

# 強震動の高振動数成分が杭基礎のキネマティック応答に与える影響に関する研究

埼玉大学大学院 学生会員 ○佐藤 絵人

埼玉大学レジリエント社会研究センター 正会員 齊藤 正人

## 1. 研究背景と目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震はM9.0という日本の観測史上最大規模の地震であった。本地震の特徴として、大振幅の高振動数成分が卓越した地震動が各地で観測されたことが挙げられる。この地震による建物被害調査では、杭基礎の損傷例も多数報告<sup>1)</sup>されている。

杭基礎と地盤の動的相互作用に関する既往の研究<sup>2)</sup>では、入力地震動の振動数が高くなると杭頭部の地盤に対する変位比は小さくなることが示されているが、各要素の挙動を線形弾性としてモデル化しているものが殆どである。本研究では、地盤・相互作用・杭体の三要素に非線形性を導入し、大振幅の高振動数成分が杭基礎のキネマティック応答に及ぼす影響を評価することを目的とした。

## 2. 解析対象モデル

図-1に本研究で解析対象としたモデルを示す。層構成の異なる4種類の砂地盤中に埋設された支持杭を想定している。

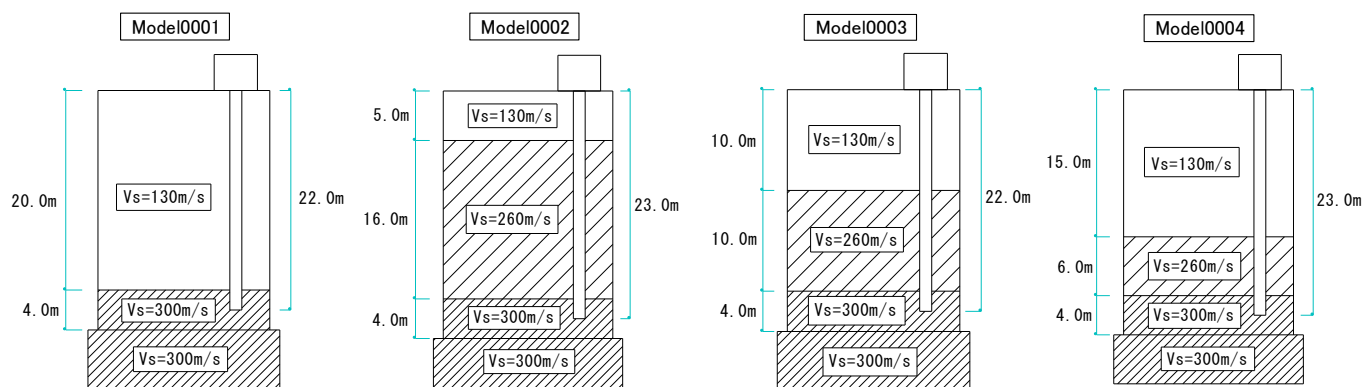


図-1 解析対象モデル

## 3. 入力地震動

入力地震動にはK-NET築館で観測された東北地方太平洋沖地震のNS方向波形を用いる。高振動数成分の影響を評価するため、観測波の4Hz以上の振動数成分の振幅に一定の係数 $\alpha$ を乗じて高振動数成分の振幅を低減させた地震動も併せて用いる。入力地震動の諸元とフーリエスペクトルをそれぞれ表-1、図-2に示す。

表-1 入力地震動諸元

| $\alpha$ | 最大加速度     | 最大速度     | 最大変位   | 卓越振動数  |
|----------|-----------|----------|--------|--------|
| 1.0      | 2702.9gal | 108cm/s  | 15.4cm | 6.01Hz |
| 0.75     | 2150.9gal | 92.9cm/s | 15.3cm | 6.01Hz |
| 0.5      | 1697.4gal | 79.0cm/s | 15.2cm | 6.01Hz |
| 0.25     | 1312.5gal | 70.0cm/s | 15.2cm | 3.85Hz |
| 0.0      | 897.6gal  | 64.3cm/s | 15.1cm | 3.85Hz |

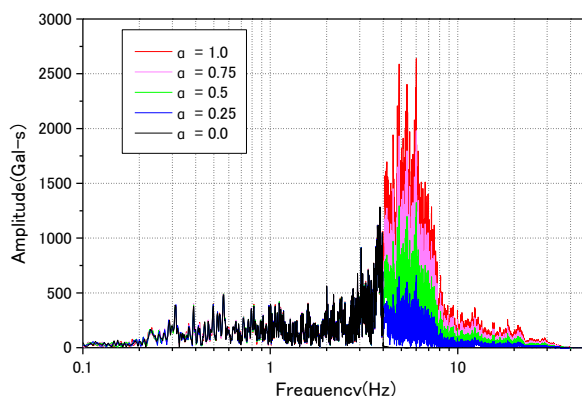


図-2 入力地震動フーリエスペクトル

キーワード 杭, 高振動数成分, 非線形性, キネマティック応答

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL 048-858-3560

## 4. 解析手法

### (1) 地盤応答解析

自由地盤の応答は逐次積分による時間領域の1次元応答解析で計算する．地盤は多自由度のせん断ばね-質点系モデルで表現される．せん断応力-ひずみ関係の骨格曲線にはHasash et al.<sup>3)</sup>のモデルを用い，履歴則はMasing則とした．

