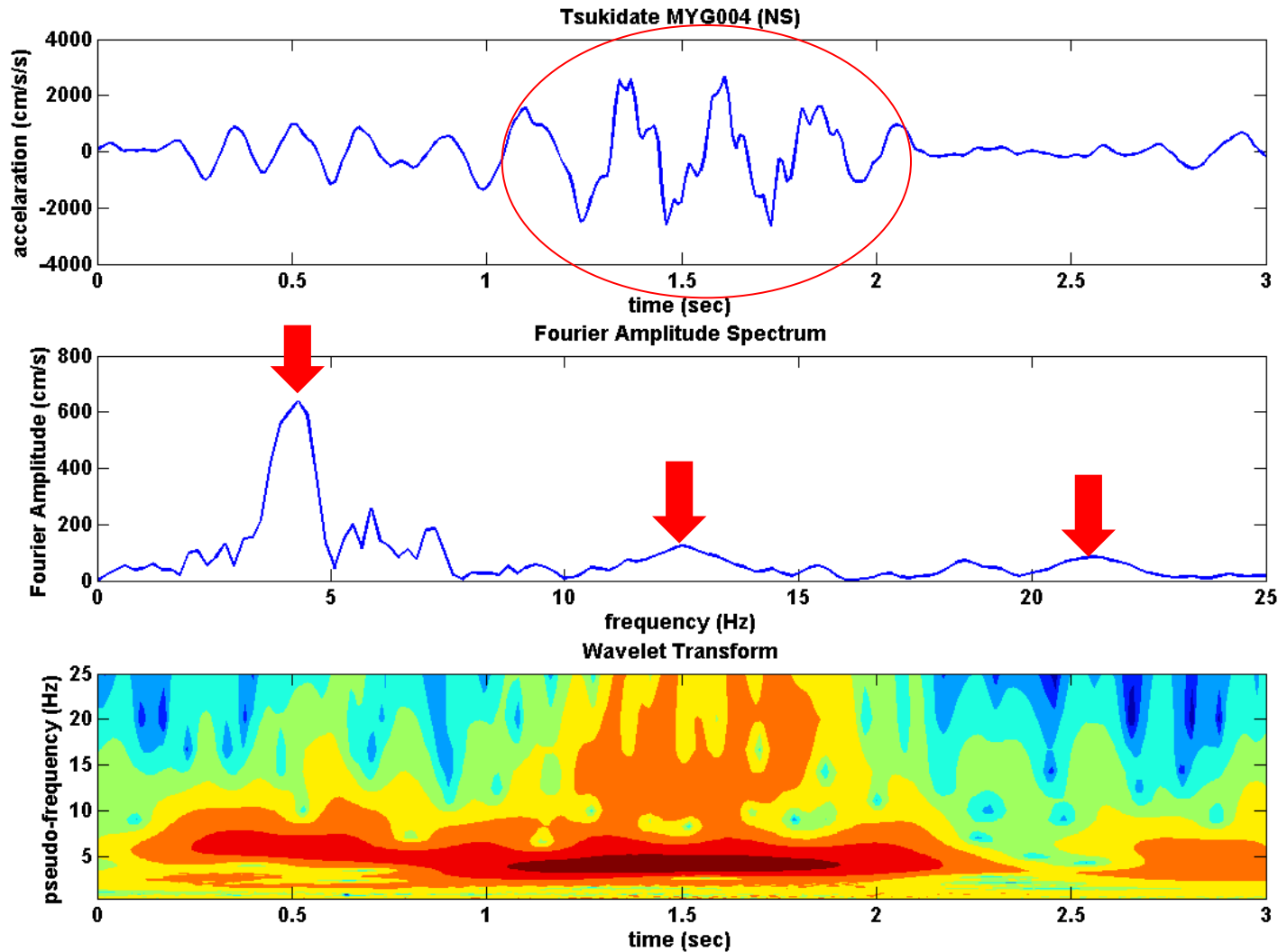
本震の強震観測記録:

