

砂質地盤におけるSCP地盤改良の動的評価について

熊本大学工学部 正 員 秋吉 卓
 熊本大学工学部 正 員 松本 英敏
 熊本大学大学院 学生員 加藤 政彦
 熊本大学工学部 学生員 ○王寺 秀介

1. はじめに

液状化対策工法の効果について近年いくつかの報告がされているが、これまで液状化防止工法として、最も多く採用されているのはサンドコンパクションパイル (SCP) 工法である。しかし都市部におけるSCP工法は、振動や騒音および隣接構造物などの周辺への影響が懸念されている¹⁾。そこで本研究では、周辺への影響が少ないと考えられるSCPの高周波、小荷重による工法を提案し、地盤改良を動的に評価するプログラム (WAP3) を用いて、その改良効果を推定して行きたい。

2. 解析手法

A. 振動締固めの近似理論

SCP工法においては、ケーシングの圧入効果に加えて、締固め加振時には各加振点から波動が伝播して、間隙比 e が減少すると仮定する。後述する飽和砂の $e-N_n$ 実験による間隙比 e と加振回数 N_n との関係を次式のように仮定する。

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

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

ここで e_0 は初期の間隙比、 e_{min} は最小間隙比、 a は $e-N_n$ 実験より求まる回帰係数、 ε はひずみである。これを各加振点ごとに累積して、全体の e の減少を求め、Hardin-Richtartの提案式²⁾より、土の各要素のせん断弾性係数 G の増加を求める。

B. $e-N_n$ 実験概要

実験装置は、図-1に示すように振動台の上に内径80mm、高さ800mm、肉厚5mmの円筒形砂槽を設置し、水中落下法によりゆる詰めした飽和砂地盤を200mm、300mmの高さに作成した。その上に上載盤を載せ、更にその上に上載圧として重錘を載荷した。その後、振動台により砂槽を鉛直方向にのみ正弦加振を行い、砂面の沈下量を変位計により測定する。図-2は、加振回数に対する間隙比の変化をプロットしたものである。

C. $e-N_n$ 実験結果

振動数を5Hzから35Hzまで変えて、上述の実験を繰り返し行い、間隙比と加振回数との関係を求めた。図-3は、振動数と回帰係数 a の関係を示したものである。図のような曲線が得られ、振動数20Hz前後で回帰係数 a は最大の値をとることがわかる。

3. SCP模型実験概要

図-4に示すように、縦1.0m、横1.5m、高さ1.0mの砂槽に粒度調整した液状化し易い砂を用いて、水中落下法により深さ0.8mのゆる詰め実験地盤を作った。この地盤に、直径70mm、長さ900mm、肉厚3mmのスチール製ケーシングパイプを計16本、深さ0.5mまで正方形配置で静的に圧入した。締固めは、振動数25Hzで鉛直方向にのみ加振して1ステップにつき、10秒間振動、15秒間引き抜きを

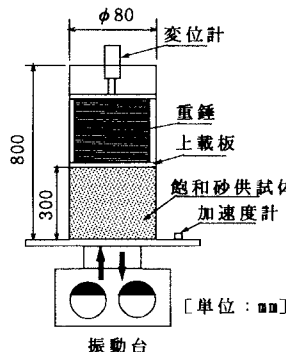


図-1 $e-N_n$ 実験装置

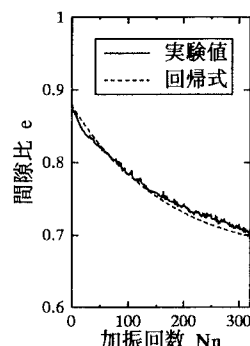


図-2 $e-N_n$ 実験曲線

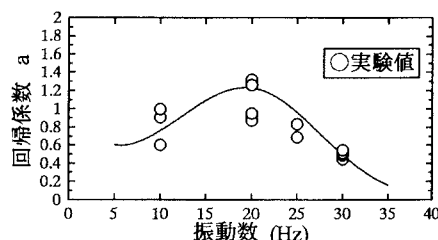


図-3 振動数と回帰係数 a の関係

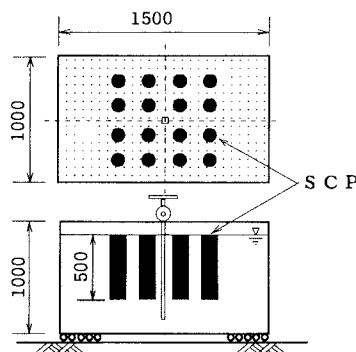


図-4 実験砂槽図

地表面まで6回繰り返し行った。

4. 実験値と解析値の対応

図-5は、杭間200mm、振動締固め加振力18kgfの場合について、SCPを打設した時の圧入効果と振動締固め効果をもせん断弾性係数 G を用いて表したものである。図-5(a)は、SCP工法による地盤改良効果を表したもので、地表面付近では、それほど改良効果は見られないものの、全深度に渡って一様にせん断弾性係数 G が増加しているのが分かる。図(b)と(c)は、それぞれ圧入時、振動締固め時におけるせん断弾性係数 G の増分 ΔG_1 、 ΔG_2 を表したものである。圧入効果は深くなるにつれて大きくなり、締固め効果は打設深度である500mm付近で最も大きい事が分かる。また、解析値(WAP3)と実験値を比較してみると、よく対応がとれており、実験地盤においてWAP3による解析が妥当であるといえる。