### (2) 単杭の応答解析

地盤応答解析で得られた時刻歴応答変位を，Winklerモデルに時間ステップ毎に作用させ，単杭の動的応答解析を行う．杭基礎と地盤の相互作用は水平ばねで表現し，完全弾塑性Cloughモデルを用いた．杭体は0.5m間隔の節点と，節点間を結ぶ梁要素でモデル化する．杭体はRC場所打ち杭を想定し，梁要素断面にファイバーモデルを用いて非線形挙動を表現した．杭径は0.5m，1.0m，1.5mの3種とした．

## 5. 解析結果

図-3に杭の最大曲率分布を示す．ここでは，杭径1.0mの場合の結果について述べる．各モデルにおいて，杭先端の支持層上面付近と，中間部の層境界付近で曲率分布がピークを示し，降伏曲率 $\phi_y$ に達しているケースが確認される．また，地表付近では各ケース間の曲率差に大きな違いはみられないが，Model0001では深さ17m付近で，Model0002からModel0004では支持層真上の $V_s = 260\text{m/s}$ 層内で入力地震動の $\alpha$ 値とともに曲率値が大きくなっていることがわかる． $\alpha = 1.0$ ケースの $\alpha = 0.0$ ケースに対する曲率値の比はModel0001では深さ15~20mで平均1.9，Model0002では深さ5~21mで平均1.7，Model0003では深さ10~20mで2.1，Model0004では深さ15~21mで2.1となっている．

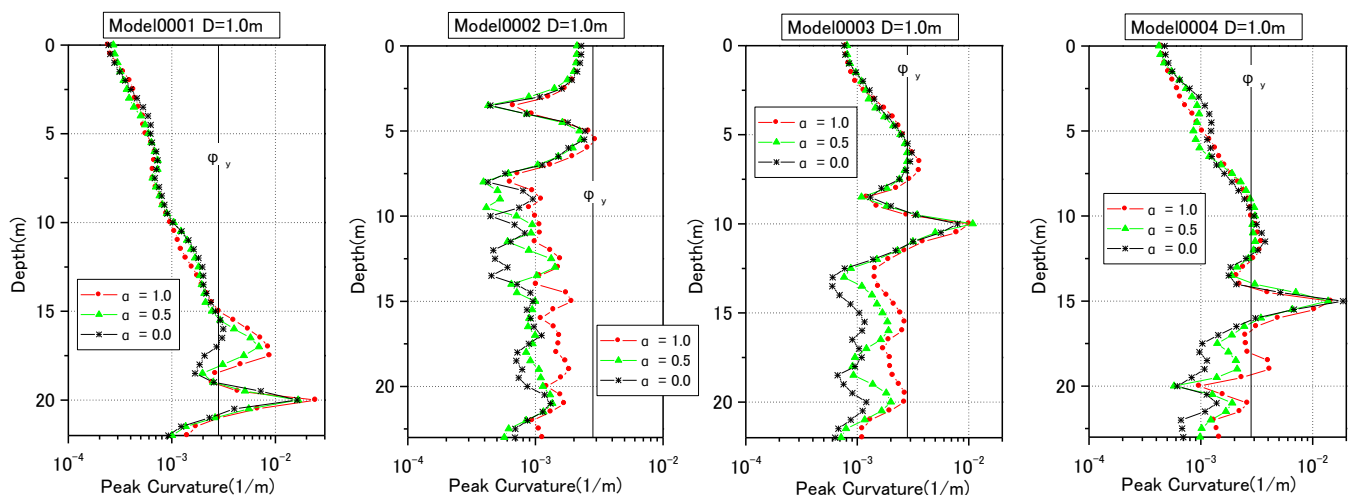


図-3 杭の深さ方向最大曲率分布

## 6. 結論

大振幅の高振動数成分は，層境界で生じた地盤のせん断ひずみによって減衰し，地表付近の応答に影響を及ぼさなかったものと考えられる．従って，大振幅の高振動数成分は杭の深層部での応答に影響を及ぼすものと結論づけた．しかし，地表近くまで比較的剛性の高い層が存在する場合，高振動数が振幅を維持したまま伝播するため，地表面近くの応答が大きくなることがあり注意が必要である．

### 参考文献

- 1) 国土交通省：平成24年度建築基準整備促進事業・基礎ぐいの地震に対する安全対策の検討，平成24年
- 2) K. Fan, G. Gazetas, A. Kaynia, E. Kausel and S. Ahmad : Kinematic Seismic Response of Single Piles and Pile Groups, J. Geotech. Engrg. ASCE 117, No. 12 1991
- 3) Youssef M. A. Hashash, Camilo Phillips, and David R. Groholski: Recent Advances in Non-Linear Site Response Analysis, International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics. Paper 8. 2010