

地震時における基礎の相互作用地盤ばねを用いた基礎形式別の応答評価

固有周期 相互作用 杭の水平抵抗  
建物応答 動的問題

正会員 小林 恒一<sup>\*1</sup> 同 細野 久幸<sup>\*4</sup>  
同 大場新太郎<sup>\*2</sup> 同 平松 昌子<sup>\*5</sup>  
同 本田 周二<sup>\*3</sup>

1. はじめに

兵庫県南部地震では基礎形式の違いによる被害の差異が多く見られた<sup>1)</sup>。建築基準法の改正では限界耐力計算法が制定され、計算例<sup>2)</sup>では建物と地盤の相互作用地盤ばねを考慮した地震力の評価法が示されている。建築基礎指針では基礎に作用する荷重を地盤と基礎の動的相互作用を適切に評価することで求めるとしている。筆者らは基礎形式の違いによる建物応答の差異を示すために、スウェイ・ロッキングモデル(以下SRモデル)を用いて、支持杭における地盤ばねの妥当性について検討<sup>3)</sup>すると共に、様々な基礎形式での地盤ばねの推定を報告<sup>4)</sup>した。本報では低層建物を例に、基礎形式の違いによる相互作用地盤ばねの評価と、SRモデルによる地震時における建物応答の差異について考察する。

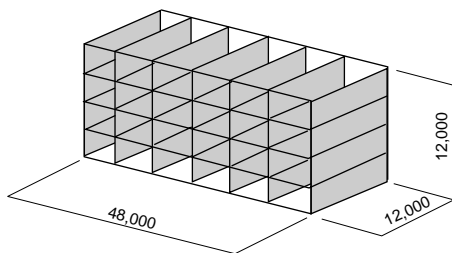


図1 解析モデル(4階建RC造)

表1 杭基礎形式別杭本数

	支持杭 PHC杭 400	摩擦杭 1 440-300	摩擦杭 2 440-300
杭本数	100	136	236

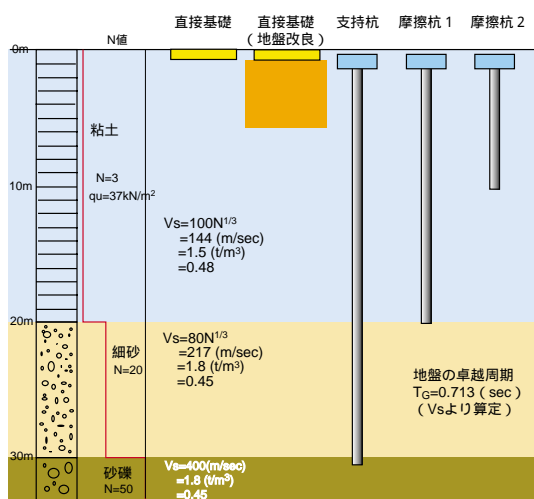


図2 地盤モデル

2. 解析概要

2.1 解析モデル

観測事例の結果<sup>3)</sup>を参考に相互作用地盤ばねを算出し、図1の4階建RC造共同住宅(短辺12m(連層耐震壁)×長辺48m(純ラーメン):1×6スパン)短辺方向について、図2に示すモデル地盤上で基礎形式別に時刻歴応答解析を行なう。検討する基礎形式は、直接基礎、地盤改良を施した直接基礎、支持杭、杭の先端抵抗を考慮した摩擦杭1、および摩擦抵抗のみを考慮した摩擦杭2とした。それぞれの杭形式の総杭本数を表1に示す。なお、杭本数は長期許容支持力と杭に作用する軸力から算出した。

2.2 地震動と地盤ばねの評価

モデル地盤で設定した工学的基盤に入力する地震動は、1995年兵庫県南部地震で観測されたJMA神戸波を基盤に下ろした地震波を用いた。地盤ばねを算定する時の地盤のせん断剛性低下率は、SHAKEによる一次元等価線形解析によって評価した。なお、 $G/G_0$ 、 $h$  曲線は告示第1457号第七別表の値を用いた。また、各層の有効ひずみは0.3~0.7%であった。基礎と地盤の相互作用地盤ばねの評価は、地震時における地盤剛性の低下を考慮し、底盤についてはコーンモデルによる手法、杭基礎の鉛直ばねについては平均変位の仮定による杭先端ばねとRandolfの方法による摩擦抵抗ばねにより求めた<sup>2)</sup>。杭による水平抵抗地盤ばねは、弾性支承で支持される杭から求め、弾性支承ばねの剛性はVesicの式を拡張<sup>5)</sup>し、地震による地盤剛性の低下を等価的に評価<sup>6)</sup>して求めた。地盤ばね(水平・回転)は、基礎形式に応じて底盤と杭の抵抗割合から評価し、杭基礎は杭による水平抵抗と振動方向の杭幅分を除いた底盤による抵抗の和とした。ただし、支持杭については引張側底盤部分の抵抗を除いた。地震動の加速度応答スペクトルを図3に、算定した水平地盤ばねと回転地盤ばねの比較結果を図4、5に

