

杭基礎構造物の動的相互作用ばねと付加質量の応答におよぼす感度の検討

飛島建設 正会員 ○三輪 滋
 飛島建設 正会員 池田 隆明
 京都大学 正会員 佐藤 忠信

1.はじめに

ばねと質点で構成される多質点系モデルは、地盤と杭基礎構造物の非線形地震時挙動を検討する有効な手法の一つである。実際の設計においては群杭となる場合が多く、多質点系モデルの重要なパラメータである、相互作用ばねや付加質量の評価は煩雑となると考えられる。このような場合、深さ・杭径・杭本数・杭配置等のパラメータによって簡単に評価できれば、多質点系モデルを実務設計へ適用する際の利便性の向上に非常に有用と考えられる。筆者らは、この手法の実務設計への適用性の向上をはかるため、相互作用ばねと付加質量の評価式を提案し^{1),2)}、その評価式を実際の地震被害事例に適用し、その有効性を検証している^{2),3)}。ここでは、相互作用ばね、付加質量の大きさを変え、構造物の応答におよぼす影響を比較検討した。

2.相互作用ばね、付加質量の評価式

提案した相互作用ばね、付加質量の評価式は影響の大きいと考えられる深さ z 、杭直径 d 、杭本数 n 、杭配置形状（杭配置の縦横比） s の4つをパラメータとして次式のように表される^{1),2)}。

$$k_i = \alpha \cdot f_1(z) \cdot f_2(d) \cdot f_3(n) \cdot f_4(s) \cdot G \quad (1)$$

$$m_i = \beta \cdot g_1(z) \cdot g_2(d) \cdot g_3(n) \cdot g_4(s) \cdot \gamma \quad (2)$$

ここに k_i 、 m_i は単位深さ当たりの相互作用ばね定数と付加質量、 α 、 β は係数、 z は深さ、 d は杭直径、 n は杭本数、 s は杭配置、 G はせん断剛性、 γ は単位体積重量、 $f_1 \sim f_4$ 、 $g_1 \sim g_4$ はそれぞれのパラメータによる影響度を表す関数である。

3.相互作用ばね、付加質量の応答に及ぼす感度の検討

多質点系の動的相互作用解析によって、構造物の地震時挙動を検討する場合には、相互作用ばね、付加質量などのパラメータが応答におよぼす感度を把握しておく必要がある。提案評価式で求めた相互作用ばね、付加質量を係数倍することで大きさを変え、それぞれが構造物の応答におよぼす影響を比較検討した。対象とした被害事例は、1995年兵庫県南部地震において鋼管杭基礎が損傷し、上部構造物の1階RC柱にもせん断破壊などの被害が生じた2階建て杭基礎構造物である⁴⁾。すでに提案評価式と多質点一体型モデル⁵⁾により十分な精度で構造物の応答を評価できることを示している^{2),3)}。上部構造物の重量の影響も考慮するために、構造物重量を5倍としたモデルについても検討した。検討モデルを図-1に示す。構造物重量が軽い場合の相互作用ばねが応答におよぼす影響を図-2に、付加質量が応答におよぼす影響を図-3に示す。

構造物重量が軽く、その慣性力の影響が比較的小さいと考えられる場合については、変位応答はいずれのケースもほとんど違いがなく、加速度に関しては相互作用ばねが1/2、1/5の場合に杭頭付近から構造物にかけて大きくなっている以外は、ほとんど違いはない。杭の曲げモーメントに関しては、相互作用ばね、付加質量とも1/2、2倍としたケースにおいて、深さ方向に存在する2つの極大値の値で10%の違いに納まっている。また、1/5、5倍としたケースでは最大値で15～20%程度の違いが生じる。付加質量は最大値の大きさには違いが見られるが、それ以外の分布形状はいずれもほぼ一致しており、相互作用ばねよりも影響度が小さいと考えられる。杭頭部の加速度応答に違いが見られた相互作用ばねが1/2、1/5の場合に杭頭付近の曲げモーメントに違いが見られる。相互作用ばねが1/2の場合では20%程度であるが、1/5の場合には60%大きくなっている。杭頭部の応答が杭の応答の最大値を示すことはないが、加速度応答とともに特定の部位に影響が現れ、大きな応答となっている。図示できないが、構造物重量が大きい場合にもほぼ同じ傾向が見られた。

