

III-742

動的効果を考慮したSCPの設計法について

熊本大学工学部 正 員 秋吉 卓・松本英敏, 若築建設 正 員○兵頭武志
八代工業高等専門学校 正 員 瀧田邦彦, 熊本大学大学院 学生員 加藤政彦

1. はじめに 砂質地盤の液状化防止工法として多用されているサンドコンパクションパイル(SCP)工法は1993年の釧路沖地震でその効果が報告された例もあるが¹⁾, 実証例が少なく理論的な検討が必要と考えられる。従来のSCPの設計は, 砂の置換率から目標N値を設計するという静的手法が主流であるが²⁾, 本研究では, 締固めに関係する多くのパラメータを扱える動的設計法(WAP3)³⁾を提案するとともに, 液状化解析プログラム(NUW2)⁴⁾と結合して, SCPによる地盤改良の総合的な設計・評価システムの開発を目指している。

2. 解析手法 本研究では, SCPの打設締固め過程を, (1)ケーシングの静的圧入過程と(2)ケーシングの振動締固め過程との2つからなるものとし, 両過程における間隙比の減少とせん断剛性の増加を解析する。特に(2)のケーシングの振動締固め中にパイプ先端から発生する波動の伝播により地盤の間隙比が減少し, せん断剛性が累積されていく過程までを, 波動累積プログラムWAP3(Wave accumulation process in 3-dimensions)³⁾により一括して解析する。一方, 著者らは, Biotの2相混合体理論を基に, 井合らの構成式⁵⁾を組み込んだ, 2次元液状化解析プログラムNUP2(Nonlinear u-p analysis in 2-dimensions)⁴⁾を開発しているが, 本研究ではさらに, u-w解析によるNUW2を開発し, 上記のWAP3と結合して, 液状化防止効果を加味したSCPによる地盤改良の設計・評価システムを構築した。

3. 解析結果と考察 図1はSCPの現場施工例であり, WAP3と従来法²⁾との締固め予想値をせん断剛性Gの分布で示し, 実測値と比較したものである。WAP3と従来法とは概ね妥当な対応を示している。次に, 初期地盤モデルとして, 図2の■印のようなN値分布をした単層飽和砂地盤を考え, これをWAP3で締固め, さらにNUW2で液状化解析を行う。ここで, 砂杭径を $\phi=0.4\text{m}$, 加振力(振幅)を $P_0=60\text{tf}$ 及び振動数を $f=9.3\text{Hz}$ としている。また液状化解析においては, 基盤入力(水平)はEl Centro波(1940)N-S成分で最大加速度 100gal としたものを用いている。図2では砂杭間隔を 2m , 締固め時間を 200sec で打設した場合の結果を細粒分含有率をパラメータとして示しているが, 細粒分含有率が大きい地盤は締まりにくいことがわかる。また図3は, 図2の初期地盤モデルをWAP3によって締固めたときの締固め度 $r(G/G_{\max})$ と砂杭間隔との関係を示したもので, 砂杭間隔が小さくなるほど締め固めの効果が上がることが示されている。

図4は, 本研究で算出された過剰間隙水圧比 u^* とSCPの締固め度 r との関係を示したもので, 締固め時間と砂杭間隔のパラメータを種々変化した場合のSCP改良地盤の対応値を全てプロットしたものである。0.1~0.9の過剰間隙水圧比 u^* に対する締固め度 r は, 30~10%へと単調に減少しているが, 図より, $r>30\%$ 程度の締固めをすれば u^* の発生は最小限に抑えられることがわかる。

図5は過剰間隙水圧比 u^* と, 砂杭間隔 L , 締固め加振力 P_0 及び加振回数 N_n との関係を示したものである。液状化の発生を $u^*=0.5$ とすれば, L , P_0 及び N_n にはそれぞれ図5より限界値を設定することができる。これより, L , P_0 及び N_n を3つの軸にとり, $u^*=0.5$ 及び0.2における3者の対応関係を図示すると図6のような曲面が描かれる。図6の曲面より上側の領域の条件では液状化が発生することとなり, この曲面は L , P_0 及び N_n の3条件に関する液状化の限界面を意味している。図6を用いることにより, 液状化防止のためのSCPによる地盤改良のより合理的な設計が可能になると考えられる。

4. まとめ 本研究では, WAP3及びNUW2を結合したSCPの設計・評価システムとして, 砂質地盤に対するSCP地盤改良工法を, 従来の静的な取扱いだけでなく, 動的締固めのパラメータや液状化安全性まで考慮した設計法として提案した。

参考文献 1)松永他, 第22回地震工学研究発表会講演概要, pp.399-402, 1993. 2)水野他:土と基礎, Vol.35, No.5, pp.21-26, 1987. 3)秋吉他, 土木構造材料論文集, 第8号, pp.51-60, 1992. 4)Akiyoshi, T. et al, Soil Dynamics and Earthquake Engg., Vol.12, No.5, pp.299-307, 1993. 5)Iai, S. et al, Soils and Foundation, Vol.32, No.2, JSSMFE, pp.1-15, 1992.