南北方向.
1F: 333ガル
9F: 908ガル

大きな被害を受けた青葉山キャンパス(丘陵地) は1秒の成分が2倍以上増幅する！

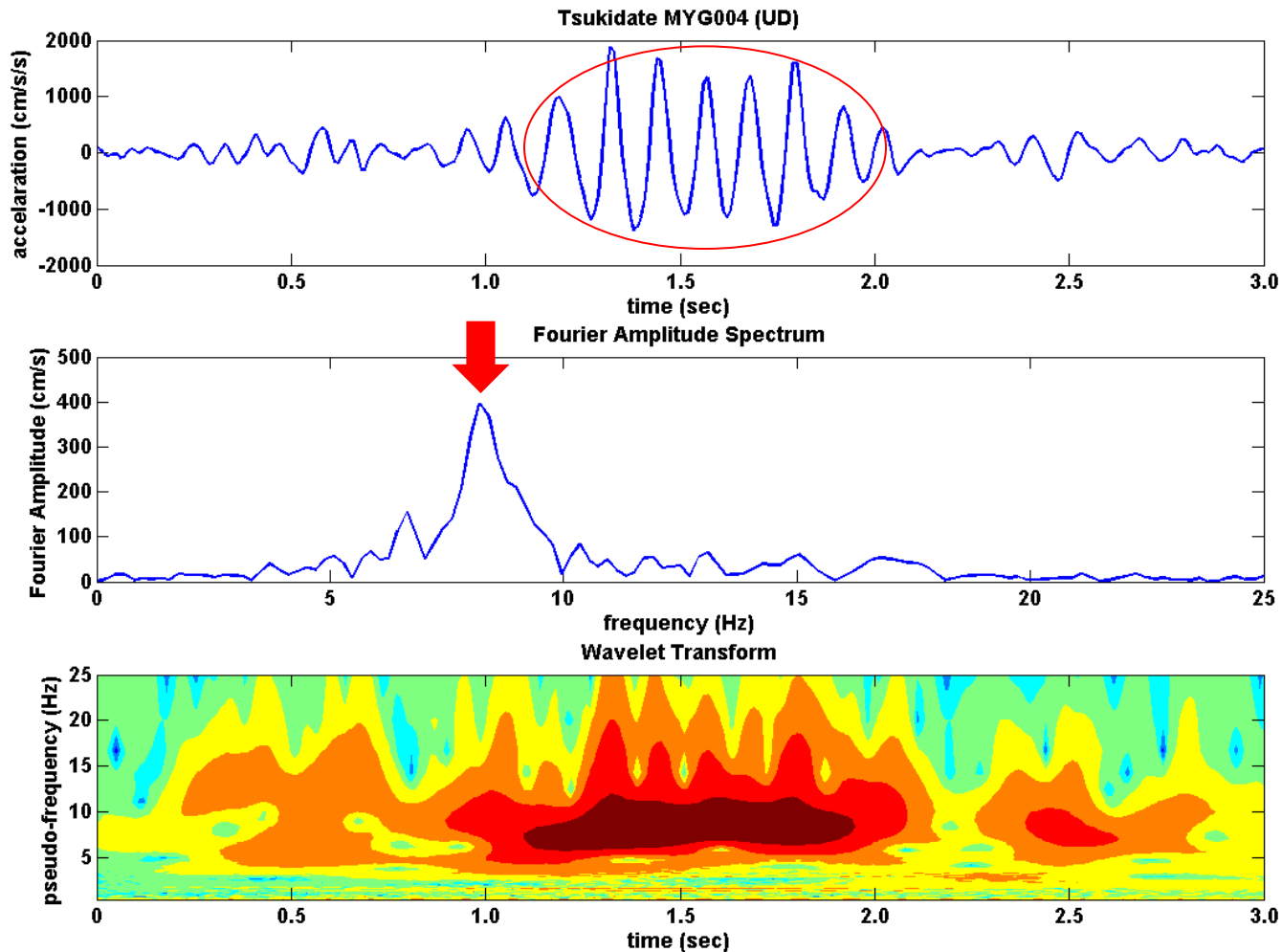


水平成分における奇数倍調波成分



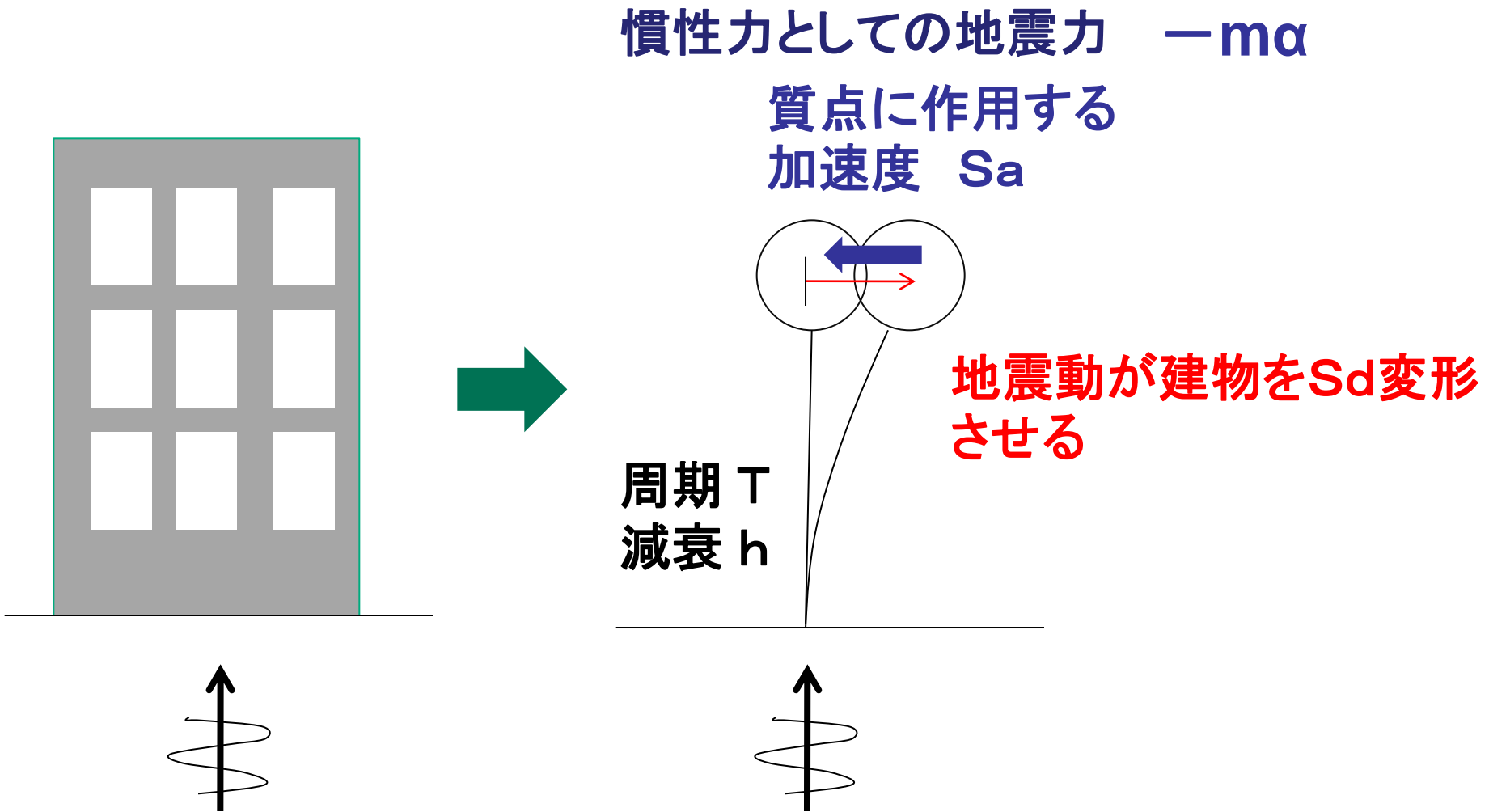
(Tamba & Motosaka, 2011)

上下成分における偶数倍調波の励起 (誘発上下動)



