

サンドコンパクションパイルによる地盤改良の効率化

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓  
 若築建設設計部 正員 兵頭武志  
 八代工業高等専門学校 正員 淵田邦彦  
 熊本大学工学部 正員 松本英敏  
 熊本大学大学院 ○学生員 伊藤良二

1. はじめに

現在、地盤の液状化対策として最も採用され、実用されているサンドコンパクションパイル工法（以下SCPと呼ぶ）は、最近の度重なる大規模な地震でもその有効性が報告されている。しかし現在の設計法では、過度に安全側の施工となるケースが多いことや、都市部においての施工の場合、締固め時の隣接構造物への振動や騒音による影響などのため、工法の改良が要請されている<sup>1) 2)</sup>。そこで本研究では、地盤改良を動的に評価するプログラム(波動累積プログラム, WAP3)を開発して、高周波、小荷重によるSCP工法の効率化の可能性について検討を行った。

2. 解析手法

a) 振動締固め近似理論と評価法

SCP工法による地盤改良効果をケーシングの静的圧入効果と、振動締固め効果の和と考える。そのうち、振動締固め効果では各加振点から波動が伝播するたびに、間隙が次式のように減少すると仮定する。

$$e = (e_0 - e_{min}) \exp(-Z) + e_{min}$$

$$Z = ae^{0.75} N_n$$

ここに  $e_0$ : 初期の間隙比  $e_{min}$ : 最小間隙比

$\varepsilon$ : ひずみ  $a$ :  $e - N_n$  実験による回帰係数

$N_n$ : 加振回数

この波動の通過のたびに、地盤内各点で間隙比がその減少してゆき、最終的に間隙比  $e$  を Hardin-Richart の提案式<sup>3)</sup>により、せん断弾性係数  $G$  に換算することで評価する。

b)  $e - N_n$  実験

実験方法は、図-1に示すように振動台の上に円筒形砂槽を設置し、水中落下法により緩詰めした飽和砂層を200mm、または300mmの高さに設置した。その上に、上載圧としての重錐を載荷した。その後、振動台により砂槽を鉛直方向に正弦加振し、砂面の沈下量を測定する。このときの加振回数と、間隙比の関係を図-2に示す。さらに回帰係数  $a$  と振動数の関係を図-3に示す。振動数が20Hz付近で回帰係数  $a$  が最大値を、すなわち締固めが最も効率的になるという関係が認められた。

3. SCP室内模型実験

今回、上述した評価方法の妥当性を確認するため、側方に可動側板をもった、1.0m×1.5m×1.0mの砂槽に粒度調整した砂を水中落下法により0.8mの緩詰め地盤を作成した。そこに径70mm、長さ900mmのケーシングパイプを16本正方形配置で打設した。

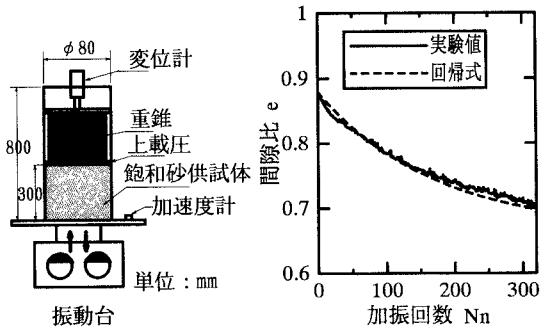


図-1  $e - N_n$  実験装置

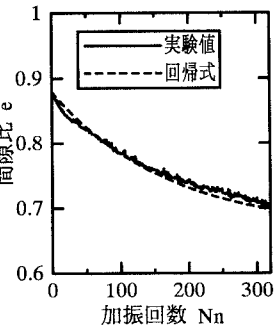


図-2  $e - N_n$  実験曲線

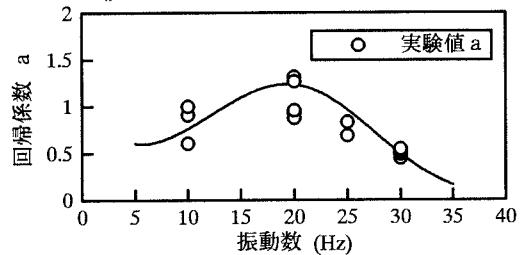
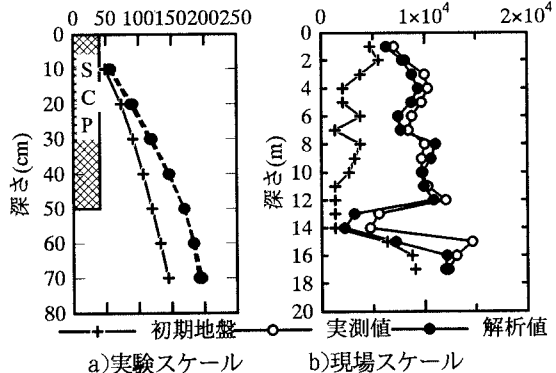


