

地表面応答スペクトルから見た基礎部の改良条件について

熊本大学 正 員 秋吉 卓
熊本大学 学生員 植田正樹

八代高専 正 員 淵田邦彦
熊本大学 学生員 山口昌平

1. はじめに

従来の応答スペクトルによる耐震設計法においては、上部構造の固有周期をパラメータとして硬い地盤に建設される構造物に主に適用されてきたが、軟弱な地盤における構造物については、被害が剛性の小さい地盤・基礎部に集中することから、上・下部でバランスのとれた耐震設計法が求められている。そこで、本研究では、地盤改良を考慮した表層地盤の固有周期 T_G と構造物の固有周期 T_S を同時に考慮し、それらの許容範囲で応答スペクトルが最小となるように最適な地盤改良条件を求める。

2. 概要

表層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 NUW2¹⁾を用いた。また、地盤改良においては、サンドコンパクションパイル(SCP)工法の打設締固めをシミュレートするプログラム WAP3²⁾を用いる。上記のNUW2、WAP3を用いてSCPにより地盤改良した場合も含めた地震応答解析を行い、得られた地表面における応答加速度を入力加速度として応答スペクトルを求める。また、液状化を防止し、かつ、杭基礎にかかる曲げ応力及びせん断応力を計算し、PC 杭では、その降伏応力及びひび割れ応力の範囲内で応答が最小となるように、締固め加振時間を決定し最適設計法とする。

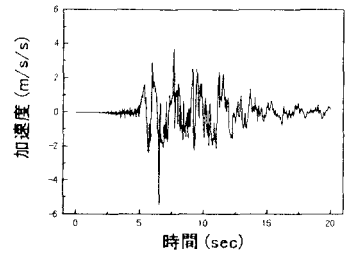


図1. 入力加速度

3. 解析結果

ここでは、1995年兵庫県南部地震における被害事例³⁾について、地盤改良後に解析を行い、最適な施工条件(締固め加振時間)を示すことにする。入力地震波は、図1に示す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)とし、最大加速度を 540gal に調節して基盤に入力した。また、解析対象地盤は、参考文献3)の整理番号 No.42 による地盤(図2の $T_G=0\text{sec}$ のケース)を用いて解析を行った。杭基礎は $\phi 400\text{mm}$ のAC 杭が使われており、地質としては全体的に砂質系地盤で、基盤面の深さは 20m としている。本事例では、液状化・側方流動・沈下・杭頭破壊・建物中破が生じていた。また、上部構造の固有周期は $T_S=0.2\text{sec}$ であるが、地盤の初期固有周期は、図2の地盤の初期N値より $T_G=0.437\text{sec}$ である。この初期地盤をSCP 工法で締固めると、1ステージ当りの締固め加振時間が10~30sec のとき、N値はかなり改良されているが、それ以降ではほぼ終局状態となっているのがわかる。

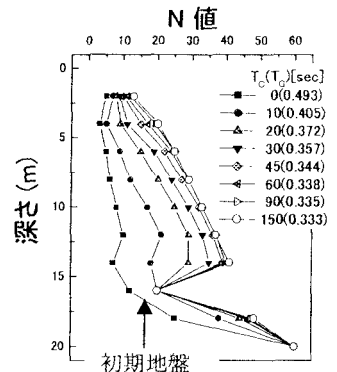


図2. 締固めによるN値の変化

図3は、1ステージごとの締固め加振時間 T_c と地盤の固有周期 T_G の関係であるが、 $T_G=0.330\text{sec}$ 前後で締固め限界になっていること

がわかる。さらに、液状化限界として、液状化指数 $P_L=5$ を設定すると、この地盤においては液状化を避けることのできる範囲として、 $0.330 \leq T_G \leq 0.375\text{sec}$ 程度の範囲で T_c を決定することになる。

次に、杭基礎にかかる曲げ・せん断応力から、杭が破壊しない最小の締固め加振時間 T_c を求め、その T_c 以上とすることで、杭を設計することができることを示す。図5及び6から、杭が破壊しないような最小の加

振時間は $T_c=10\text{sec}$ (このとき $T_g=0.405\text{sec}$)となり、したがって、液状化防止と杭頭破壊防止の両方の観点から、 $T_g \leq 0.375\text{sec}$ の範囲となる締固めをすればよいことになる。

