



地盤と建物の動的相互作用効果を考慮した
杭基礎建物の被害予測について

名古屋大学
護 雅史

被害予測の対象
(中低層集合住宅・重要建物)

- **中低層集合住宅・学校**
 - 上部構造に対する典型的被害予測モデルを構築
 - 基礎のすべり、浮上り、杭周辺地盤の剥離を表現するモデル
 - 予測地震動を用いて、各地域で想定される被害を推定
 - 被災建物の余震に対する被害、補強・補修後の被害を予測するモデル
- **軟弱地盤に立地する大規模重要建物**
 - 常時微動計測、地震観測に基づく被害予測モデルの構築
(上部建物、杭基礎構造(群杭))
 - **推定地震動を用いて液状化を考慮した建物—杭—地盤連成系の非線形地震応答解析による被害推定**
 - 耐震補強の有無による被害の比較
 - 被災建物の余震に対する被害、補強・補修後の被害を予測するモデル

背 景

- ✓ 1995年兵庫県南部地震において顕在した杭基礎被害
- ✓ 2013年東北地方太平洋沖地震における液状化被害
- ✓ 大加速度の地震に対する被害予測(特に軟弱地盤)
- ✓ 基礎構造の耐震性能の在り方

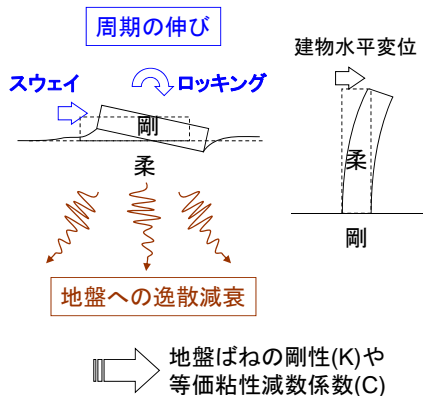
**地盤—杭(基礎)—建物を1つのシステム
として評価する必要性**

本日の話題

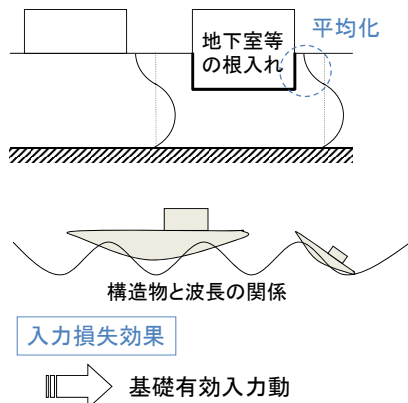
- ✓ **地盤と建物の動的相互作用効果**
- ✓ **SSIを考慮した地震応答解析モデル**
- ✓ **被災建物のシミュレーション解析の現状**

