

SCP改良地盤の液状化防止効果について

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
 熊本大学工学部 学生員○赤木 宣文
 熊本大学工学部 学生員 小竹 茂夫

1. はじめに 軟弱地盤の液状化対策工法の一つであるSCP工法は有効かつ実績のある工法としてこれまでに数多くの施工が行われている。このSCP工法により締固められた地盤は不均一な強度を持つ地盤であるが、現在このSCP工法により締固められた地盤が地震などの振動を受けた場合にどの程度の液状化防止効果を発揮するのかについての報告例は少ない。本研究では地盤とケーシングおよびそのプロセスをできるだけ実際と相似させて締固め加振力、砂杭間隔などの異なるSCPを施工し、これらの地盤についての水平加振実験を実施し、液状化防止効果があるパラメーターの検討を行った。さらに、鉛直2次元の液状化解析プログラムを開発し、実験との検証を行い、実地盤でのSCPの効果的施工法を調べた。

2. 実験方法 本実験では図-1に示す振動砂槽(一側面アクリル板、その他スチール板、縦1.0×横1.5×高さ1.0m、加振方向の側板はせん断変形が可能な可動側板)に、表-1に示す試料砂(川砂)を水中落下させ、地盤高0.8mのゆる詰め飽和砂地盤(相対密度 $D_r \approx 20\%$)を作成した。この時SCPを施工した地盤内の過剰間隙水圧および地盤内加速度を測定するため、砂杭間中央に地表面から深さ100, 400, 700mmの3ヶ所に水圧計および加速度計を設置した。なお、SCP施工後の地盤剛性との比較のため原地盤の静的コーン貫入試験を行った。

表-1 試料砂(川砂)の物性値

土粒子密度	2.866
最大粒径	2.0 mm
最大間隙比	0.985
最小間隙比	0.688
均等係数	2.33
透水係数	$1.38 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$

次に図-2のように、実際のSCP工法を模した施工手順とSCP模型により、正方形配置の砂杭を16本施工する。SCP模型を図-3に示す。ケーシング部には内径70mm、肉厚3mmの鋼管を用いた。SCP締固め条件は表-2に示すとおりであり、いずれのケースも締固め振動数は25Hzとした。SCP施工後に静的コーン貫入試験を行い、改良地盤の強度・剛性を求める。その後砂槽全体を水平加振して液状化実験を行ったが、いずれのケースも振動数5Hz、加振時間20秒、最大加速度100galで正弦加振した。

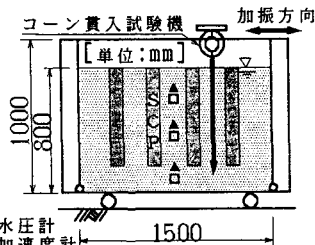


図-1 振動砂槽実験概要図

3. 解析方法 解析には今回本研究室において開発された2つのプログラムを使用した。まずSCP施工時の地盤剛性の改良効果を動的に評価した波動累積¹⁾プログラムにより行い、SCP施工後の地盤剛性の3次元分布を求めた。さらにSCP施工後の不均質な改良地盤について、有効応力法に基づいた有限要素法による液状化解析プログラムを用いて、各地点の地盤内加速度および過剰間隙水圧の時間歴を求め、これにより液状化発生の有無または程度を判定した。プログラムは当然室内実験および現場データと対応がとれるように調整されているが、これもSCP施工時の地盤内水圧の解析ができるように改良されている。

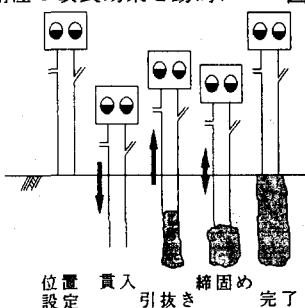


図-2 施工手順図

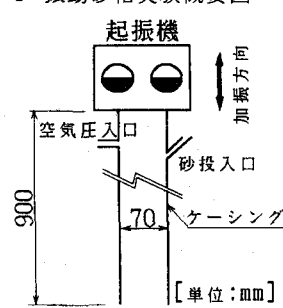


図-3 ケーシングおよび起振機の模型概要

4. 実験および解析結果と考察

【SCP改良地盤の水平加振実験】

SCPを施工する際のパラメーターとして砂杭間隔および締固め加振力を取り上げ、実験結果を砂杭間中心で、地表面下10cmにおける砂中加速度および過剰間隙水圧比をそれぞれ図-4および図-5に示す。

表-2 SCP施工条件

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6
締固め加振力(kgf)	未改良	6.2	8.0	9.8	8.0	9.8
杭間距離(mm)	未改良	200		250		

図-4、図-5に見るように、液状化は砂中の応答加速度の急減および過剰間隙水圧比が1.0に接近する現象としてとらえられ、SCPを施工した地盤でも液状化の発生・非発生の限界が存在することを示している。これらの結果をまとめたものが図-6であるが、この実験の範囲内では、液状化を防ぐパラメーターとして締固め加振力が重要であることを示しており、SCP打設後の砂杭間中心での地盤剛性の改良効果とも対応している²⁾。