5. 実地盤における高周波、小荷重による解析

図-3の振動数と回帰係数 a の関係をj用いて、実地盤についてWAP3で解析したものが図-6である。締固め加振力は10tf、加振回数は300回に固定して、振動数の違いによる比較を行った。この図より、20Hzで最も大きな改良効果を得ることが分かる。一般に現場では振動数10Hz前後で施工されており、高周波である20Hzを用いることでより効率よく施工出来る。

図-7は、実際の現場の施工例(60tf, 10Hz)に基づいた解析と高周波、小荷重によるSCP工法について、SCP締固めプログラム(WAP3)による解析では、十分な改良効果を得られることが分かった。これによると、振動数を20Hzにすると、締固め加振力を1/4、加振時間を1/2にすることができ、経済的に見ても有効な手段であり、また都市部でも騒音や振動を少なくするなど環境を考慮した施工が可能になるといえる。締固めの周波数依存性については、今後さらに実験等で詰めていきたい。

6. おわりに

今回、実地盤で得られた締固めの周波数特性に基づく高周波、小荷重によるSCP工法について、SCP締固めプログラム(WAP3)による解析では、十分な改良効果を得られることが分かった。これによると、振動数を20Hzにすると、締固め加振力を1/4、加振時間を1/2にすることができ、経済的に見ても有効な手段であり、また都市部でも騒音や振動を少なくするなど環境を考慮した施工が可能になるといえる。締固めの周波数依存性については、今後さらに実験等で詰めていきたい。

参考文献

- 1) 土質工学会：軟弱地盤対策工法，第3章サンドコンパクションパイル工法，pp.119-120.
- 2) 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.

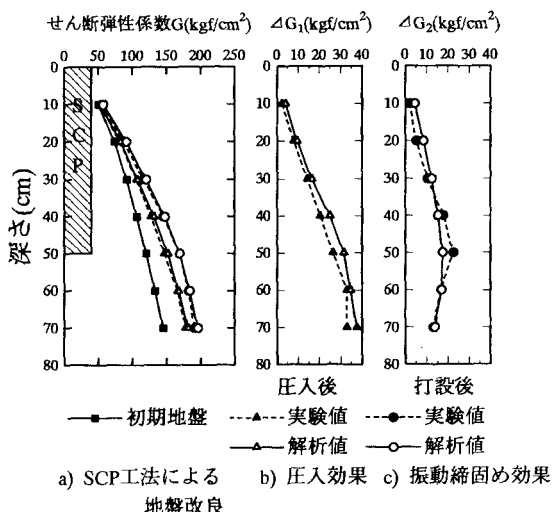


図-5 実験値と解析値の比較

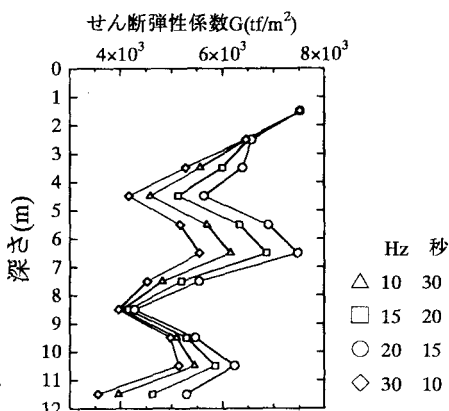


図-6 締固め振動数と加振時間による効果の違い (WAP3による解析)

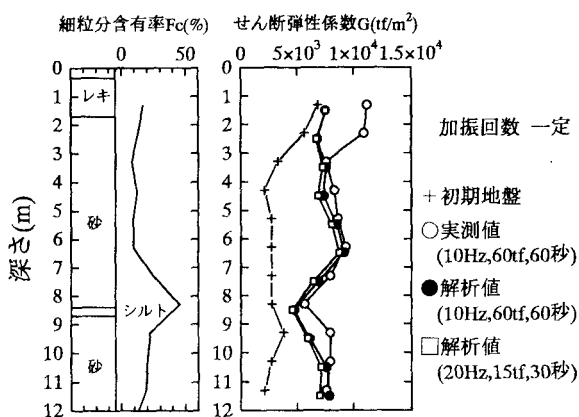


図-7 実地盤での高周波、小荷重による締固め効果 (WAP3による解析)