

## 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 (その2: 観測結果との比較)

杭の水平抵抗 相互作用 地震応答

ジオトップ 正会員 小林 恒一  
大阪工業大学 国際会員 大場新太郎 安井建築設計事務所 正会員 細野 久幸  
日建ソイルリサーチ 国際会員 本田 周二 大成建設 平松 昌子

### 1. はじめに

基礎形式の違いによる建物の応答について、筆者らは特に摩擦杭建物が地震時に他の基礎形式と挙動に違いがあるのかについてSRモデルにより検討してきた<sup>1)</sup>。本報(その1)では、各基礎形式での相互作用地盤ばねの算出法を示し、16階建て支持杭建物での地震観測事例をもとに地盤ばねを算出し、建物固有周期を求めた。(その2)では、この支持杭建物の地震観測と求めた地盤ばねを取付けたSRモデルによる応答を比較し、地盤ばねの妥当性と杭に対する底盤の寄与率について検討を行なう。

### 2. 各地盤ばねによる解析結果と観測応答波の比較

図1に示すように、基礎での観測波からSHAKEによって得られた地表面波を用いてSRモデルの地震応答解析を行なう。観測された基礎と地表での波形、および基礎波をもとにSHAKEで求めた地表での波形を図2に示す。応答の比較は建物頂部と1階床部で行なった。解析での建物の減衰は3%、地盤ばね(ロッキング・スウェイ)の減衰は、SHAKEによる表層地盤の減衰定数が、京都府南部の地震で最大3%、兵庫県南部地震で最大18%であったことと、道路橋示方書<sup>2)</sup>で示されている基礎の減衰定数が弾性時で10-30%、非線形時で20-40%とあることから、小地震である京都府南部の地震では10%、比較的大きい兵庫県南部地震では20%とした。

兵庫県南部地震における建物頂部の観測波と(その1)で求めた地盤ばねごとの建物応答との比較結果を図3に示す。それぞれ破線が観測波、実線が解析値を示している。地盤ばね剛性を大きく評価するEBP(図3(a))では、加速度応答が観測値よりかなり大きく、P、B2P(図3(b)、(c))のように比較的小さい地盤ばね剛性の方が観測値の最大値と合う

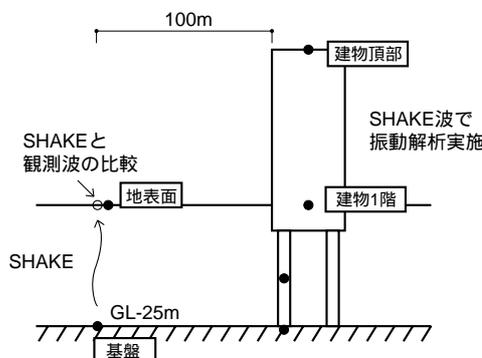


図1 地震観測位置概要

ことから、兵庫県南部地震レベルでの地震波では、EBPのように、側面、底面、杭、全ての地盤ばねが建物に影響を及ぼしたのではないと考えられる。また、Pの杭による地盤ばねだけの場合、その振幅は観測値と合っているが、位相でずれている部分が多い。杭に底盤を幅比で寄与させたB2Pの場合は、応答としての振幅、位相が概ね合っている。また、図4に示すように、建物の頂部だけでなく1階部分の応答についても振幅、位相は概ね合っており、観測波の応答をよく表わしている。

京都府南部の地震における建物頂部の観測波とB2P解析値との比較を図5に示す。地震動が小さいため、あまり応答が一致していないが、(その1)表2に示すばねのうち、比較的合うのは兵庫県南部地震同様、B2Pの場合であった。

### 3. 観測応答波と固有周期

建物頂部で観測した波を神山<sup>3)</sup>の方法で求めた非定常スペクトルで建物の固有周期から考えてみる。兵庫県南部地震での建物頂部観測波の非定常スペクトルを等高線で示したものを図6に、京都府南部の地震での非定常スペクトルを図7に示した。兵庫県南部地震では、建物はまず時刻20秒から30秒にかけて明瞭なピークをもって、固有周期0.9秒から1.2秒に推移し、その後は1.2秒前後で振動していることが分かる。解析結果で最もよく合ったB2Pは固有周期が1.207秒((その1)参照)であり、固有周期の点からもよく一致している。京都府南部の地震では、固有周期は概ね1.1秒前後であり、(その1)で示した固有周期、1.059秒(B2P)、1.096秒(EP)、1.156秒(P)に相当する。ただし、