地盤と建物の動的相互作用効果

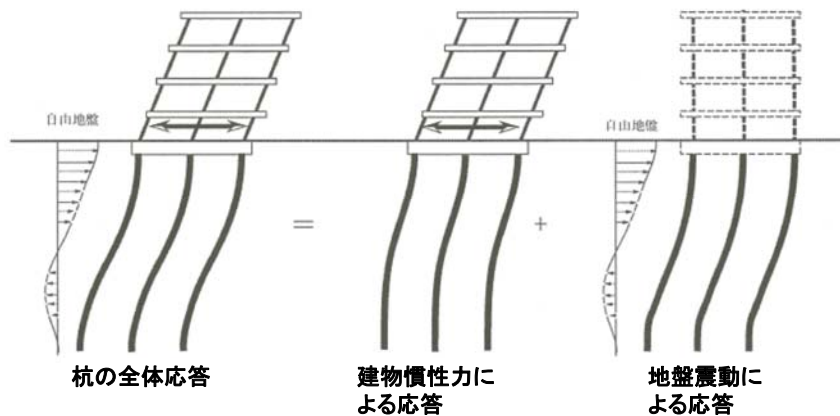
慣性の相互作用効果



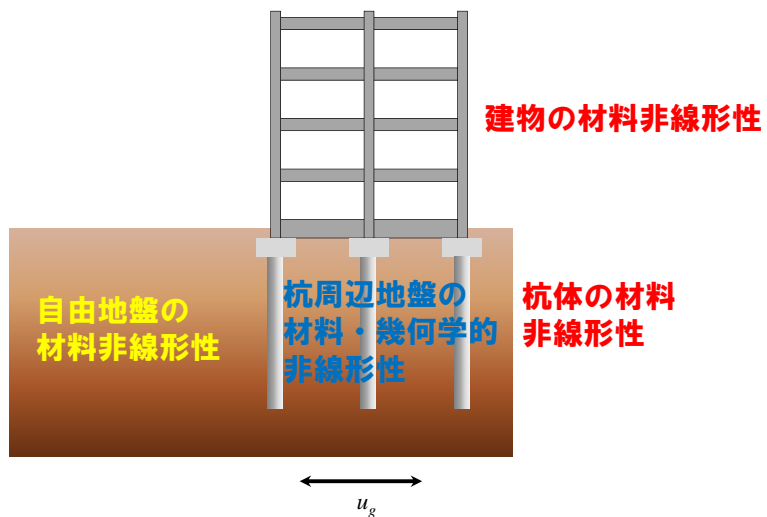
入力相互作用効果



地震時に杭に作用する外力と応答



構造物の地震時応答に対する動的相互作用の影響因子



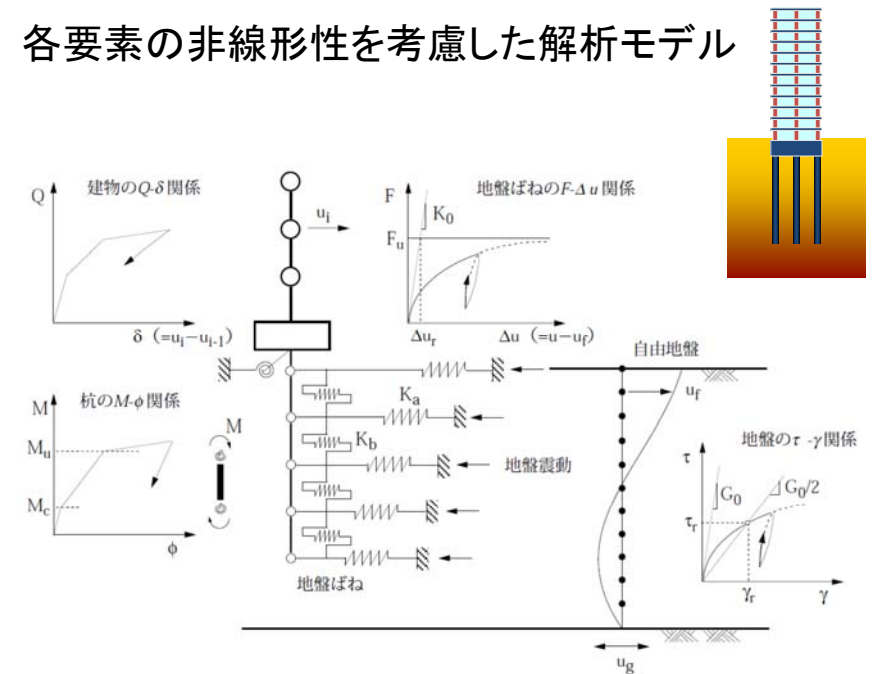
SSIを考慮した地震応答解析モデル

杭基礎建物の応答評価方法

	分離型モデル		一体型モデル	
	SRモデル+応答変位法	杭集約モデル	杭全体モデル	
モデル				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 建物と杭の応答を別々に計算する分離型モデル。 杭応力は応答変位法を用いて求めることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 杭基礎-建物一体型による動的解析モデル。 杭は一本杭としてモデル化するが、杭周地盤ばねに群杭効果を考慮できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 杭基礎を多本杭にモデル化した一体型モデル。 群杭-地盤系を2次元FEMを用いてもモデル化できる。 	

被災建物のシミュレーション解析の現状

各要素の非線形性を考慮した解析モデル



これまでの被災シミュレーション事例

1995年兵庫県南部地震

○液状化地盤上の杭基礎建物

(ポートアイランド、上部被害、杭被害)

○非液状化地盤上の直接基礎建物(浮上り、被害小)

○非液状化地盤上の杭基礎中層RC造集合住宅(東灘区、杭被害)