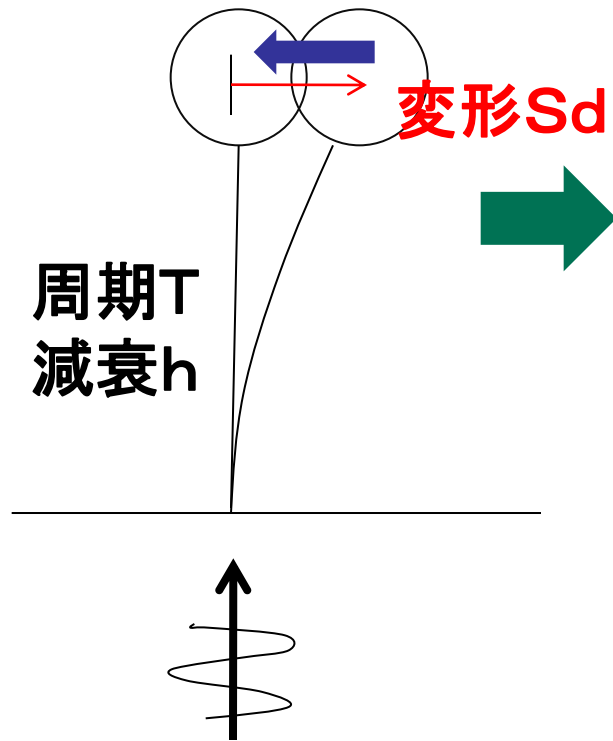
(Tamba & Motosaka, 2011)