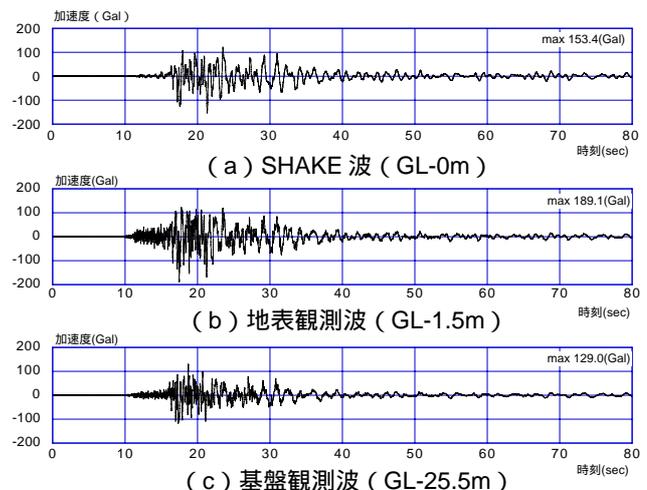


図2 兵庫県南部地震加速度波形(NS成分)

Study Spring of Soil-Structure Interaction for Earthquake.

(Part2.Comparison with Observations)

Koichi KOBAYASHI(GEOTOP Corporation),

Shintaro OHBA(Osaka Institute of Technology), Shuji HONDA(NIKKEN SOIL RESEARCH LTD),

Hisayuki HOSONO(Yasui Architects & Engineers Inc.), Masako HIRAMATSU(Taisei Corporation).

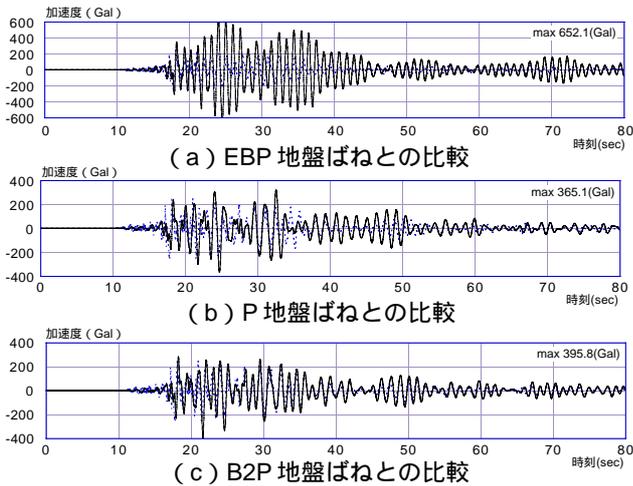


図3 解析と観測波の比較（頂部：兵庫県南部地震）

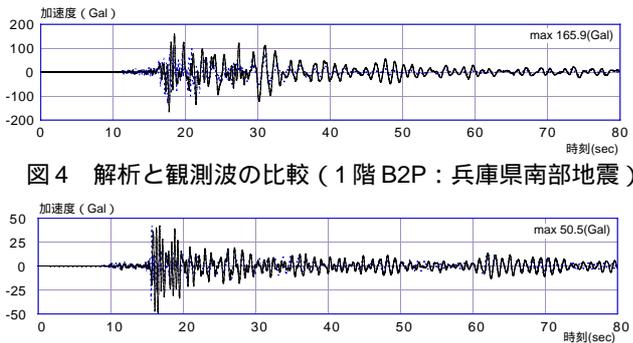


図4 解析と観測波の比較（1階B2P：兵庫県南部地震）

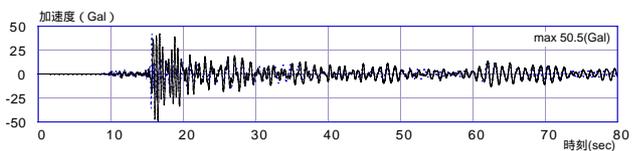


図5 解析と観測波の比較（頂部B2P：京都府南部の地震）

常時微動時における固有周期0.950秒から地震時に順に推移することなく固有周期が延びていることから、兵庫県南部地震後、地盤剛性がまだ完全に地震前のような剛性を回復していないことも文献<sup>4)</sup>では考察されており、そのような影響がこの京都府南部の地震でも表われていると考えられる。

