

地盤改良による杭基礎構造物の地震被害軽減の効果について

西田鉄工（株） 正会員 原口裕史
 八代工業高等専門学校 正会員 淵田邦彦
 熊本大学 正会員 秋吉 卓

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、臨海部の埋立地や軟弱地盤において地盤液状化や側方流動に伴う構造物の基礎部破損及び構造物傾斜などの被害が多く生じている。このような被害事例に対して、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及び制震・免震設計など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、強震時の地盤剛性急変に伴う杭基礎構造物に及ぼす複雑な影響を考慮した設計法はまだ確立していないのが現状である。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場合に、軟弱地盤地域における杭支持構造物の地震被害の軽減について検討する。

2. 解析手法の概要

地震応答解析手法として、Biotの2相混合体理論に基づき、構成式として井合らの多曲面せん断機構モデルを組み込んだ、2次元有効応力解析プログラム NUW2 を用いる¹⁾。また、液状化対策工法として SCP による地盤改良については、そのシミュレーションプログラム WAP3 を用いる²⁾。なお、これまで杭基礎をはり要素として表層地盤 - 杭基礎系の液状化解析を行い、これらとは独立に上部構造物系の応答を解析していたが、今回は、表層地盤 - 杭基礎系の液状化解析結果を基に、さらに上部構造物系を一体系として、すなわち地盤・構造物系を連成系（相互作用系）として解析するプログラムの改良を行っている。

3. 解析結果と考察

1995年兵庫県南部地震における軟弱地盤における杭支持構造物被害事例³⁾を解析対象とし、原地盤に地盤改良を段階的に施した地盤モデルに対して、SCP工法による液状化および杭基礎の破壊防止について検討する。地盤モデルは、水平方向を杭間隔基準に、鉛直方向を2m間隔で要素分割し、入力地震波として1995年兵庫県南部地震のポートアイランドで観測された加速度記録（GL-32m、NS成分）を最大加速度 5.4m/s^2 に調整して、基盤面に鉛直下方から入力する。

図1は解析対象地盤の1例であり、文献4)の整理番号 No.1 の地盤構造と地盤固有周期を示している。この原地盤はほぼ全体が砂と砂礫の層で、SCP施工後は特に砂礫の部分でN値が増加する傾向であり、締固め加振時間が短い場合でも締固め効果が得られている。また、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 の関係では、液状化指数 $P_L=5$ を液状化限界とすれば、この地盤で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り、地盤改良としての締固め加振時間 $T_C=10\text{sec}$ 以上で設計すればよいことがわかる。

図2は整理番号 No.15 の地盤構造と地盤固有周期を示している。この地盤は、砂礫層の間に軟弱なシルト及び粘土の厚い層が存在する地

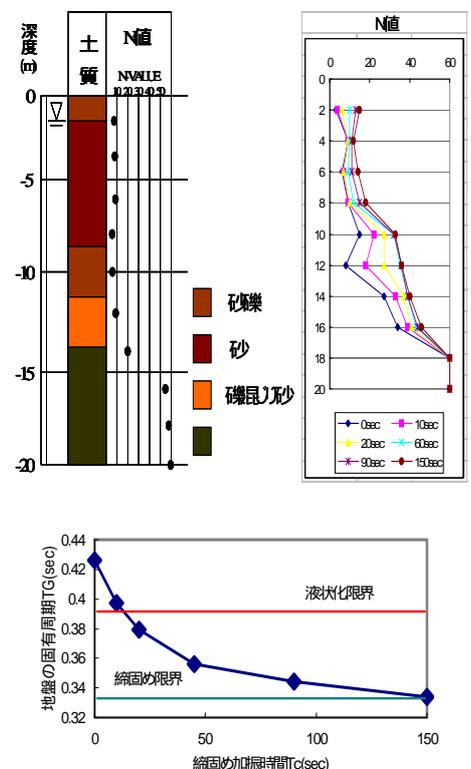


図1 地質構造と地盤改良(No.1)

キ - ワ - ド：液状化，杭基礎，有効応力解析，地盤改良，耐震設計

連絡先：〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627 八代工業高等専門学校 0965-53-1346

盤構造で、この軟弱な層では地盤改良の効果はないが、地盤全体では、前述の No.1 の場合と同様、地盤改良としての締固め加振時間 $T_C=10\text{sec}$ 以上で設計すればよいといえる。

図3，図4はそれぞれ、地盤最大水平変位，杭の曲げ応力の鉛直分布を示したもので、各図中A,Bは、それぞれ、上部構造物と地盤-杭基礎系の連成を考慮しない場合、連成を考慮する場合を表わしている。初期地盤では連成を考慮する場合の方が水平変位は大きく、締固め加振時間が長い地盤ほど全体的に変位は軽減されている。図4の杭の最大曲げ応力では、連成を考慮しない場合は、初期地盤で深さ8m~14mに曲げ応力が集中するのに対して、連成を考慮した場合には杭の水平変位が深さ全体で大きくなり、地質層の境界部への応力集中は表れていない。また締固め改良地盤では、連成を考慮する場合としない場合の差は小さくなり、加振時間が長い場合、地盤剛性の増加による変位の減少に伴い曲げ応力はほぼ許容応力以内に抑えられている。