2003年十勝沖地震

○杭基礎RC造校舎(杭被害、変動軸力)

2004年新潟県中越地震

○杭基礎RC造校舎

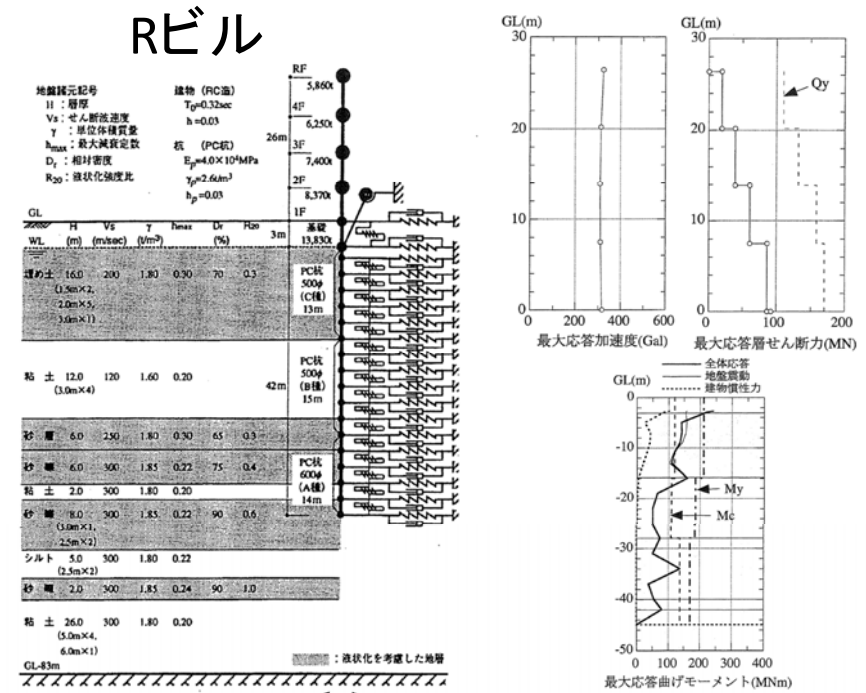
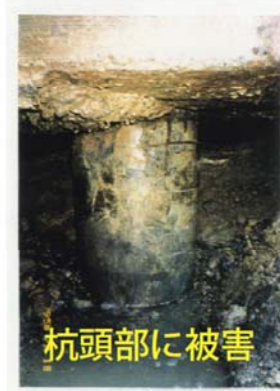
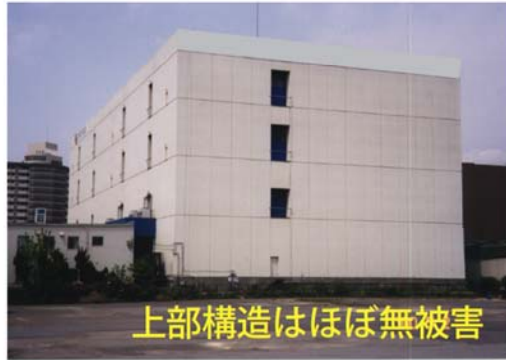
(小千谷、杭・建物被害小、2方向同時入力、根入れ、杭頭固定度)

2007年新潟県中越沖地震

×杭基礎RC造庁舎(柏崎、建物被害小)

杭基礎建物の被災シミュレーション

4層RC造杭基礎建物 (Rビル)