#### 4. 地震レベルと地盤ばねの考察

本観測事例での地震による地盤のひずみ(SHAKE)は、兵庫県南部地震で最大  $9.04 \times 10^{-4}$ 、京都府南部の地震で  $9.25 \times 10^{-5}$ であった。図8に示すように、兵庫県南部地震は建築基準法告示で示される安全限界と損傷限界の中間であり、安全限界レベルといった大きな地震では、支持杭基礎のような底盤の寄与率は、低く見積もって評価すべきと考えられる。また、大地震後の中小地震における地盤ばねは、大地震時で対応したばねの組み合わせ（地盤の等価剛性はそれぞれの地震時で評価）で表わされると考えられる。

#### 5. まとめ

16階建て支持杭建物の地震観測記録と、(その1)で求めたSRモデルによる応答解析結果を比較し、地震時に寄与する相互作用地盤ばねについて考察した。支持杭の地盤ばねは、兵庫県南部地震では、杭と底盤の幅比だけが寄与するB2Pのケースが観測値とよく一致し、その後、生じた京都府南部の地震でもB2Pのケースに近いことを示した。今後、これらの結果をもとに基礎形式別における地盤ばねの評価について考察を加えていきたい。

#### 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。

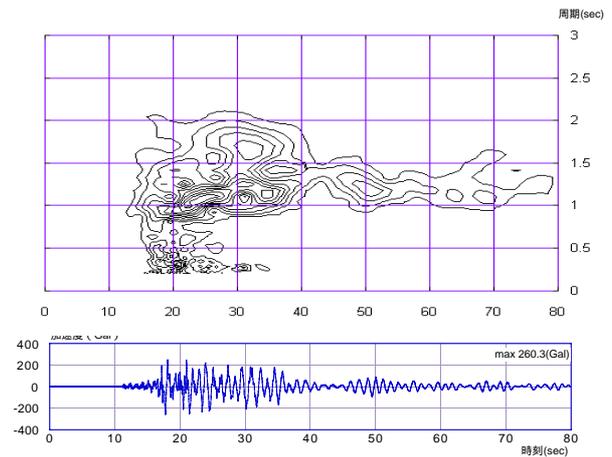


図6 建物頂部観測波の非正常スペクトル  
兵庫県南部地震 NS成分

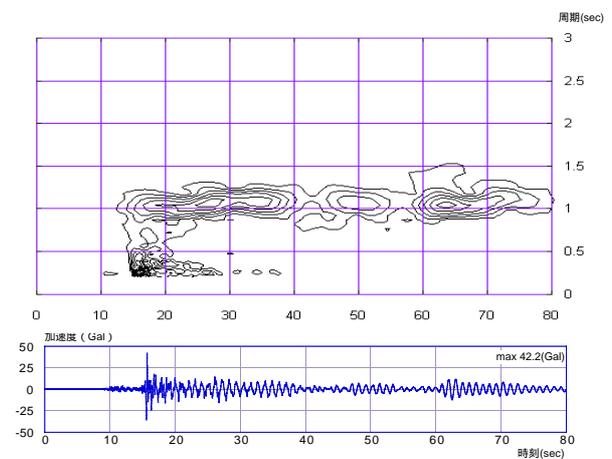


図7 建物頂部観測波の非正常スペクトル  
京都府南部の地震 NS成分

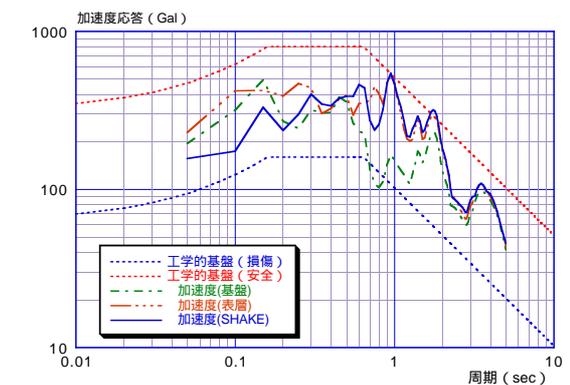


図8 加速度応答スペクトル（兵庫県南部地震：h=5%）

#### 参考文献

- 1)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.
- 2)日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 ,pp.108-115,2002.3.
- 3)神山：強震地震動の非正常スペクトル特性とその波動論的考察,土木学会論文報告集第284号 ,pp.35-48,1979.4.
- 4)大場,三枝：1995年兵庫県南部地震後の建物固有周期の経時変化,平成10年度日本建築学会近畿支部研究報告集 ,pp.209-212,2001.3.