

I - B 393 杭基礎の地震時挙動に与える慣性力作用と地盤変位作用に関する実験的検討 多質点系モデルによるシミュレーション

(株) テ ス ○正会員 長谷川 淳史
(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 王 海波

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
同 上 正会員 西村 昭彦

1. はじめに 本報告では大型せん断土槽を用いた杭の振動実験結果を多質点系モデルによる非線形動的応答解析によりシミュレーションした。これにより杭の応力に与える地盤変位と構造物の慣性力の影響について考察する。なお、実験では構造物の重量が 15tf(軽い)タイプと 44tf(重い)タイプの2種類について行っている¹⁾。

2. 解析モデル 解析モデルは図1に示すような多質点モデルである。CASE1は 15tf, CASE2は 44tf である。杭・構造物の諸元は文献 1)に示す。杭は奥行き1本分をモデル化している。また、鋼管杭は実験結果より、400gal 加振までは塑性化していない事が確認されている為、杭部材は線形としている。なお、杭の抜け出しを考慮し、地表面に突出している杭部材の剛性は、構造物重量 15tf タイプの CASE1 で 1/2, 44tf タイプの CASE2 で 1/4 に低下させた。

地盤ばねは、鉄道の耐震設計標準²⁾に基づき算出している。非線形に関するモデル化は有効抵抗土圧(P_e)を上限值としたバイリニアを用いた。地盤のせん断ばねは、杭頭より $1/\beta$ の範囲は考慮しないものとしている。なお、地盤ばねの算出に用いたせん断弾性係数(G)・変形係数(E_0)は、振幅レベルが 400gal のホワイトノイズで加振中の平均的なせん断波速度より求めている。

自然地盤の解析は、著者らの一部が提案³⁾している土の応力-ひずみモデルを用いた非線形動的応答解析により求めている。

3. 解析結果 地盤-基礎構造物系を「全体系」、地盤変位のみを考慮したものを「地盤系」(構造物の重量を 0.0tf として解析)、構造物による慣性力のみの影響を両者の差として求め、それを「慣性系」とした。

「全体系」のモーメントを M_t , 「地盤系」を M_g , 「慣性系」を M_a とした。なお、「慣性系」と「地盤系」の足し合わせを「全体系」とすることは、非線形解析において厳密性に欠ける考え方であるが、地盤変位と構造物の慣性力の影響を把握するため、敢えてこの方法により M_a を算出した。

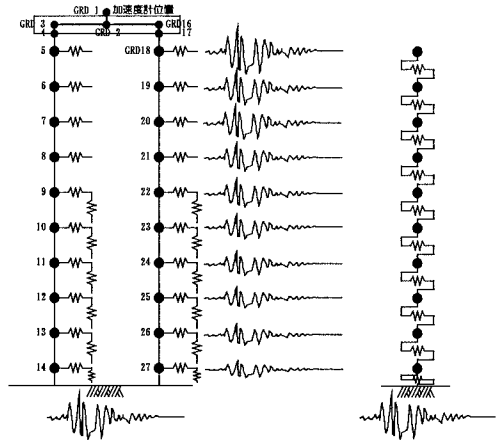


図1 解析モデル

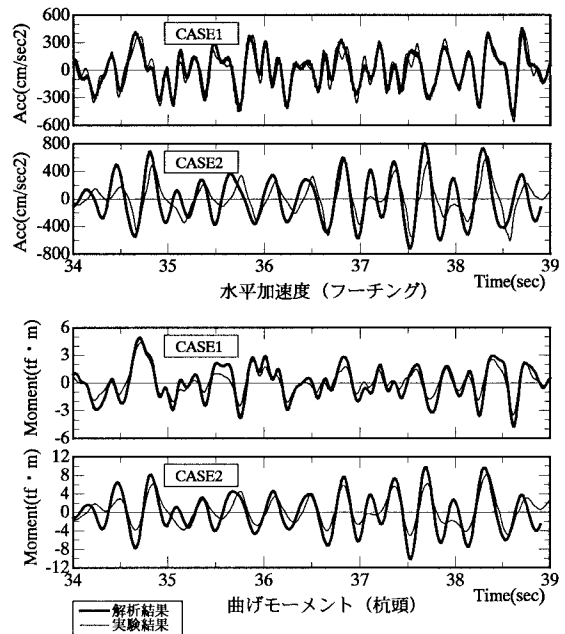


図2 時刻歴応答波形

Keywords : 大型せん断土槽, 振動実験, 地盤変位, 慣性力, 非線形動的応答解析
連絡先 : 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7262 FAX 042-573-7248