建物にどれくらいの加速度と変形をもたらすか？



建物に作用する加速度と建物に生ずる変形：加速度—変位応答スペクトル

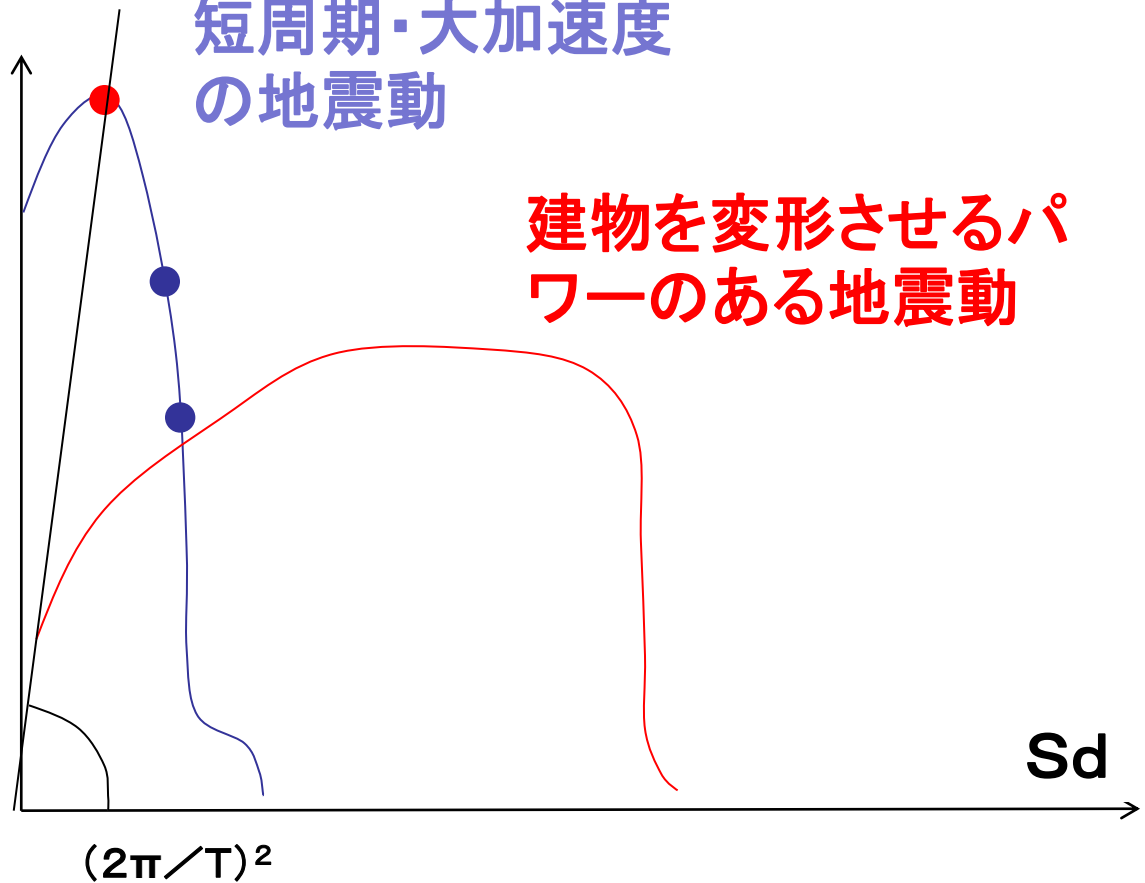
質点に作用する
加速度 S_a



S_a

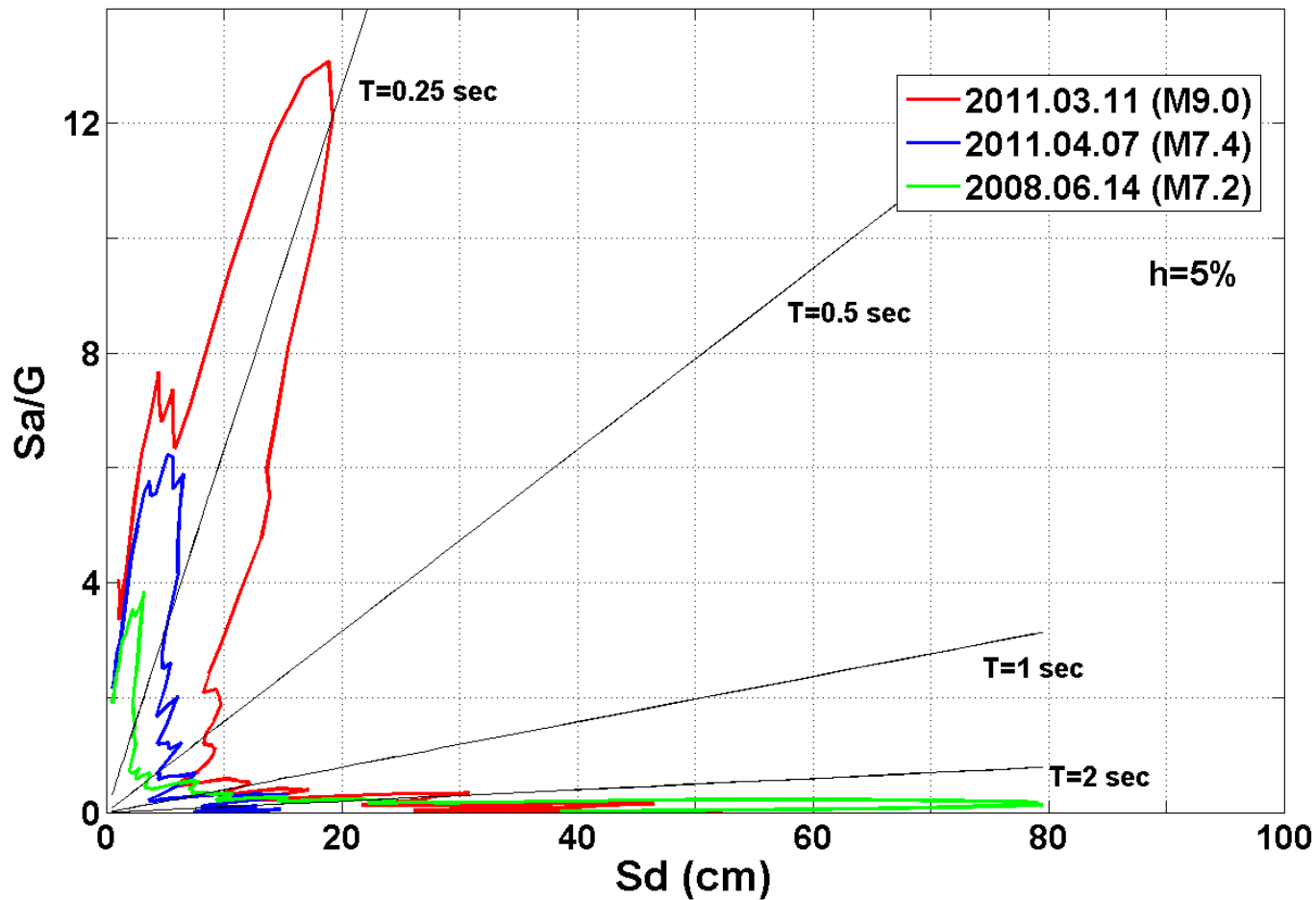
短周期・大加速度
の地震動

建物を変形させるパ
ワーのある地震動



K-NET 築館の $S_a - S_d$

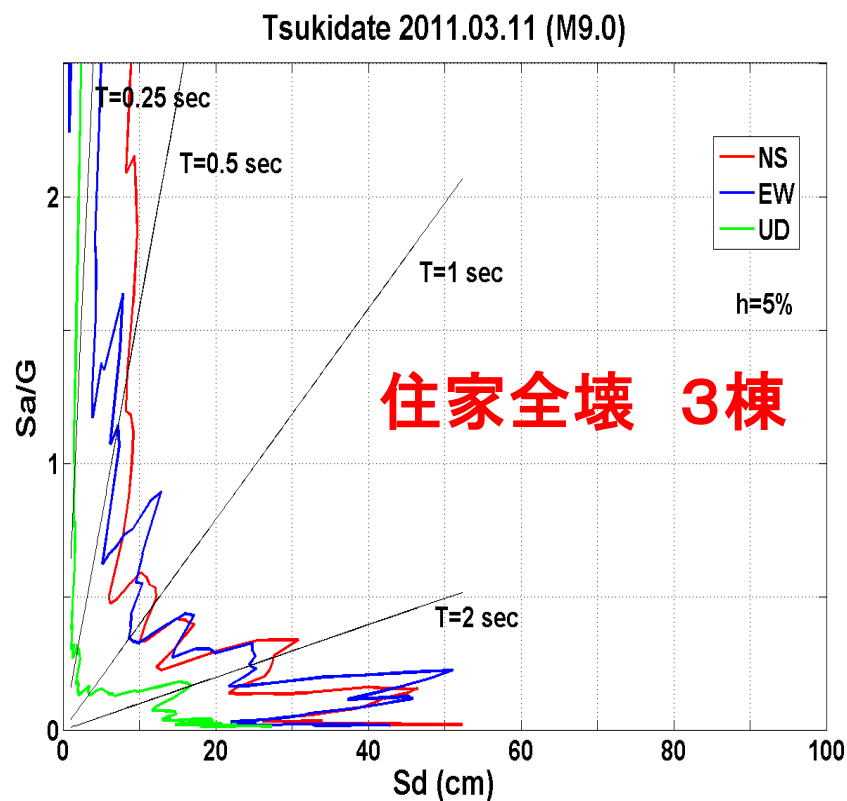
Tsukidate: MYG004 (NS)



