

軟弱地盤における免震基礎の設計について

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○大内田 淳 熊本大学 非会員 高橋 聡史

1. 概要

現在多くの構造物に免震基礎が採用されその効果も評価されているが、それは良好な地盤における場合がほとんどであり、軟弱な地盤における免震の効果は明確にされていない。そこで本研究では軟弱地盤中の杭基礎構造と上部構造の間に免震基礎を設けたモデルを想定し、地盤においてはサンドコンパクション工法を用いた地盤改良、そして免震層においてはその性能の改良を行うことで、軟弱地盤での耐震設計を最適化することを検討する。

2. 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(SCP)工法の打設締固めをシミュレートする既存のプログラムWAP3¹⁾を用いて、締固め加振時間により異なった初期剛性を持つ地盤を作成する。(2)次に地盤の有効応力解析を既存のプログラム(NUW2²⁾)で行い、液状化に伴う杭基礎の破壊や締固め限界などの検討を行う。その際構造物への入力とするための地表面応答加速度を求める。(3)さらに、免震基礎を含めた杭基礎-上部構造物の地震応答には、(2)で求めた地表面応答加速度を入力とし、ニューマークの β 法により、基礎・構造物の弾塑性解析を行う。以上の3つの手法において、動特性パラメータとして地盤・免震基礎・構造物3者の固有周期を媒介として求めた応答スペクトルの結果を考察する。

① 解析全体のモデル 図1に示すようなモデルを用いる。また免震層にはアイソレーターとダンパーを一体化したLRBを免震装置として想定したが、その復元力特性については図2のようにバイリニアでモデル化している。

② 入力地震波 基本的には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, 卓越周期0.5秒)を用いており、最大加速度を250galおよび540galに調整した2種類の地震波を基盤面から鉛直上方に入射させた。

③ 地盤モデル 免震建物が設置された軟弱地盤の例として熊本大学付属病院棟を取り上げる。ここではそのCase3³⁾の結果を示す。この地盤はシルトを多く含む軟弱地盤であり、その地盤データを表1に示す。

3. 解析結果

ここでは基盤面における入力地震波の最大加速度振幅を540galとしたときの結果について述べる。まず地盤改良の解析結果だが、サンドコンパクションパイルによる締固め加振時間(TC)ごとのN値分布および地盤の固有周期の変化を図3に示した。N値において(図3-(a))、表層及び16m付近は締め固めの効果があまりでないが、これはシルト層が締め固まらないことが原因である。また図3-(b)より液状化を防止できる地盤の固有周期TGは0.49秒以下であることから、その条件を満たす締固め時間をTC=30,120秒

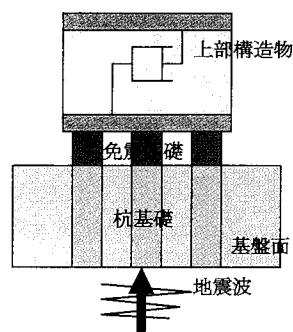


図1 解析モデル

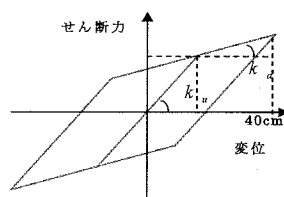


図2 復元力モデル

表1 地盤データ

深度	土質	N 値
2	シルト	6
4		15
6	砂	11
8		10
10	シルト	2
12		4
14	砂	2
16	シルト	7
18	礫混砂	19
20	砂	10