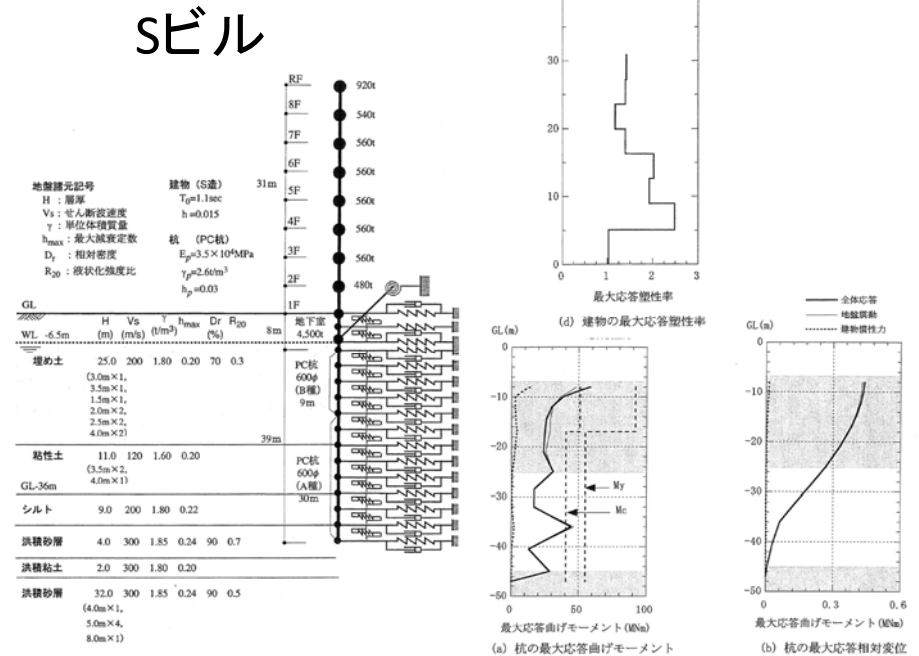


杭基礎建物の被災シミュレーション

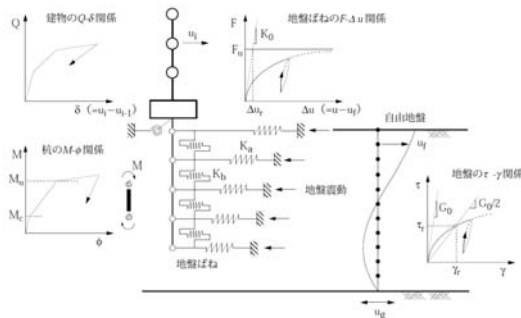
8層S造杭基礎建物 (Sビル)



杭は未調査 (傾斜の報告はない)

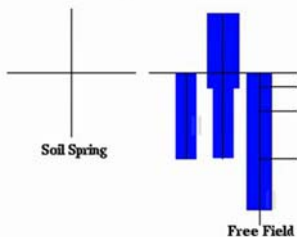
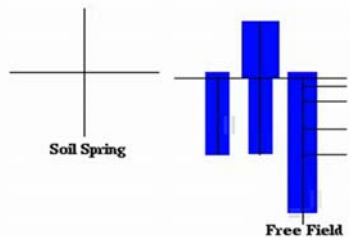


両建物のシミュレーション



Nonlinear Response Analysis (R - Building)

Nonlinear Response Analysis (S - Building)



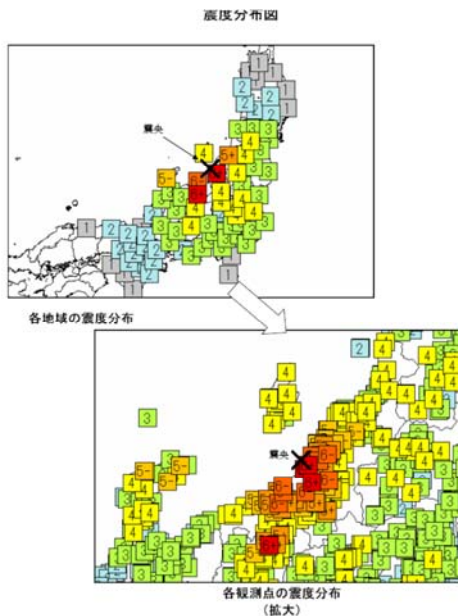
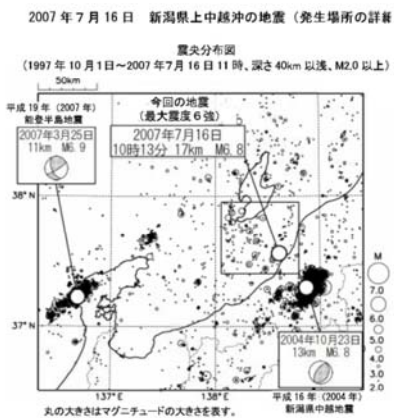
Rビル