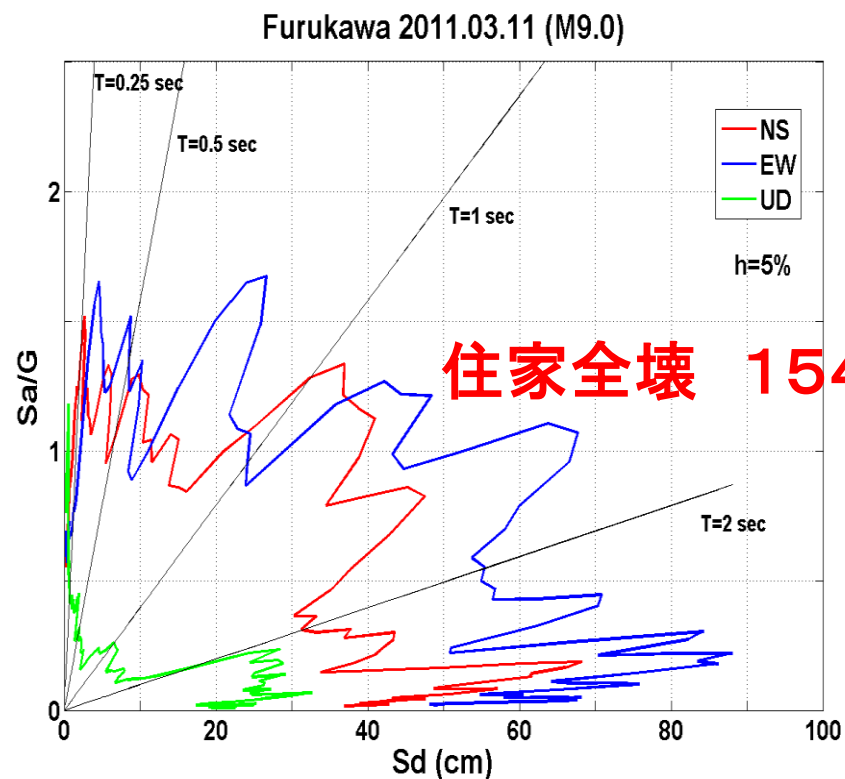
栗原市築館地区と大崎市古川地区の地震動の建物を变形能力

水平最大加速度 2700ガル

水平最大加速度 571ガル



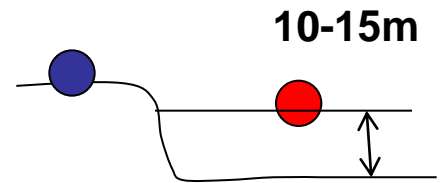
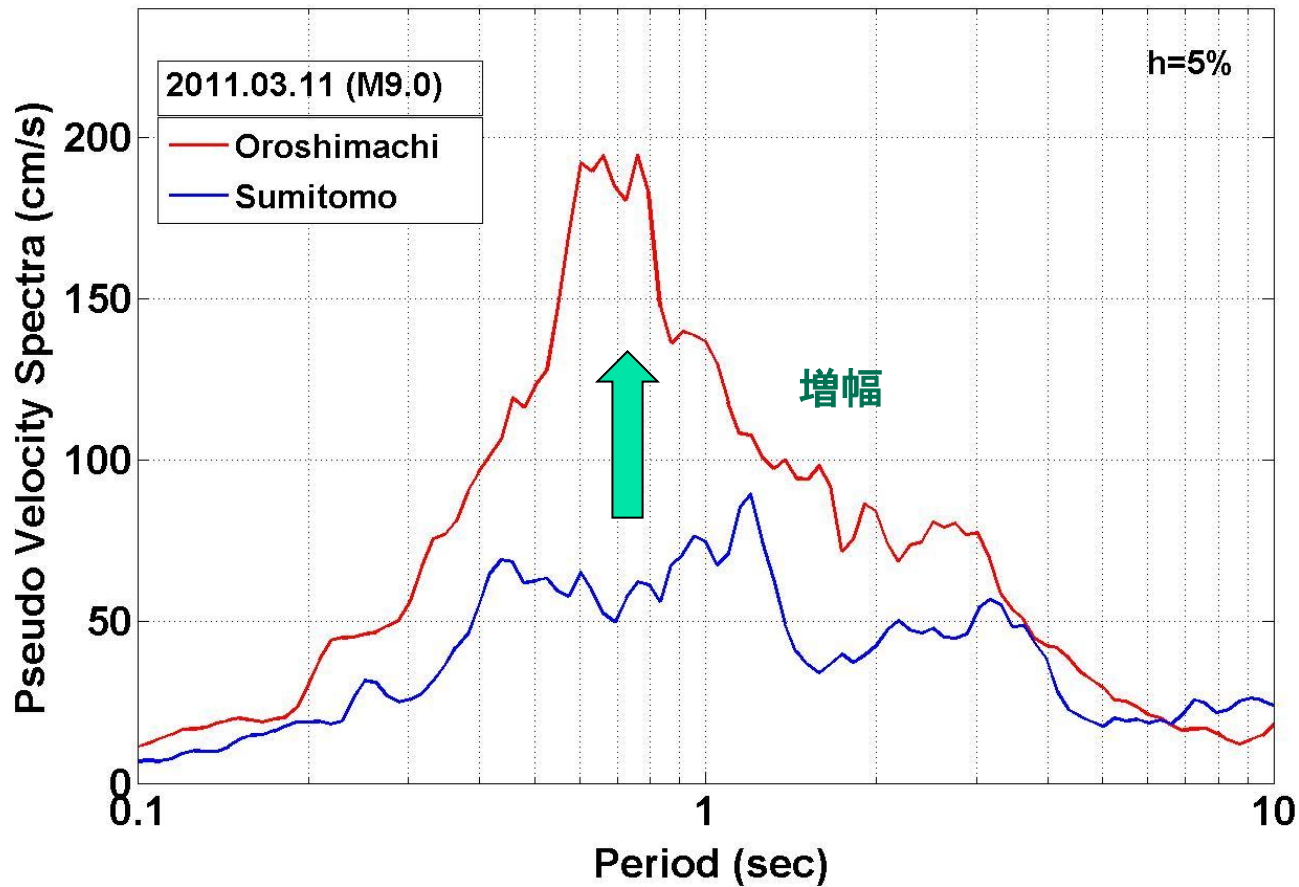
築館地区



大崎地区

サイト特性～沖積平野部： 仙台市若林区卸町

Oroshimachi (NS) and Sumitomo Building (N155E (NS comp))



