

地盤改良による杭基礎地震被害の軽減について

熊本大学 正会員 秋吉 卓 八代高専 正会員 湊田 邦彦
 熊本大学 学生員 〇原口 裕史 熊本大学 非会員 勢戸 隆弘

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では、強い地震動により、比較的固い地盤において構造物が直接被害が生じた他に、埋立地や臨海部など軟弱地盤において地盤の液状化や側方流動による構造物の基礎部破損およびそれに伴う構造物の傾斜などの被害が多く見られた。これより、構造物に関しては、耐震基準の改訂や既存構造物に対する耐震補強や制振（震）構法および免震構法など設計が確立されつつあるが、軟弱地盤における杭基礎構造物については、強震時の地盤剛性の急変による杭基礎側に与える複雑な影響を考慮した設計法は確立していない。そこで、本研究では、サンドコンパクションパイル（SCP）工法による地盤改良を新規に施した時、軟弱地盤地域における杭支持構造物の杭基礎被害軽減について検討する。

2. 解析手法

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 WAP3¹⁾を用いる。また、表層地盤の液状化解析、杭基礎の応力解析においては、2次元有効応力解析プログラム NUW2²⁾を用いた。以上のプロセスにおいては、液状化防止と杭基礎の破壊を起こさせないという制約条件下で、SCP工法の最適な施工条件（締固め加振時間）の設定が可能かどうか検討することと、解析対象として、1995年兵庫県南部地震で被災した杭支持構造物を取り上げて検討する。これまで、基礎系(表層地盤・杭基礎)の応答を独立に求め、これを構造物系に入力して解析し、また杭基礎・構造物を一体系つまり、構造物系は連成系（相互作用系）として解くプログラムの改良を行っている。

3. 解析結果

ここでは、1995年兵庫県南部地震における軟弱地盤における被害事例³⁾について、地盤改良を段階的に施した地盤について、液状化の有無、杭基礎の破壊の有無を解析によって確認し、示すことにする。また、解析対象地盤は、参考文献³⁾の整理番号 No.1 による地盤を用いて解析を行った。この原地盤は、図1に示すようにほぼ全体が砂と砂礫の層である。初期地盤では上部はN値が5程度と軟らかい地盤であるが、下部に向かうに従い急激に増加する分布傾向が見られる。SCP

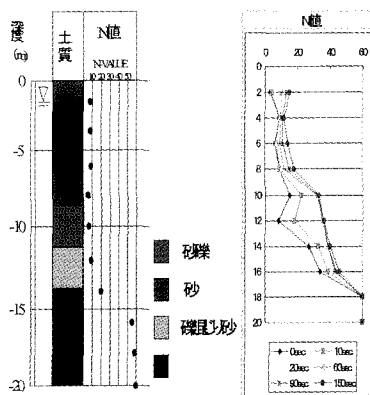
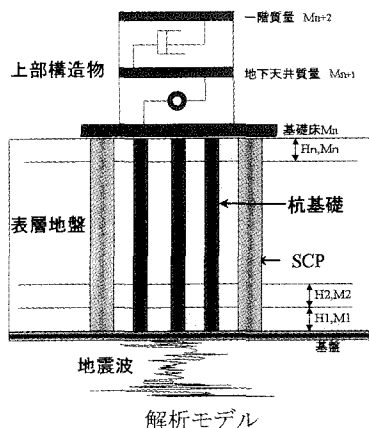


図1 地質と地盤改良 N 値

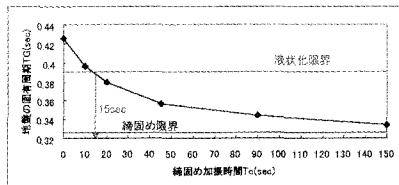


図2 地盤固有周期と締固め加振時間

施工後では、特に砂礫の部分に特に増加する傾向が見られ、振動時間が短い場合でも締固め効果が得られていることが分かる。

図2に、SCP工法における1ステージあたりの締固め加振時間 T_c と地盤の固有周期 T_G の関係を表したものである。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、液状化防止の範囲として $T_G=0.39\text{sec}$ 以下となる締固めが必要となる。つまり、液状化防止 $T_c=15\text{sec}$ 以上で設計すればよいことが分かる。また、図3からもSCPにより地盤の変位が低減され、締固め効果に分かる。