Sビル

2007年新潟県中越沖地震における杭基礎RC造庁舎の被災シミュレーション

2007年新潟県中越沖地震

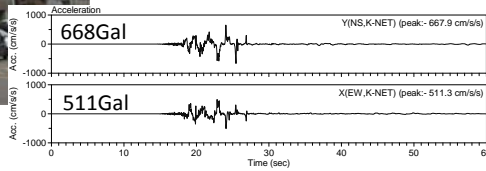
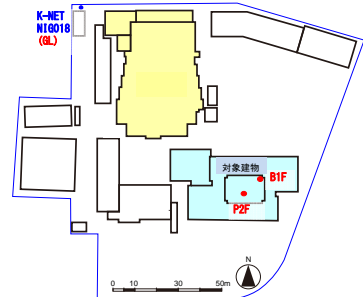
- 発生日時 平成19年7月16日(月)10時13分頃
- 震源 新潟県上中越沖(北緯37.5°、東経138.6°)
- 震源の深さ 約17km
- 規模 マグニチュード6.8(暫定値)
- 各地の主な震度
 - 震度6強 新潟県長岡市小国町法坂・柏崎市西山町池浦・刈羽村割町新田・長野県飯綱町芋川
 - 震度6弱 上越市柿崎区柿崎・上越市吉川区原・上越市三和区井ノ口・長岡市中之島・小千谷市土川・出雲崎町米田
- 津波注意報 10時14分発表 発令11時20分解除



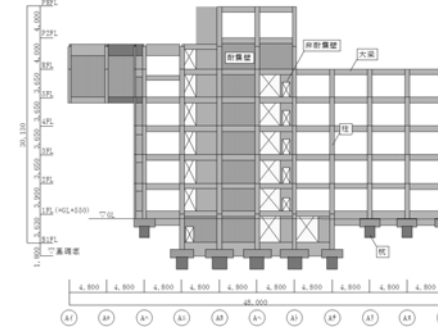
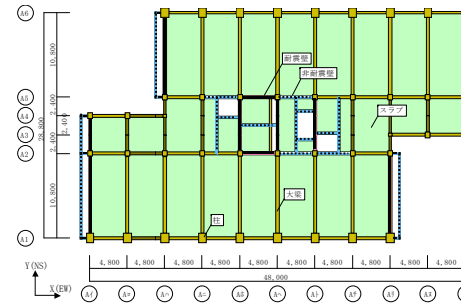
K-NET NIG018 (柏崎、6.3)