卸町地区におけるRC造建物の被害

地動最大加速度=613 cm/s/s

竣工1969年



卸町2丁目のRC造2階建て建物の倒壊

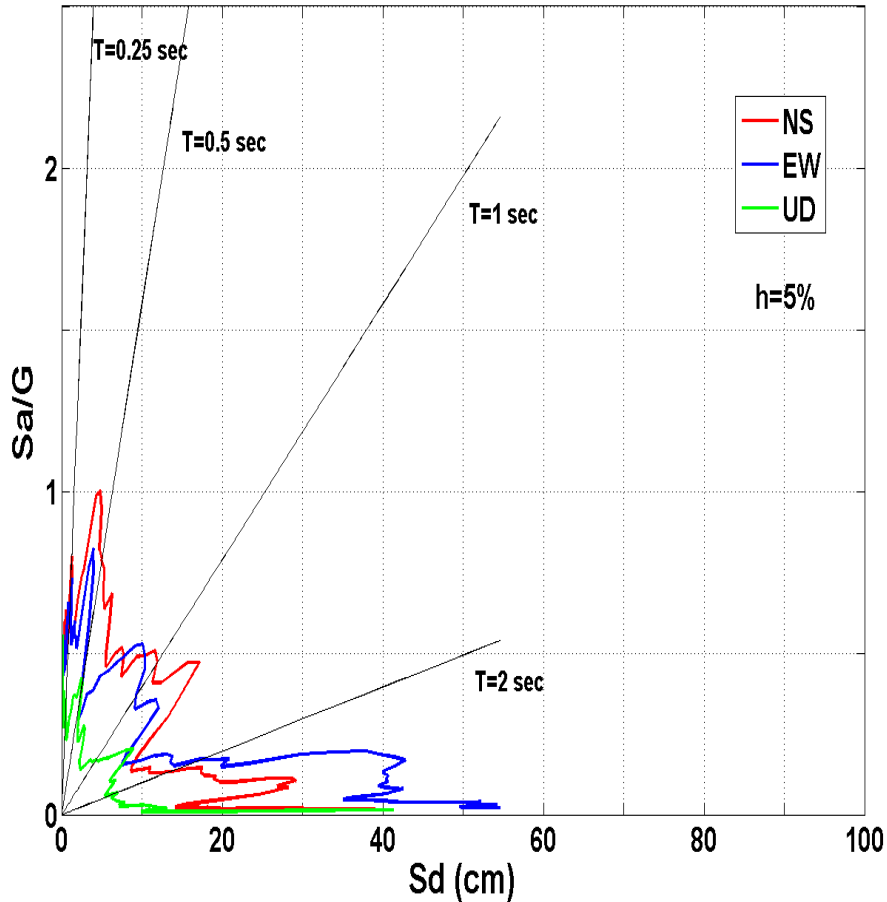
竣工1969年



卸町3丁目におけるRC造3階建て建物の倒壊

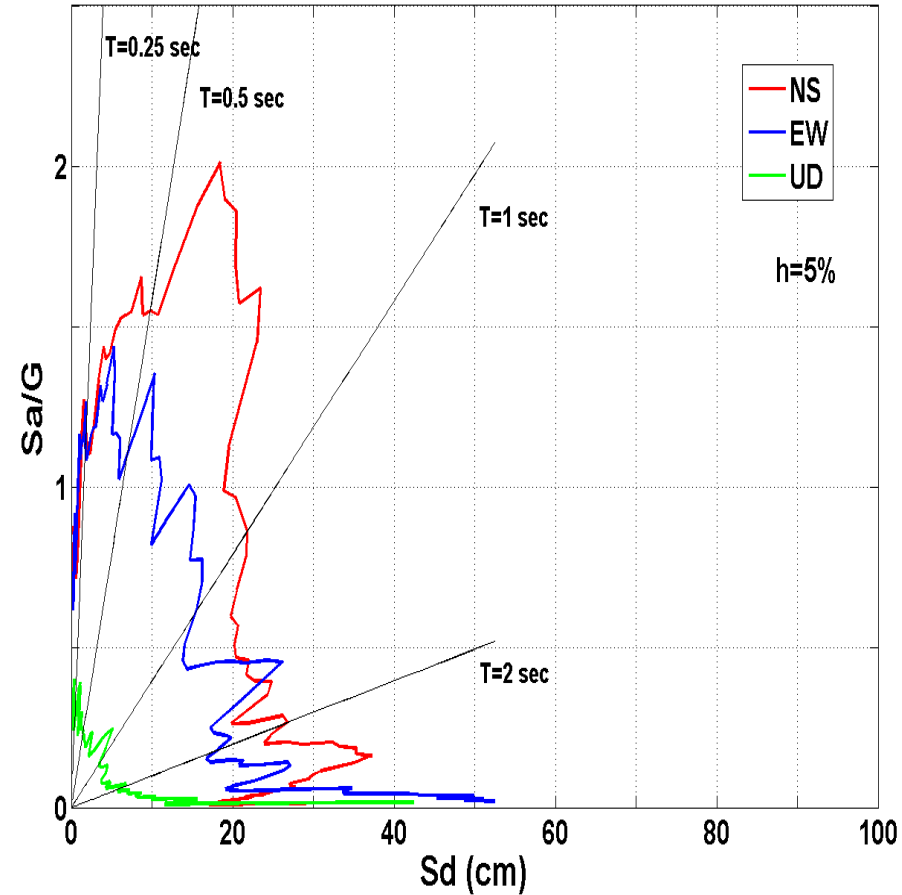
仙台駅前と若林区卸町

Sumitomo 2011.03.11 (M9.0)



仙台駅前

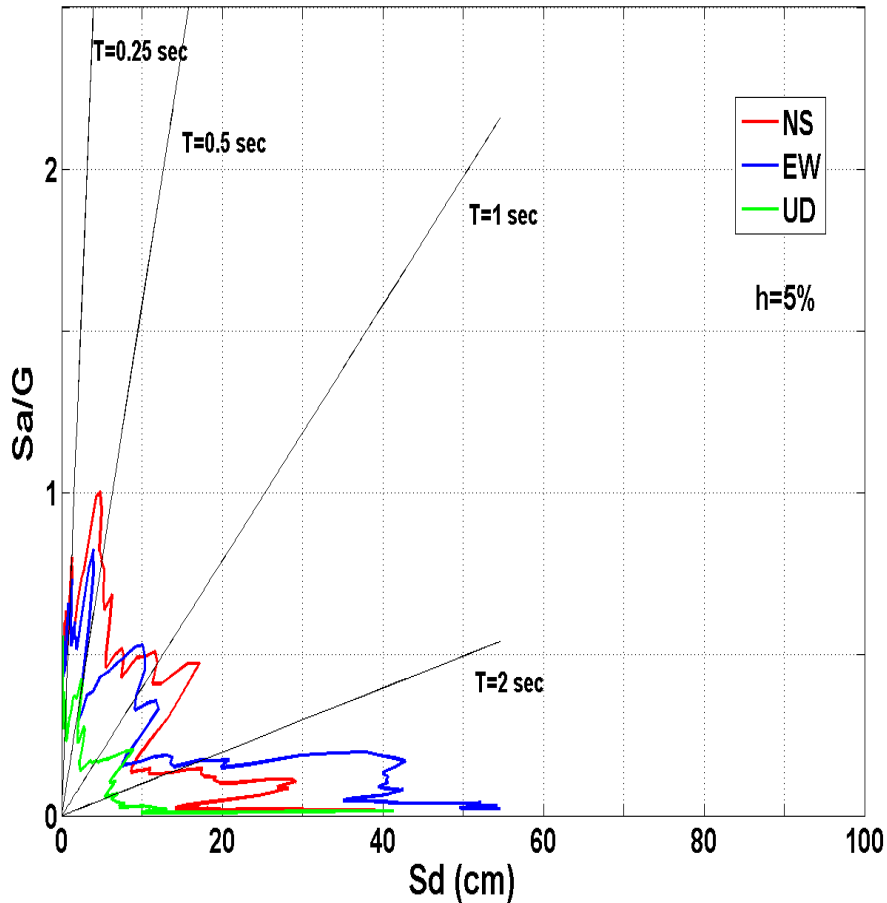
Oroshimachi: 2011.03.11 (M9.0)



