

地盤改良による免震基礎の性能向上について

熊本大学 正会員 秋吉 卓 熊本大学 正会員 松本 英敏
熊本大学 学生員 ○齋 治郎 熊本大学 小野 清吾

1. はじめに

近年、多くの構造物に免震基礎が採用されようとしているが、良好な地盤における場合に比べて、軟弱地盤におけるその効果は明らかになっていないところがある。そこで、その効果を明らかにするために、本研究では軟弱地盤中の杭基礎—構造物系における上・下部の接点に、免震装置を装着したシステムを考え、さらに地盤改良によって、より高い免震効果が得られるかどうかについても検討してみた。

2. モデル解析手法の概要

解析手法については大きく3つの段階に分けられ、(1)地盤改良については、サンドコンパクションパイル(SCP)の打設締固めをシミュレートするプログラムWAP3を用いた。(2)杭基礎を含む地盤の地震応答解析においては、2次元有効応力解析プログラムNUW2を用いた。(3)さらに、免震基礎を含めた上部構造物の地震応答解析には、Newmark- β 法による2自由度系弾塑性応答解析プログラムを使用した。以上3つの手法を使用し、パラメータとして、地盤の固有周期・上部構造物の固有周期・免震基礎の性能(免震周期)の3つに注目し、解析を行って検討を進めた。なお上記(1)から(3)における解析プログラムは全て当研究室で開発されたものである。

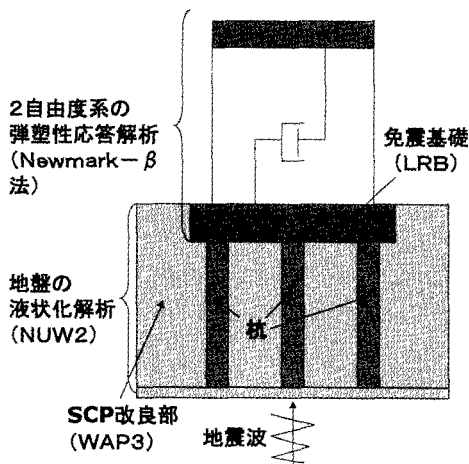


Fig.1 免震構造及び地盤モデル、解析手法の全体図

3. 免震構造・地盤のモデル化

本来であれば免震基礎は免震部材の選定など細部の設計、または2次元的な配置・支承の数など決定しなければならないものが数多く存在する。しかし本研究では地盤の硬軟と免震基礎との相互作用に重点を置くため、免震層(免震部の固有周期を T_b とする)1質点系(1自由度系)として、さらには上部構造を1質点系(1自由度系)とする、2質点系とする単純な構造系(免震系)の1次元弾塑性応答解析を行う。また免震層の代わりに線形非減衰1自由度系(その部分のみの固有周期を T_b' とする)構造系(非免震系)を考える。次に地盤のモデル化についてであるが、使用した地盤モデルは、1995年兵庫県南部地震における被害事例から抜粋したもので、ボーリングデータより土質やN値など解析に必要なとされるデータを抜粋し、有限要素解析に必要なデータを数ケース作成している。入力地震波は、1995年兵庫県南部地震(ポートアイランドGL-32m、加速度波形NS成分)を用いて、その最大加速度を540galに調整したものを基盤面より上方に入射している。

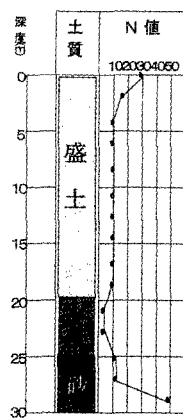


Fig.2 地盤のボーリング

データの一例

(地盤モデル: CASE13)

4. 数値計算結果と考察

(1)地盤の固有周期及び地表面加速度について

Fig.3は、ある地盤モデル(CASE13)についてSCPによる加振締固めを行うとき、地盤の固有周期 T_g が短周期化して表われることを示しているが、SCPの締固め加振時間ごとの値について、この例の原地盤では初期 $T_g=0.89\text{sec}$ だったのが、締固め加振時間を延ばすと終局的には $T_g=0.70\text{sec}$ くらいまでは締固まることを示している。この締固め加振時間に応じた地盤が深さ方向に形成されるので、その時のせん断弾性係

数 G_1 を初期値として、 $V_{si} = \sqrt{\frac{G_i}{\rho_i}}$ 、 $T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$ として算定

している。また、Fig.4 は NUW2 による計算結果より、地表面応答加速度を示したものである。なお、図中で TC... の数値部は、締固め加振時間 (sec) を表しており、TC000 は原地盤、TC090 は加振時間 90sec のことを指す。