一方、図5，図6は、No.15の地盤例におけるそれぞれ最大変位と最大曲げ応力の分布を示している。連成を考慮した場合、杭頭部付近の変位と曲げ応力が大きくなり、地盤改良によって液状化を防いでも、杭破壊の可能性が残る例を示している。

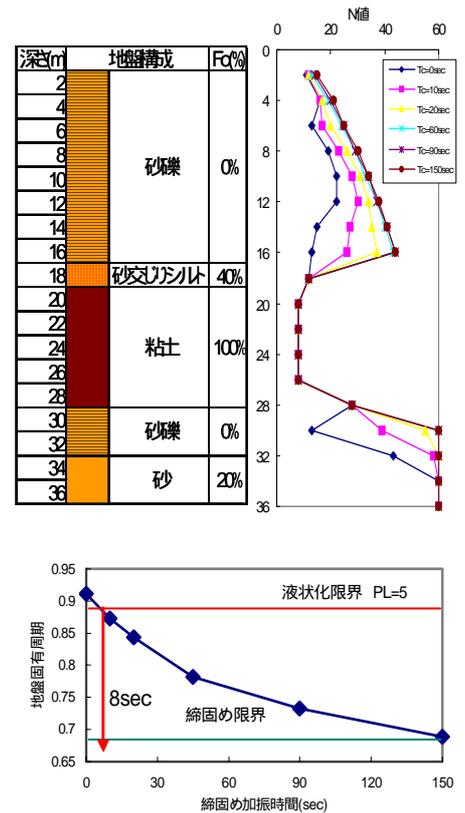


図2 地質構造と地盤改良(No15)

4. まとめ

以上の結果から、砂質地盤においては、SCP地盤改良による、液状化及び杭基礎破壊防止の効果があるが、厚い粘土層を含む地盤では杭破壊の防止が困難なことを確認した。

参考文献 1)Akiyosi, T et al, Proc. 9JEES, pp.949-954, 1994. 2)Akiyosi T. et al, Int. J. SDEE, Vol.12, No.5, pp299-307, 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

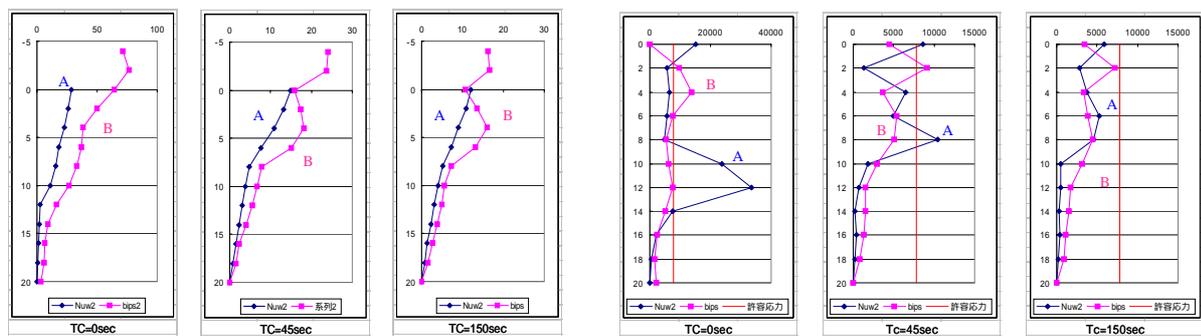


図3 最大水平変位分布(No.1)

図4 最大曲げ応力分布(No.1)

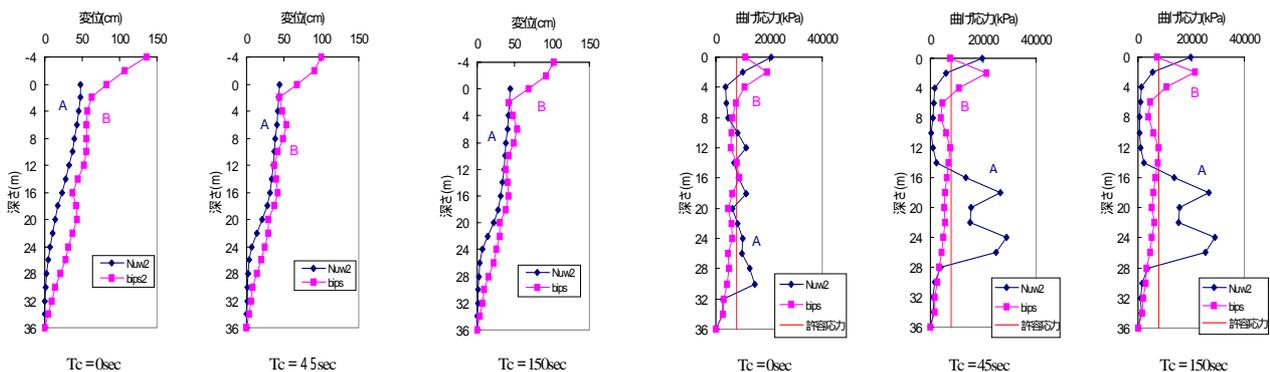


図5 最大水平変位分布(No15)

図6 最大曲げ応力分布(No15)