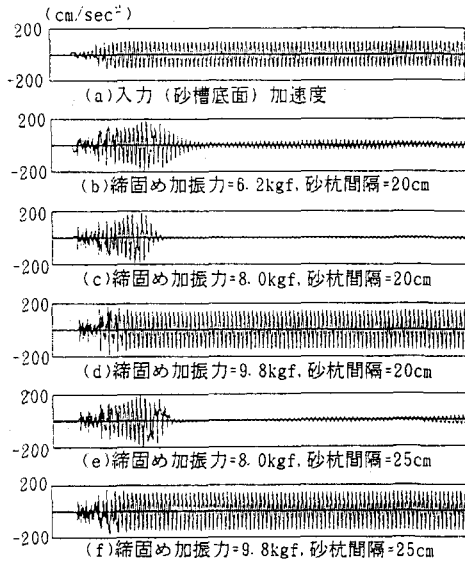


図-4 締固め加振力および 砂杭間隔
による砂中加速度の応答
(加速度計位置:砂杭間中心の地表面下10cm)

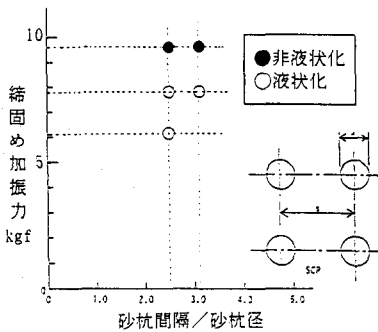


図-6 締固め加振力、砂杭間隔と
液状化との関係
(砂杭間中心で地表面下10cmの位置)

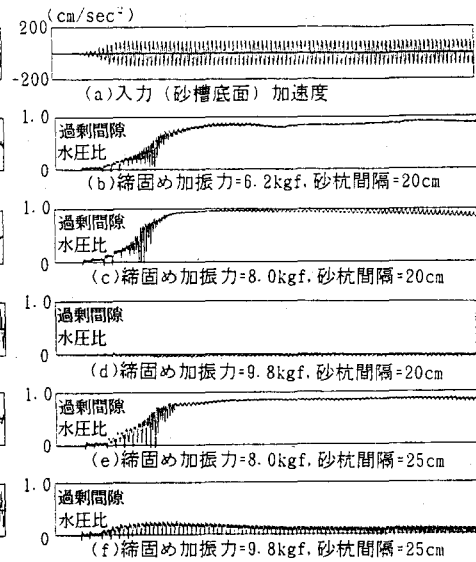


図-5 締固め加振力および砂杭間隔
による過剰間隙水圧の応答
(水圧計位置:砂杭間中心の地表面下10cm)

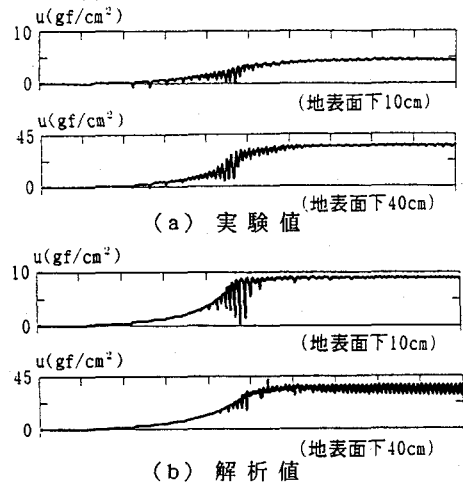


図-7 実験および解析による過剰間隙水圧の比較
(締固め加振力 6.2kgf, 砂杭間隔 20cm)

[液状化解析プログラムの検証]

図-7は実験と解析における過剰間隙水圧を同一条件下、すなわち解析においては締固め加振力6.2kgf、砂杭間隔20cmでSCPを打設して実測した剛性分布を初期値として用いている。図に見るように、地表面下40cmの水圧変動は解析プログラムで完全に予想されている。しかし地表面下10cmでは実験と解析との水圧は、傾向はよくとれているが、完全には対応していない。これは恐らく地表面では砂粒子の運動が激しいので水圧計が傾斜したり、設定位置からずれることなどが関係あるのかもしれないが、それほど重大な相違ではない。このように本研究室で開発された2次元液状化プログラムは概ね妥当な結果を与えることが分かった。

参考文献

- 1) 秋吉・洲田・松本・兵頭・方: サンドコンパクション工法による地盤剛性改良の動的評価について, 土木構造・材料論文集, 第8号, 1992.11, pp.51-60.
- 2) 秋吉・兵頭・方・阿武: SCP工法による地盤締固め効果について, 平成4年度土木学会西部支部講演発表会講演概要集, 1993.3.