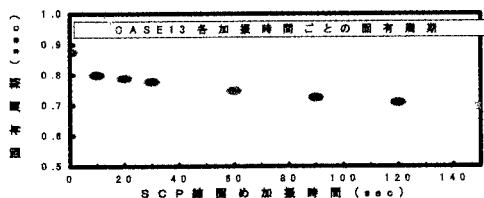


Fig. 3 SCP 締固め加振による固有周期の変化の例 (地盤モデル: CASE13)

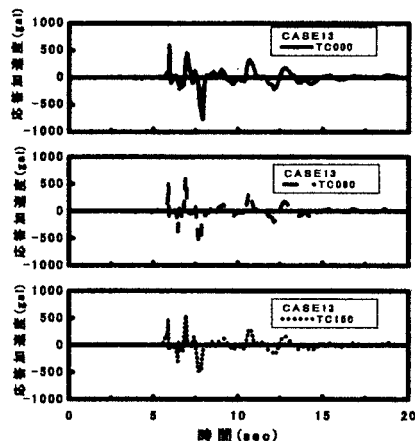


Fig. 4 SCP 地盤改良による地表面応答加速度の時刻歴変化の例 (地盤モデル: CASE13)

(2) 免震層を含む上部構造物の応答解析結果について

Fig.5 は、Fig.4 の地表面加速度を入力波とした時の、上部構造物頂部の加速度応答スペクトルであるが、図の横軸は構造物最上層のみの非減衰固有周期 T_s (sec) である。ここでは免震系の場合 (右図) と比較のための非免震系の場合 (左図) を示しており、前者では免震周期 $T_B = 1$ sec 及び 3 sec の場合について、後者では上部構造物固有周期 $T_s = 1$ sec 及び 3 sec の場合をそれぞれの上下に示している。これらの図より、まず免震の有無に関係なく長周期になるとともにスペクトルのピークが長周期側にシフトしているが、 T_s の小さい場合なら、非免震系の場合に比べて免震系の方が全体的な応答が抑えられており、免震層が有効に機能することがわかる。また、免震周期 T_B と SCP 締固め加振時間 TC との兼ね合いについてであるが、 $T_B = 1$ sec とした場合については、右上図を見てわかるように上部構造物の固有周期 T_s によっては SCP 地盤改良により免震効果 (応答加速度の低下) が得られる事がわかる。しかし免震周期 $T_B = 3$ sec の場合、全体として応答値の低減が見られるが、SCP 地盤改良による応答値の変化は見られない。これは、免震周期 $T_B = 3$ sec では、地盤の固有周期 T_G との差は 2 sec 以上となり、地盤の剛性は免震基礎の見かけの剛性より相対的に相当大きくなっているため、免震装置がかなり有効に働いていると推測される。なお、スペースの都合上載せられなかったが、他の物理量の評価等については発表時に詳細を述べることにする。

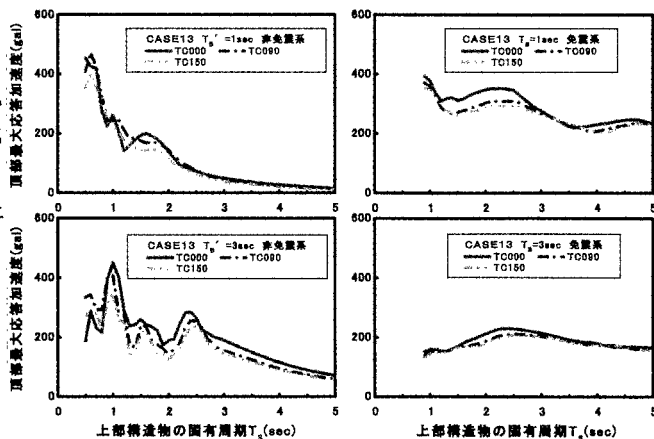


Fig. 5 構造物頂部の応答加速度スペクトル (免震系と非免震系の比較)

5. 参考文献

- 1) 秋吉 卓・瀧田邦彦・松本英敏・兵頭志武・方 火浪 : サンドコンパクションパイル工法による地盤剛性改良の動的評価について、土木構造・材料論文集、第8号、pp.51-60,1992.
- 2) T.Akiyoshi,K.Fuchida,H.Matsumoto,T.Hyodo and H.L.Fang, Liquefaction analyses of sandy ground improved by sand compaction piles, J.Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.12,pp.299-307,1993.
- 3) 最新 耐震構造解析 柴田明徳著 森北出版株式会社 pp.129-139
- 4) 実務者のための耐震設計入門 平成 12 年度 土木学会 第 1 章 pp.22-27