卸町

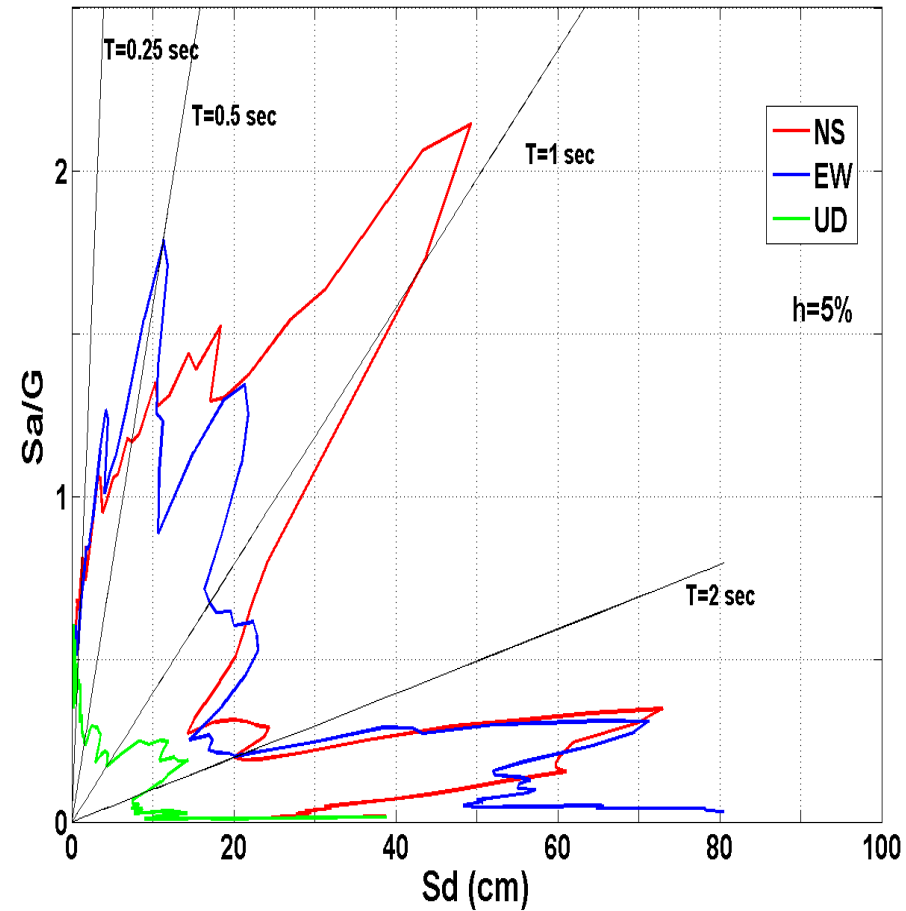
仙台駅前と長町駅付近

Sumitomo 2011.03.11 (M9.0)



仙台駅前

Nagamachi 2011.03.11 (M9.0)



長町駅付近



杭基礎建物の被害

- 地震動特性

- * 3分に及ぶ長い継続時間と2つの波群

- 地盤の液状化

- * 間隙水圧が上昇し液状化

- * 液状化した状態での杭基礎を第二波群が襲来



杭基礎被害の拡大

1978年宮城県沖地震等の過去の地震での
損傷建物は深刻

明暗分けた1978年宮城県沖地震の杭基礎建物

傾斜角 1/56

4/7余震で 1/45

傾斜角 1/100程度



傾斜

Sマンション(仙台市宮城野区)



郡山市営住宅(仙台市太白区)