柏崎市役所のシミュレーション解析

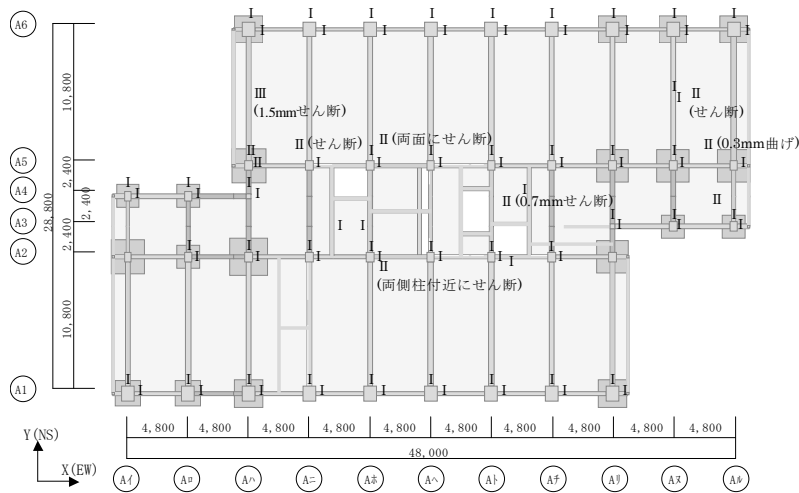


K-NETの観測記録

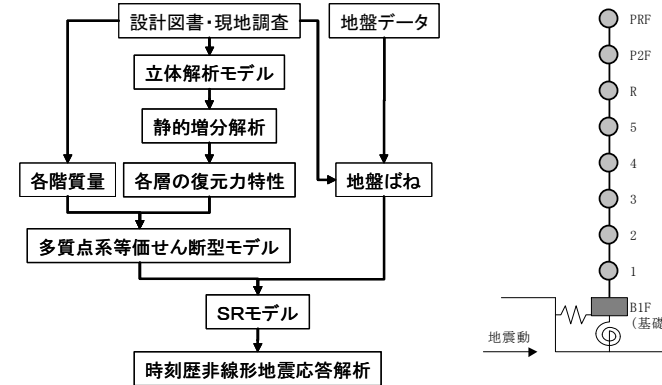


- 構造形式:** 鉄筋コンクリート(RC)造
- 階数:** 地上5階・塔屋2階、地下1階(部分地下)
- 竣工年:** 1968年(昭和43年)
- 架構形式:** 両方向ともに耐震壁を有するラーメン架構(X方向は壁量が少なく、Y方向は壁量の多い)
- 基礎形式:** φ500またはφ450のPC杭で支持
- 周期(上部):** X方向:2.9Hz,Y方向:2.5Hz

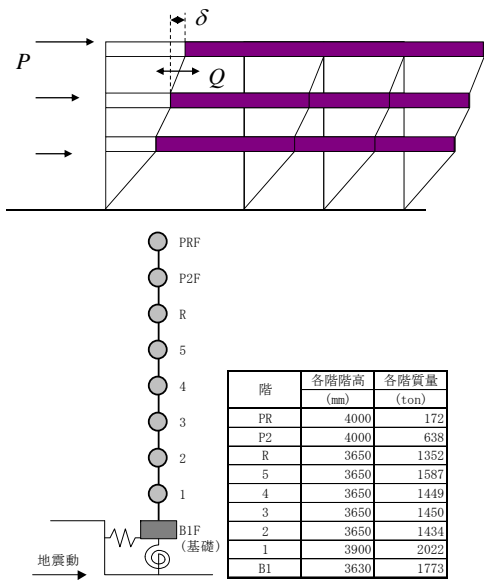
被害調査結果(1F)



被害調査結果 ⇒ 小破程度

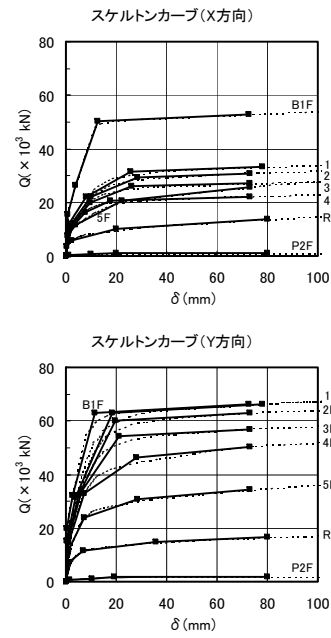


建物応答解析の流れ



階	各階階高 (mm)	各階質量 (ton)
PR	4000	172
P2	4000	638
R	3650	1352
5	3650	1587
4	3650	1449
3	3650	1450
2	3650	1434
1	3900	2022
B1	3630	1773

解析モデル及び建物モデルの解析諸元



建物に実際に入力した地震動の推定

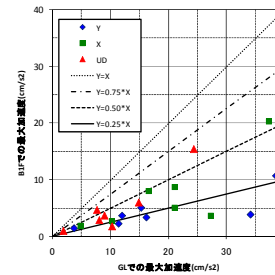
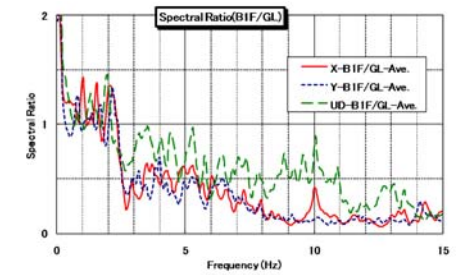
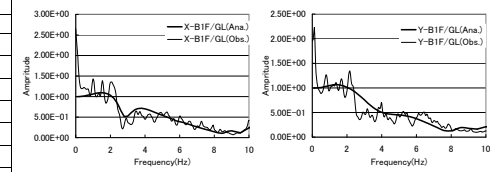