図-3 振動数と回帰係数  $a$  の関係  
 せん断弾性係数  $G$  (kgf/cm<sup>2</sup>)    せん断弾性係数  $G$  (tf/m<sup>2</sup>)



a) 実験スケール    b) 現場スケール

図-4 実データと解析値の比較

4. 実データと解析値との対応

室内実験、実地盤のデータと本解析の結果とを比較する為に、a)に室内実験で杭間隔200mm、振動締め加振力18kgfの場合、b)に現場の一般的な条件(60tf, 10Hz)の結果を図-4に示しているが、実データに解析値がほぼ対応できている。

5. 実地盤における高周波、小荷重による解析

図-3を実地盤に用い、施工条件は、締め加振力、加振回数を固定して、締め振動数を変化させ解析を行ったものが図-5である。一般に、現場では締め振動数が10Hz前後で施工されているが、振動数を20Hzで施工すると、より効率の良い施工条件で地盤改良効果が得られることが分かる。

次に締め振動数を10Hzと20Hzの2パターンについて、締め加振力を変化させた解析結果を図-6に示す。どちらの振動数の場合も、浅層では締め加振力による効果の違いがみられないが、それより深い層のGの分布をみると、10Hzの場合は締め加振力による効果の違いが現れている。従って、振動数を10Hzから20Hzに上げることによって、締め加振力を小さくしても、ある程度の締め効果が得られている。

これらの結果を用い、効率の良い条件で施工をするために、締め振動数、締め加振力、締め時間の施工条件について着目し、+印の初期地盤を2つのケースで、施工をした結果を実測値にあわせて示したものが図-7である。一般的な施工条件と比べ、締め振動数を倍にすることにより、締め加振力は4分の1の15tfに、締め時間は2分の1の30秒に効率化できている。

6. 終わりに

$e-N_n$  実験で得られた振動締めの周波数特性に基づいた本解析手法によれば、高周波・小荷重によるSCP工法が、従来の一般的なSCP工法の施工条件による改良効果と比較しても十分な効果が得られることが分かった。例えば、締め加振力を1/4に、締め時間を1/2にするなど、かなり効率的な施工条件が考えられるので工夫次第でSCPの都市部でのが可能になるのではないと思われる。

参考文献

- 河本・他4名:高周波小径サンドコンパクションパイル工法の施工結果,第27回土質工学研究発表会講演集, pp. 2153-2156, 1992.
- 高橋・小屋町・仁田尾・重野:高周波小口径サンドコンパクションパイル工法の適用,土と基礎, 42-42-4(435), pp. 45-48, 1994.
- リチャード・ホール・ウッズ:土と基礎の振動 岩崎敏男・嶋津晃臣訳, 鹿島出版会, 1970.

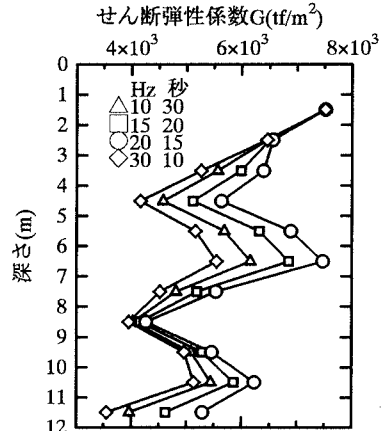


図-5 締め振動数と加振時間の効果の比較 (WAP3による解析)

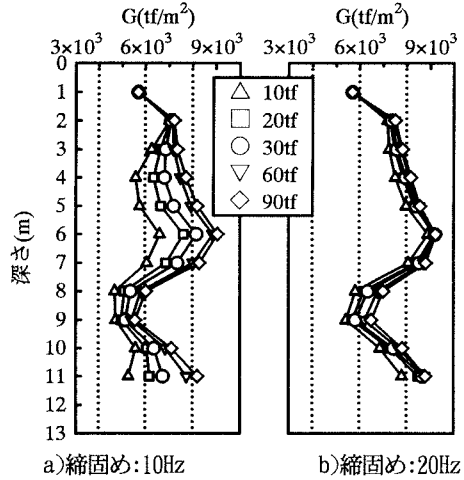


図-6 締め加振力の効果の比較

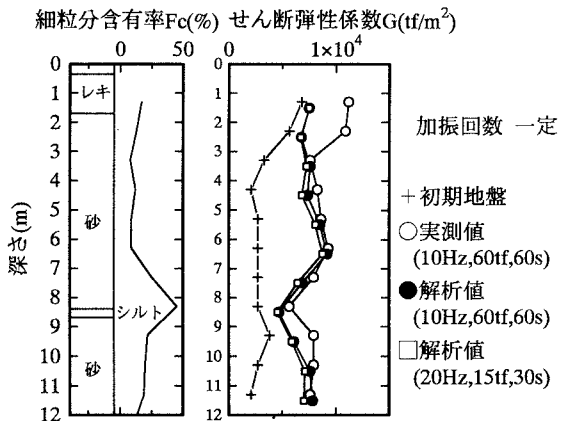


図-7 実地盤での高周波、小荷重による締め効果