1976年5月竣工

1978年宮城県沖地震における被害建物

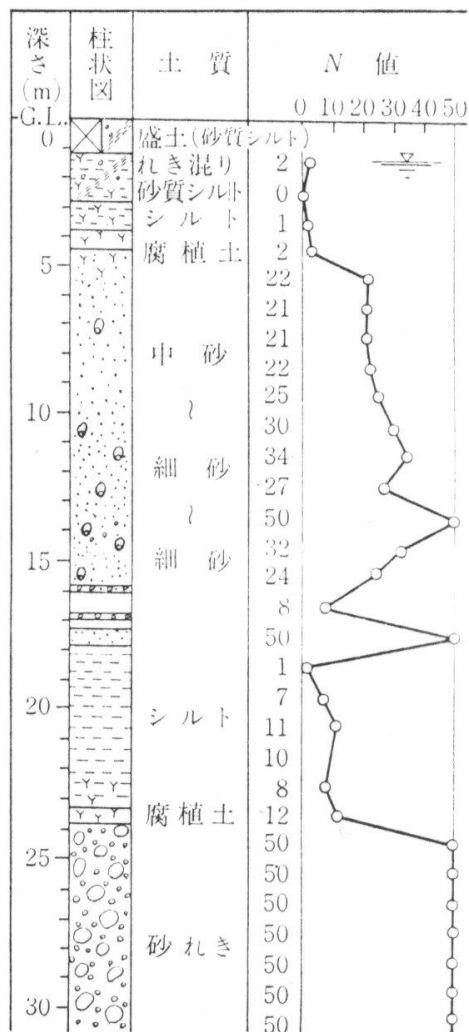
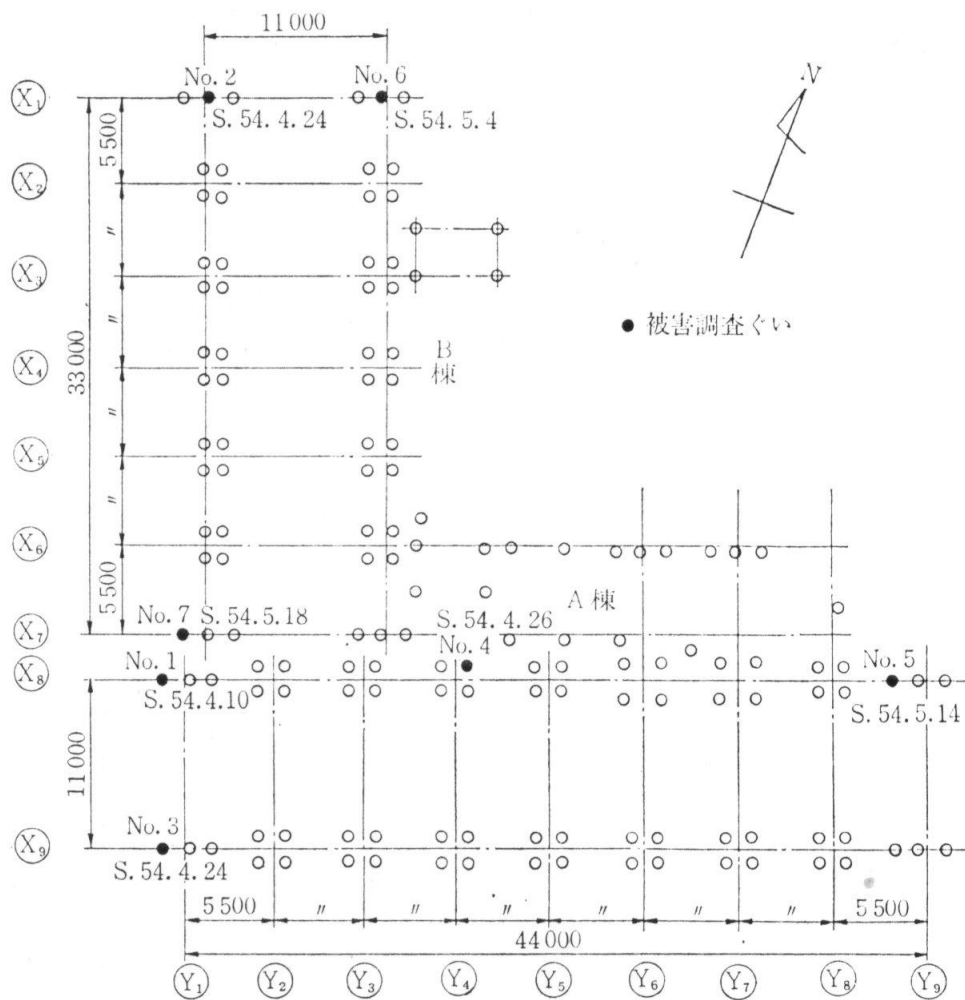
杭長:24m

1978年宮城県沖地震における杭の被害状況 (Sマンション)



Sマンション

7本の杭を調査、2本を補修、5本そのまま

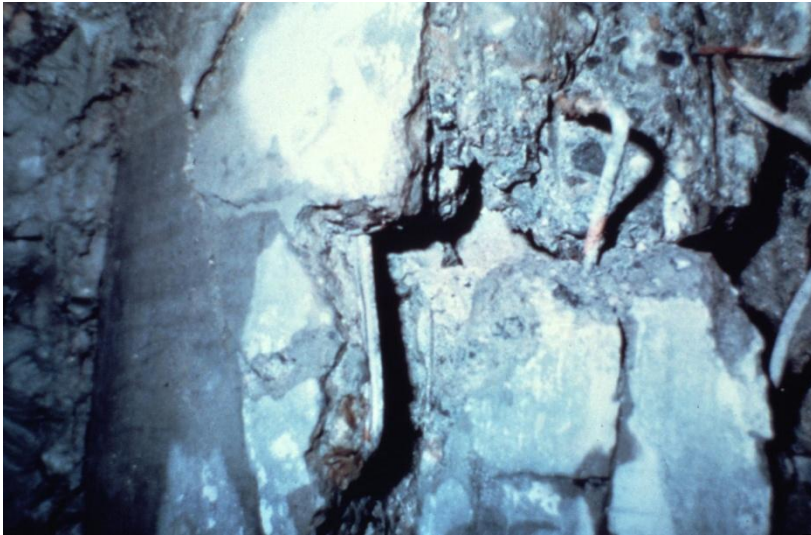


1978年宮城県沖地震により傾斜した郡山市営住宅(傾斜角1/100)



入居前の被災

1978年宮城県沖地震における杭の 被害状況と耐震補強（長町市営住宅）



杭の破損状況



**増設基礎梁と増設ピア
による耐震補強**

傾いた校舎～大崎市立古川東中学校



傾斜角: 1/30程度
杭長: 50m

新耐震設計法施行後のRC造杭基礎建物の傾斜(仙台市若林区卸町)



竣工: 1983年
杭長: 26m

まとめ

- 大加速度記録(水平2700ガル、上下1880ガル)の分析
 - * 浮き上がり振動の存在を確認
 - * 崖地形の影響
- ➡ 設置場所、設置方法の要検討
- 建物を変形させるパワーのない短周期・大加速度記録(ぶるるん、ぶるるん)
 - ➡ 震度では建物被害は論じられない
 - ➡ 適切な地震動指標
 - ➡ アンケートによる揺れの実態調査
- 長い継続時間地震動による杭基礎被害の実態
- 明暗分けた過去の杭基礎被害建物