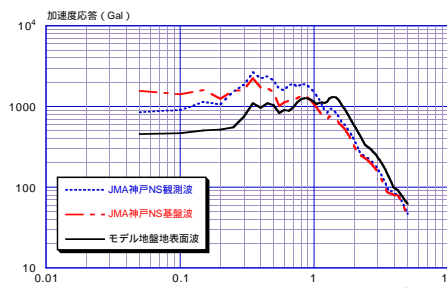


図3 地震動の加速度応答スペクトル

示す。水平地盤ばねは基礎形式毎に少しずつその差異が見られるが、回転地盤ばねについては直接基礎が杭基礎に比べかなり小さい。

Estimation of Structure Response for Type of Foundation considering Soil-Structure interaction Spring for Earthquake.

KOBAYASHI Koichi, OHBA Shintaro, HONDA Shuji,  
HOSONO Hisayuki, HIRAMATSU Masako .

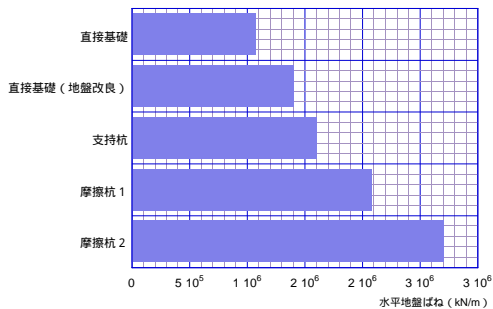


図4 水平地盤ばねの比較

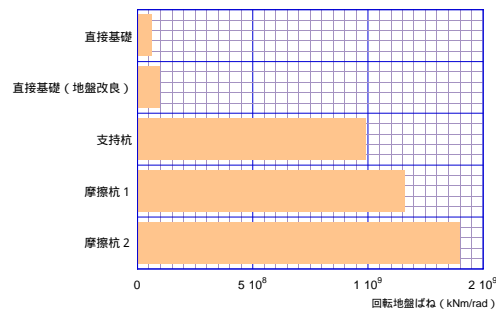


図5 回転地盤ばねの比較

表2 固有周期結果

短辺方向	1次 (sec)
直接基礎	0.490
直接基礎 (地盤改良)	0.414
支持杭	0.322
摩擦杭 1	0.288
摩擦杭 2	0.250

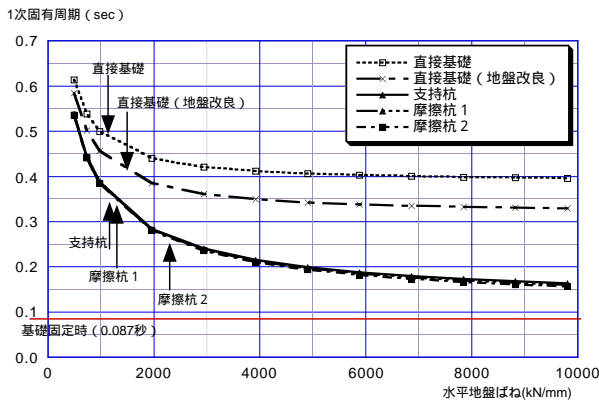


図6 建物固有周期 - 水平地盤ばね関係

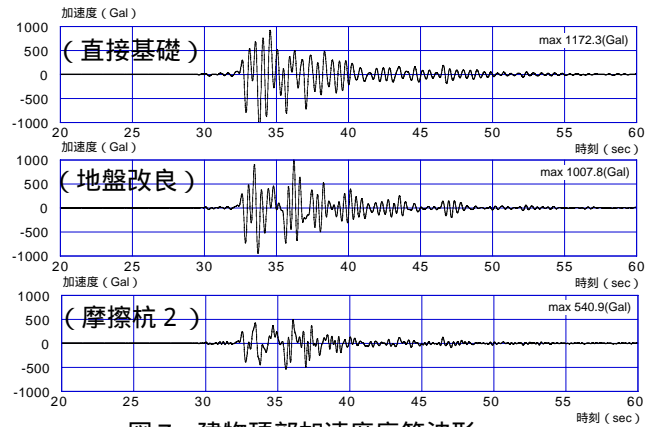


図7 建物頂部加速度応答波形

### 3. 解析結果

#### 3.1 水平地盤ばねと建物固有周期の関係

各基礎形式毎の固有周期を表2に示す。各基礎形式の回転地盤ばねを固定し、水平地盤ばねを変化させたときの建物固有周期に与える影響を図6に示す。建物の剛性に比べ地盤が軟らかい場合に地盤ばねが建物固有周期に大きな影響を与えることが見られ、僅かな水平ばねの差異で固有周期の値が変わる傾向が見られる。

#### 3.2 基礎形式別応答解析結果

図7に建物頂部(短辺方向)の加速度応答波形を、図8、9にはそれぞれ最大加速度応答値と層せん断力値を示す。建物の減衰は2%、地盤ばねの減衰は20%とした。これらの応答値は、直接基礎が最も大きく、支持杭、摩擦杭の順で小さくなる。これらの結果から、直接基礎を地盤改良することにより建物の剛体回転を抑制する効果や、低層建物(地盤剛性より建物剛性が固い場合)では摩擦杭などが建物全体の剛体回転を抑えられる可能性が見られる。また、基礎固定としたときの値に比べ、全ての基礎形式で大きな応答を示しており、建物に比べ地盤の剛性が小さい場合、地盤ばねを考慮する必要がある。