表4 GLに対するBIFの最大加速度比と最大速度比

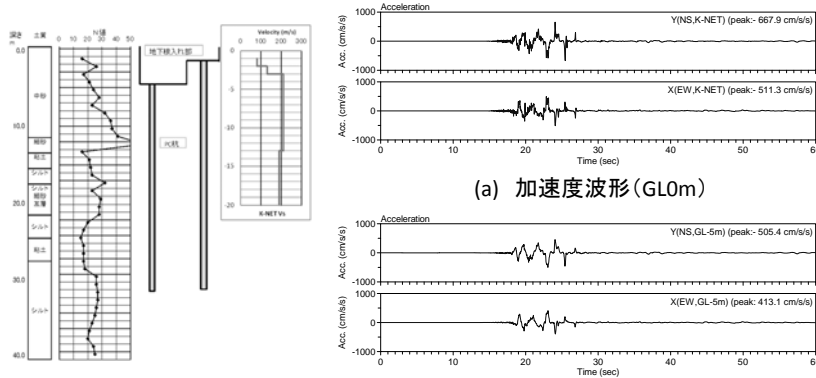
観測日時 (2007年)	BIF/GL					
	最大加速度			最大速度		
	X	Y	UD	X	Y	UD
7/20 01:52	0.26	0.20	0.17	0.77	0.64	0.54
7/20 14:19	0.40	0.41	0.53	0.69	0.74	1.00
7/24 15:51	0.14	0.33	0.41	0.40	0.51	0.58
7/25 06:52	0.54	0.28	0.63	0.62	0.63	0.80
8/3 11:01	0.48	0.31	0.61	0.94	0.76	0.81
8/4 00:16	0.24	0.11	0.40	0.43	0.29	0.43
8/8 23:02	0.41	0.21	0.36	0.56	0.32	0.47
平均	0.35	0.26	0.44	0.63	0.55	0.66



(a) 平均フーリエスペクトル比



(b) 解析結果との比較

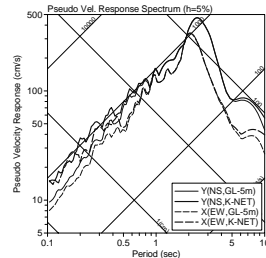


(a) 加速度波形 (GL0m)

(b) 加速度波形 (GL-5m; 入力地震動)

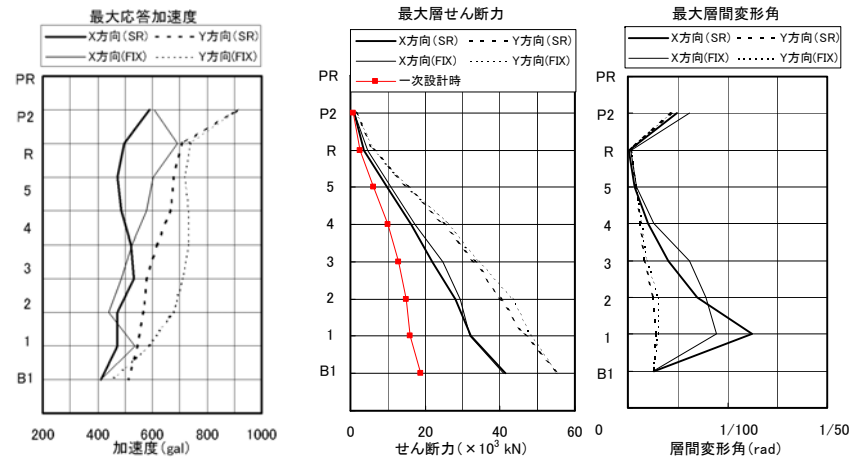
ボーリングデータ、PS検層

深さ GL-(m)	平均等価 Vs (m/s)	平均等価減衰
0-1	80	0.09
1-3	80	0.09
3-5	160	0.07
5-11	70	0.16
11-13	150	0.11
13-35	120	0.1
35-40	200	0.07
40-	300	0.03



(c) 擬似速度応答スペクトル

解析結果と設計値との比較



杭基礎建物の被害予測手法の現状と課題(まとめに代えて)

予測手法の現状

- 定性的傾向はある程度説明できる。
- 十分に説明できる状況には至っていない。
- 杭の実性能(設計値と実際の性能の差、接合部等)
- その他

大地震に対する被害予測にむけて

- 地盤の材料特性(特に、大ひずみ領域)

構造物の地震時応答に影響を与える各種パラメータは正しくモデル化できているか