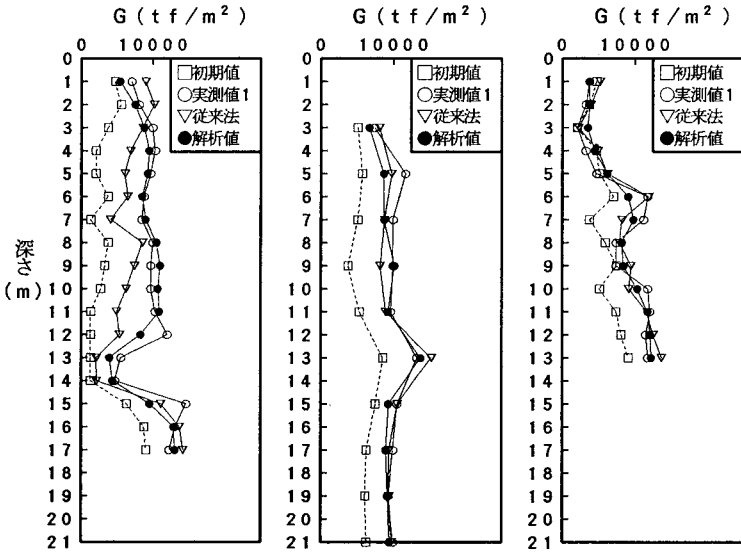


図1 WAP3と従来法によるせん断剛性の比較(現場における施工例)

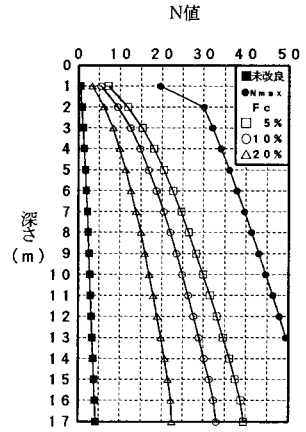


図2 WAP3により改良されたモデル地盤のN値分布

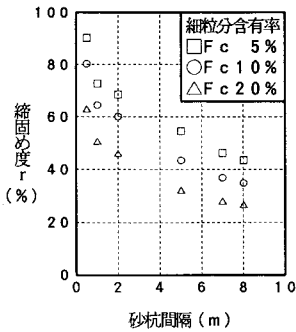


図3 締固め度と砂杭間隔との関係

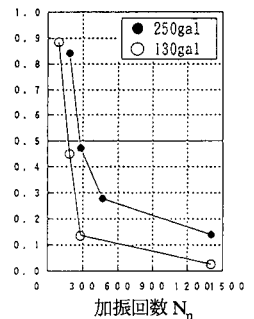
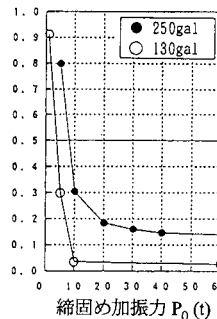
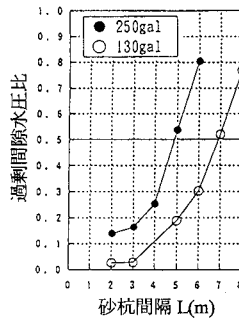


図5 過剰間隙水圧比と砂杭間隔L, 締固め加振力 P_0 及び加振回数 N_n との関係

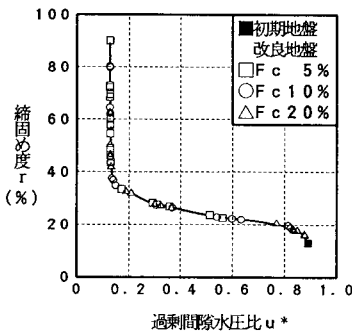


図4 締固め度と過剰間隙水圧との関係

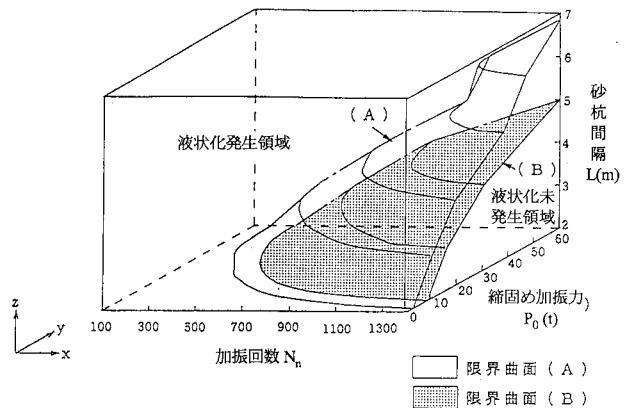


図6 液状化防止限界曲面の立体図