#### 4. まとめ

低層建物で地震時の地盤剛性が建物に比べ小さくなる場合の基礎形式毎の応答特性について比較を行ない、地盤ばねを考慮する重要性について示した。今後、杭基礎の底面抵抗の影響について実測を踏まえ定量化していきたい。

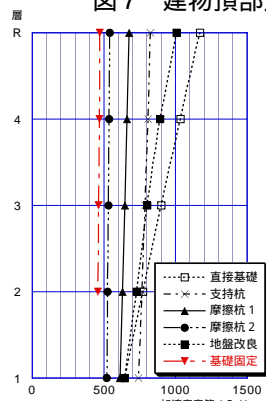


図8 加速度応答比較

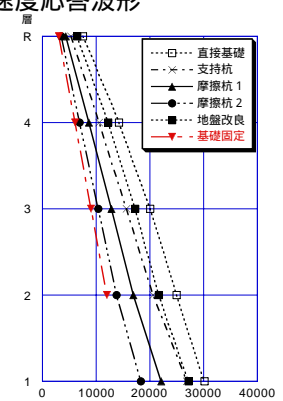


図9 層せん断力

謝辞 本研究は、日本建築学会近畿支部摩擦杭設計技術研究委員会(委員長:永井興史郎 摂南大学教授)の活動の一環として行ったものであります。ご助言をいただきました関係各位に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1)金井、小椋、須見:摩擦杭基礎の地震に対する安全性、基礎工、pp69-73、1996.11.
- 2)国土交通省住宅局建築指導課他編集:2001年版限界耐力計算法の計算例とその解説(平成13年3月)、pp.217-248、2001.3.
- 3)細野、大場、本田、小林、平松:地震時における地盤-基礎相互作用モデルのばね定数の評価、第38回地盤工学研究発表会(投稿中)2003.7.
- 4)日本建築学会近畿支部摩擦杭設計技術委員会:摩擦杭の設計-考え方と課題-、日本建築学会近畿支部、2003.3.
- 5)岸田、中井:地盤反力-変位関係の非線型性、土と基礎25-8、pp.21-28、1977.8.
- 6)護、長谷川:場所打ちRC杭における降伏曲げ耐力と最大応答塑性率の関係、構造工学論文集 Vol.48B、pp327-333、2002.3.

<sup>1</sup> ジオトップ  
<sup>2</sup> 大阪工業大学  
<sup>3</sup> 日建ソイルリサーチ

<sup>4</sup> 安井建築設計事務所  
<sup>5</sup> 大成建設

<sup>1</sup> GEOTOP Corporation  
<sup>2</sup> Osaka Institute of Technology  
<sup>3</sup> NIKKEN SOIL RESEARCH LTD

<sup>4</sup> Yasui Architects & Engineers Inc.  
<sup>5</sup> Taisei Corporation