($TG=0.49$ 秒および 0.45 秒)として解析を進めた。次に図4に、地盤の固有周期 TG の違いによる地表面加速度応答の一例を示したが、締固めにより地盤の固有周期が短周期化すると応答が大きくなっていくことがわかる。これを免震層を有する上部構造物(固有周期 0.2 秒)に入力したときの構造物頂部の最大応答加速度と免震層の最大相対変位(水平方向)を免震周期ごとに表したものが図5である。最大応答加速度(同図(a)), 最大相対変位(同図(b))ともに免震周期が約2秒付近までは地震との共振と考えられる大きな値を示しており、免震の効果が得られているとは言えない。しかし、免震周期が2秒以上の範囲において、最大応答加速度は 150gal ほどに低減されており、免震効果がよく現れていると言える。また最大相対変位については、地盤の固有周期 TG が短周期のとき若干大きな値となつてはいるが、免震周期4秒付近の値でも免震層の許容変位限界を 30cm としても設計はできることを示している。また図6は等価速度⁴⁾(総エネルギー入力の変換値)と免震周期の関係図である。やはり、免震周期が2秒以下の範囲では等価速度も大きな値を示し、免震層でエネルギーが吸収されていない結果が出ているが、上部構造物の固有周期を 0.2 秒と固定していることを踏まえると、免震周期が2秒を越えるあたりからは免震周期と上部構造物の固有周期の比が大きくなると等価速度の値も低減されることが分かる。

4. まとめ

上部構造物の免震について、解析対象とした軟弱な地盤においては締固めの効果は大きくないので、液状化・杭基礎破壊を考慮しなければ、免震装置の適当な設計のみで済まされるので合理的かつ経済的である。しかし、地盤大変形による杭破壊が生じる恐れがあるときはある程度の地盤改良が必要となることが多いので、それについては講演時に述べる。

参考文献

- 1) Akiyoshi, T. *et al*, Proc. 9JEEES, pp.945-949, 1994.
- 2) Akiyoshi, T. *et al*, Int.J. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.12, No.5, pp.299-307, 1993.
- 3) 熊本大学医学部付属病院病棟新営工事, 2002
- 4) 秋山 宏: エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計 技報堂出版, pp.12-13, 74-79, 及 107-108

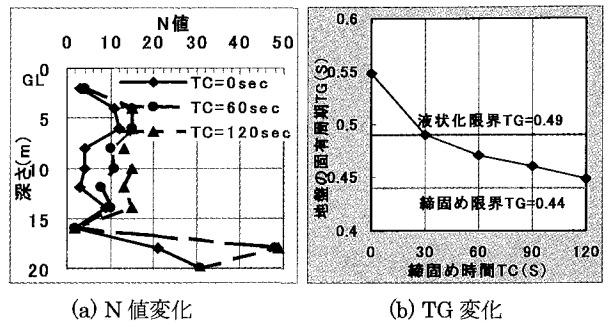


図3 締固め時間による N 値・ TG の変化

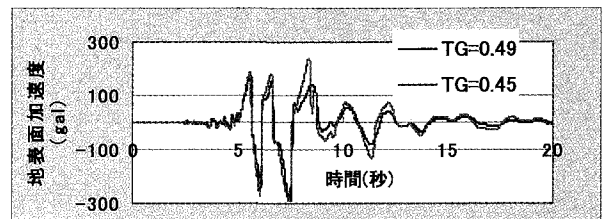
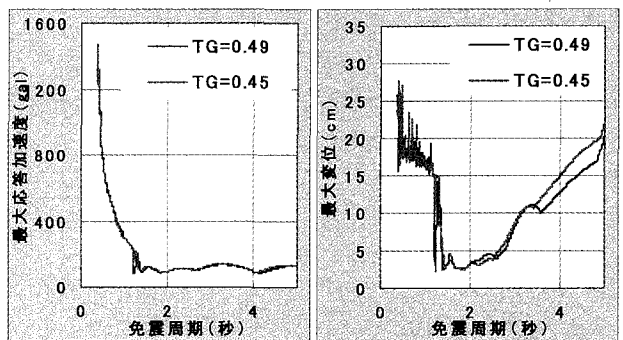


図4 地表面応答加速度



(a) 構造物頂部の最大加速度応答 (b) 免震層の最大水平変位

図5 免震周期による各値の変化

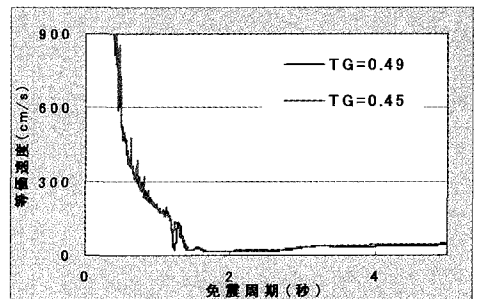


図6 免震周期による等価速度変化