これらのことから、相互作用ばね、付加質量は設定値が1/2から2倍の範囲の範囲では、応答値の変化は

キーワード 動的相互作用、多質点系モデル、杭、相互作用ばね、付加質量

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472 飛島建設株式会社 技術研究所 TEL 04-7198-7553

10%程度以内に分布し、応答に及ぼす感度はそれほど敏感でないことがわかる。提案評価式の精度が相互作用ばねで15%程度以内、付加質量で30%程度以内であることを考えると、提案評価式を用いて得たパラメータによる応答解析は十分な精度を有するものと考えられる。

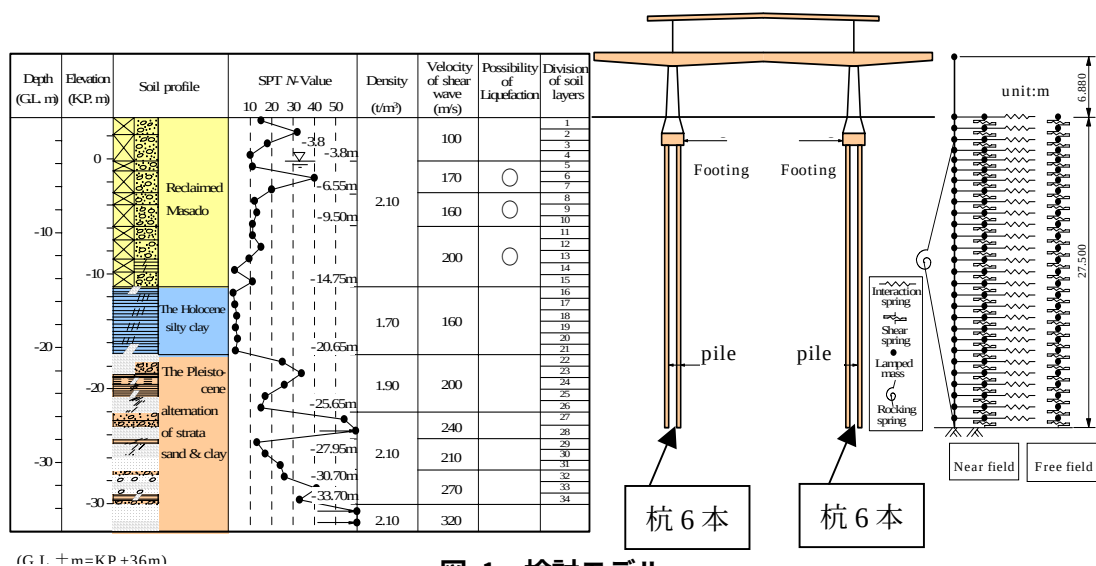


図-1 検討モデル

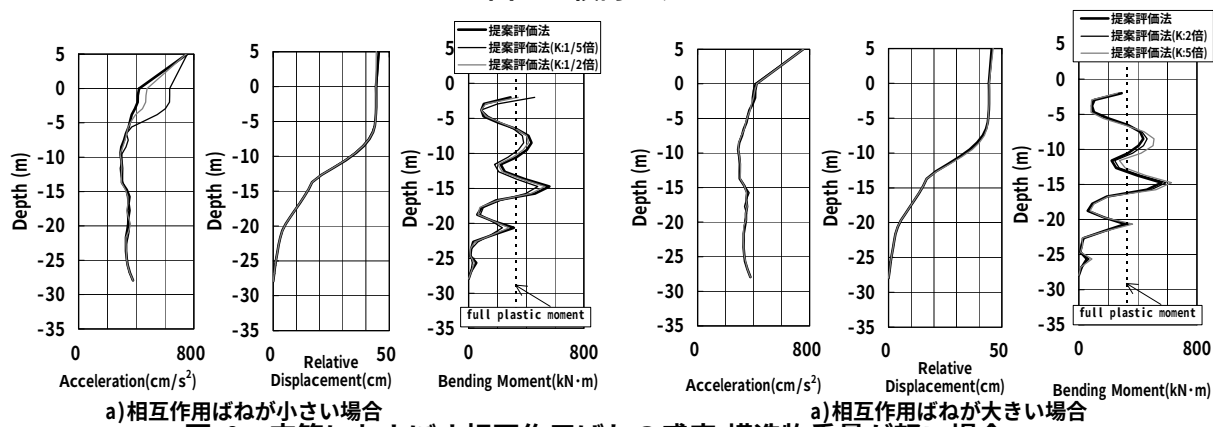


図-2 応答におよぼす相互作用ばねの感度(構造物重量が軽い場合)

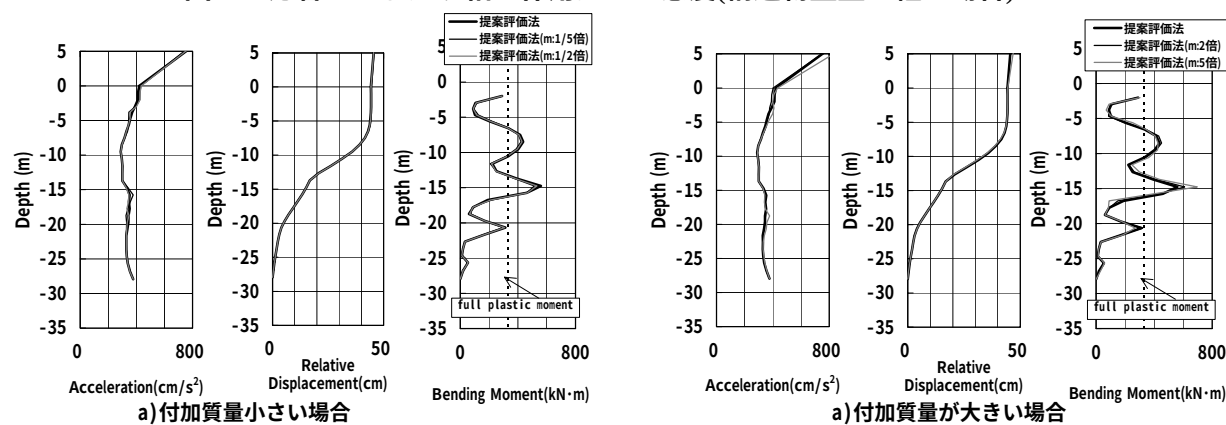


図-3 応答におよぼす付加質量の感度(構造物重量が軽い場合)

5. まとめ

相互作用ばね・付加質量について、応答におよぼす感度を検討し、その変化が50%~200%程度の範囲であれば応答に敏感でないことを示し、相互作用ばね・付加質量の提案評価法で求めるパラメータの範囲で、多質点系モデルによる構造物の応答は十分な精度を確保できることを示した。

参考文献

- 1) 三輪滋, 森伸一郎: 群杭基礎相互作用ばねの簡易評価式に関する検討, 第24回地震工学研究発表会講演論文集, pp.641-644, 1997.
- 2) 三輪滋, 森伸一郎, 池田隆明, 佐藤忠信: 多質点系動的相互作用解析における相互作用ばね・付加質量の評価式の提案, 土木学会論文集(投稿予定).
- 3) 三輪滋, 池田隆明, 佐藤忠信: 杭基礎構造物の動的相互作用ばねと付加質量の評価式の適用性の検討, 第39回地盤工学研究発表会, 2004.(投稿中)
- 4) 加藤史彦ほか: 兵庫県南部地震で側方流動を受けた鋼管杭基礎建物の損傷調査, 第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 365-370, 1998.
- 5) 森伸一郎ほか: 地盤-構造物連成系に対する有効応力液化解析の適用性, 第8回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.801-806, 1990.