上で述べた2つの T_g の範囲を満たしている締固め条件の中で、応答スペクトルが最小になるように決定すると、その点の T_c が最適な地盤改良条件となる。解析対象地盤においては、杭破壊点よりさらに液状化限界まで締固めることが必要であり、上部構造物の固有周期 $T_s=0.2\text{sec}$ を固定しておき、もし、加速度値で設計する場合は、図7の加速度応答スペクトル図(图中縦軸の○印は初期地盤の T_g で、●印は杭応力の限界に相当する改良後の T_g)より、結局、 $T_c=20\text{sec}$ が最適な条件だといえる。

4. まとめ

今回は、1995年兵庫県南部地震の建築被害例の一部について耐震設計を行ったが、他の事例については紙面の都合上割愛し、発表時に述べる予定である。

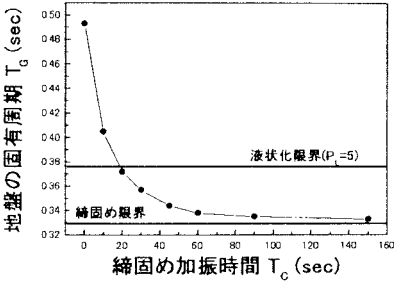


図3. T_c と T_g の関係

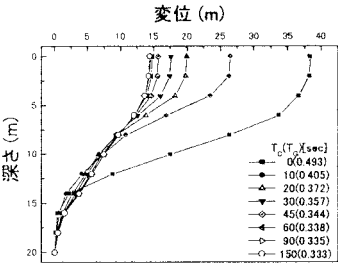


図4. 地盤の最大水平変位

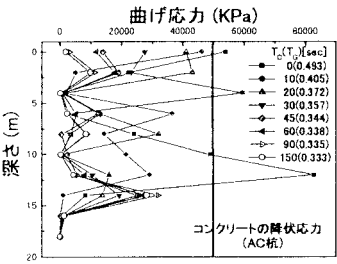


図5. 杭の最大曲げ応力

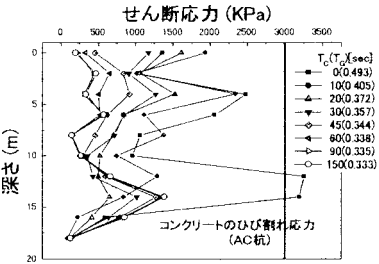


図6. 杭の最大せん断応力

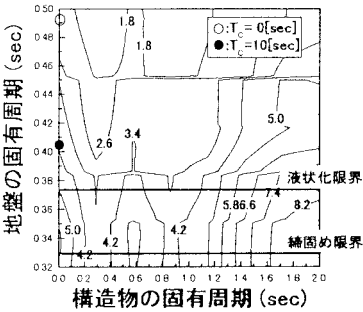


図7. 加速度応答スペクトル (m/s/s)

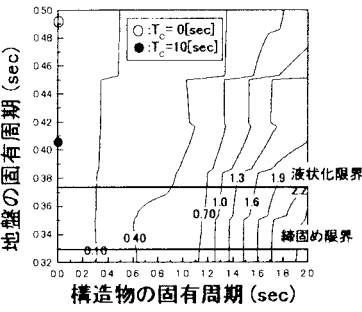


図8. 速度応答スペクトル (m/s)

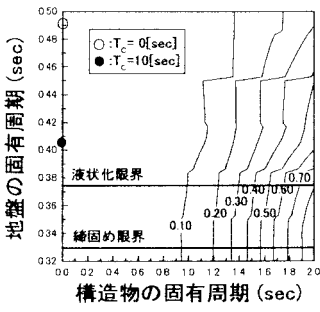


図9. 変位応答スペクトル (m)

参考文献

- 1) Akiyoshi, T. *et al.* Int. J. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.12, No.5, pp.299-307, 1993.
- 2) Akiyoshi, T. *et al.* Proc. 9JES, pp.949-945, 1994.
- 3) 妹尾・細井・永井：兵庫県南部地震における建物・基礎構造物の略算固有周期による検討（その1及びその2）、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、pp.29-32, 1999.9.