(1) 応答加速度

図2にフーチング位置での水平応答加速度、杭頭位置でのモーメント波形を示す。シミュレーション結果は加速度及びモーメント波形とも実験とよく一致していることが確認できた。概ね解析モデルが実験モデルを説明できるものと思われる。

(2) 最大モーメント分布の比較

図3に最大モーメント分布を示す。両ケースとも非常に良く実験結果と対応している。CASE1 は、地中部で反曲しない分布となった。これは、 M_a は反曲する分布となるものの地盤変位の影響が支配的であるために、 M_t は結果的には M_g に近い反曲しない分布となっているとと考えられる。一方、CASE2 では地中部 1.0~1.5m 付近で反曲する分布となっている。構造物重量が重い場合 M_a による影響が大きく表れ、その結果、 M_t は M_a に近い分布（反曲点を有する）となっている。

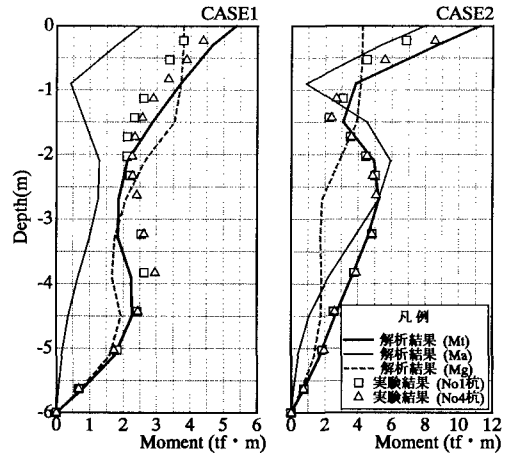


図3 最大モーメント分布図

(3) 時刻歴応答モーメントによる考察

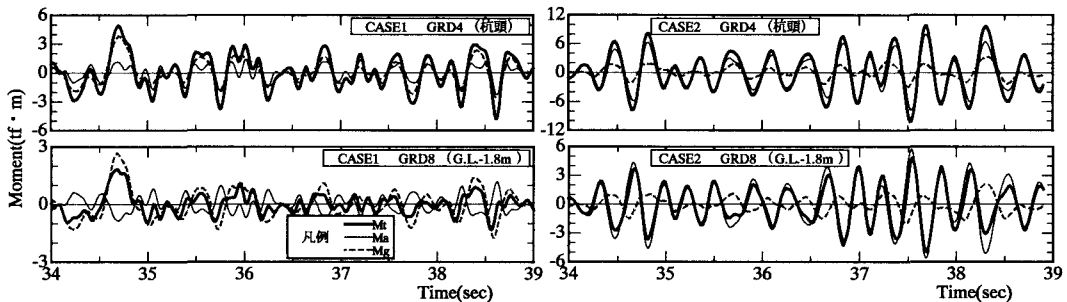


図4 曲げモーメント応答波形

CASE1の杭頭部は、地盤変位の影響が大きく、 M_a と M_g は同位相で発生している。地中部では M_a の符号が反転するため、 M_a と M_g は逆位相となり、お互い打ち消しあっている。

CASE2の杭頭部は、CASE1と異なり慣性力の影響が大きい。また、 M_a と M_g の位相は若干ずれている。地中部においては、先にも述べたとおり M_a の符号が反転するとともに構造物が重い場合、 M_a の影響が主体となっている。誌面の都合により省略するが、杭先端付近で M_a による影響が低下し、 M_g 主体となっていた。

すなわち、軽いタイプでは地盤変位による影響が支配的、重いタイプでは慣性力による影響が支配的である事がわかった。なお、実験データの相互相関関数による解析¹⁾からも同様の傾向が報告されており、今回のシミュレーション結果と良く対応している。

4. まとめ 地盤—基礎構造物系の非線形地震応答解析から以下の事がわかった。

- 1) 非線形地震応答解析の結果と振動実験結果を比較し、自然地盤の解析及び構造解析手法が妥当であることが検証できた。
- 2) 地盤変位と構造物慣性力による応力発生の影響を把握することができた。

なお、応答変位法によるシミュレーションも既に行っているが、別の機会に報告したい。

参考文献

- 1) 室野・王・西村：杭基礎の地震時挙動に与える慣性力作用と地盤変位作用に関する実験的検討—相互相関関数によるデータ解析— 土木学会第54回年次学術講演会（投稿中）
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計（案）平成10年11月
- 3) 西村・室野・木幡：1次元地盤応答解析のための土の非線形モデルとその有効性—モデルの提案— 第34回地盤工学研究発表会