図4に杭の最大曲げ応力分布を示す。初期地盤において、地質の異なる地盤が重なる深さ12m程度のところに極端に、曲げ応力がかかり、杭の長期許容応力度を上回っているが、 $T_c=90\text{sec}$ を超える加振時間で許容応力度以下に抑えることが可能になる。また、地盤の最大水平変位も低減されている。

図5に地盤のみ(A)と杭一構造物系最大水平変位(B)の変位分布を示す。初期地盤では、上部構造物を考慮した場合の方がより水平に変位しているのが分かる。締固めた地盤(T_c :大)ほど全体的な変位は軽減されているが、4m~8mの砂質地盤で特に変位が出る傾向が見られる。

図6に最大曲げ応力分布を示す。初期地盤の場合、地盤の剛性が液状化により小さくなり8mから14mまでの間の応力集中が見られない。また、全体的に見ると構造物の影響を考慮した場合の方が大きい傾向を示す。また、加振時間を長くすることで、曲げ応力および水平変位を抑え、地盤の変位に近づいていくことが分かる。

4. まとめ

以上の結果から、砂質地盤においては、SCP工法により、杭基礎破壊防止効果が得られる事が分かる。その他の結果および耐震設計が可能であるかどうかについては講演時に譲る。

参考文献

- 1) Akiyosi, T et al, Proc. 9JEEES, pp.945-949
- 2) Akiyosi T. et al Int. J. Soil. Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 12, No. 5, pp.299-307, 1993
- 3) 日本建築学会近畿支部基礎構造物部会・兵庫県南部地震基礎被害調査委員会報告, 1996

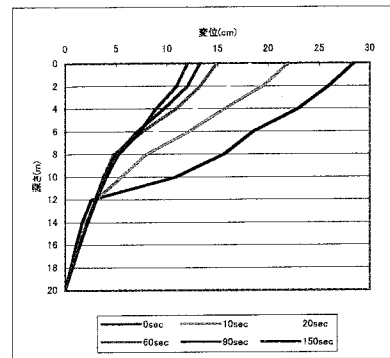


図3 地盤の最大変位分布

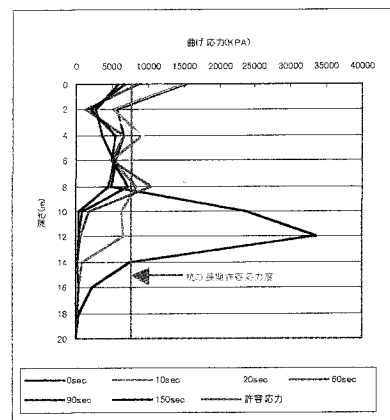


図4 杭の最大曲げ応力分布

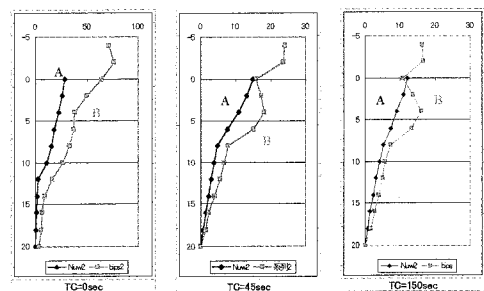


図5 最大水平変位分布

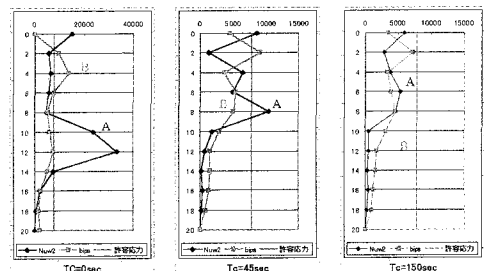


図6 最大曲げ応力度分布