

熊本大学大学院 学生員 ○上田 徹志
 熊本大学工学部 正 員 秋吉 卓
 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
 若築建設(株)設計部 正 員 兵頭 武志

1. はじめに 筆者らはこれまで、様々な液状化防止を兼ねた軟弱地盤の振動締固め工法として最も施工実績の多いSCP工法の振動締固め効果を動的に評価する手法¹⁾について報告してきた²⁾。今回は、前報の手法を検証するために、SCP工法の模型起振装置を作成し、実験砂槽内の緩詰め飽和砂層に実際の現場施工方法と同様の手順で砂杭を打設するという簡易なモデル実験を行った。本報ではこの実験において、砂杭の打設本数による地盤剛性の変化を静的コーン貫入試験により測定し、その結果と前報の数値解析手法により得られる結果との対応について考察する。

2. 実験概要 本実験に用いた鋼製の小型実験砂槽(長さ1.5m,奥行き1.0m,深さ1.0m)を図-1に示す。飽和砂部分(層厚800mm)は、表-1に示す比較的均一な試料砂(川砂)を用い、水中落下法により緩詰め状態(相対密度 $D_r \approx 20\%$)とした。図-2はSCP模型起振装置の概要である。この装置は内径70mm、長さ900mm、肉厚3mmの鋼管パイプの天端に小型起振機(最大加振力9.8kgf)を取り付け、圧縮空気の圧入口および中詰め砂投入口を天端下約100mmの位置に取り付けたもので、加振方向は鉛直方向のみである。本実験でのSCPの打設手順は、1本の砂杭打設について図-3に示すように一般の現場と同様の手順で行った。まず、打設深度500mmから1ステップにつき100mmずつ加振点深度を引き上げて行き、各深度において振動数25Hzで10秒間加振し締固めを行った。なお、ケーシング引き抜き時に小型エアークンプレッサー(最大空気圧0.1 kgf/cm²)を用いてケーシング内に圧縮空気を送り込むことにより中詰め砂を強制的に排出できるようにした。打設配置は正方形配置で、打設本数は長さ方向に4列、奥行き方向に4列の計16本とした。今回行った実験ケースについては表-2に示してある。また地盤剛性の測定には、コーン貫入試験機を用いて抵抗値を測定した。貫入方法は人力による連続圧入方式で、測定箇所は深度100mmの位置から100mm間隔で深度700mmの位置までとした。図-4に測定位置と砂杭打設位置の位置関係を示してある。

3. 実験結果と考察 図-5はコーン貫入抵抗値 q_c について、初期状態から砂杭4本打設後までの増分 Δq_c を深度方向にプロットしたものである。この図より、全深度に渡り q_c が増加しており、どのケースも打設深度500mm付近で最大の増分を示している。砂杭間隔200mmの場合、地表面から打設深度500mmまでは締固め加振力の違いによる差は見られず、打設深度500mm以深で締固め加振力が小さい程改良効果が低いことが分かる。一方、砂杭間隔250mmの場合、全深度に渡って締固め

表-1 試料砂の物理定数

土粒子密度	2.866 ton/m ³
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
平均粒径	0.32
透水係数	1.38×10^{-4} m/sec

表-2 施工条件

	砂杭間隔(mm)	加振力(kgf)	記号
CASE-1	200	6.2	△
CASE-2	200	8.0	○
CASE-3	200	9.8	□
CASE-4	250	8.0	●
CASE-5	250	9.8	■

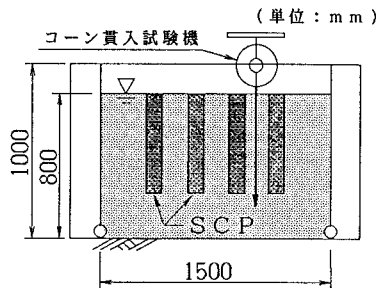


図-1 実験砂槽概要

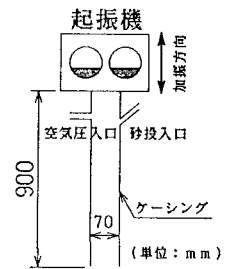


図-2 SCP模型起振装置

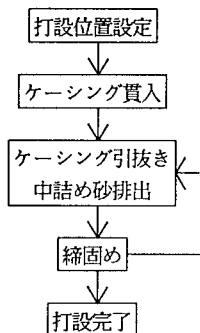


図-3 打設手順フロー

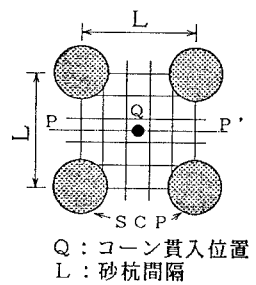


図-4 SCP配置図

加振力の違いによる影響が Δq_c の差となって現れており、砂杭間隔200mmの場合と同じ改良効果の実現には大きな加振力が必要である。次に砂杭間隔別に見ると、締固め加振力9.8kgfでは、全深度にわたり砂杭間隔250mmの Δq_c が砂杭間隔200mmの値の約70%となっている。締固め加振力8.0kgfでは、全深度にわたり約50%となっている。これらのことから、本実験では改良効果に対して砂杭間隔が締固め加振力に比べて大きく影響することが認められた。

4. 実験値と解析値の対応 図-6は本実験の初期飽和緩詰め砂層に対して砂杭を4本打設した後、図-4におけるP-P'断面について、前報の手法を用いて解析したせん断弾性係数G(以下、解析値)をコンターにより図示したものである。砂杭間隔は(a)が250mm、(b)が200mm、締固め加振力は(a)、(b)共に8.0kgfである。(a)について見ると深層部分の砂杭付近で高い改良効果がみられる。(b)では砂杭より離れた部分では(a)と変わらないが、砂杭付近で(a)に比べGが約15(kgf/cm²)程度大きく現れている。図-7は、締固め加振力8.0kgf、砂杭間隔250mmの場合の実験より得られたコーン貫入抵抗値から換算したせん断弾性係数G_i(以下、実験値)および解析値Gから初期値G₀を差し引いたそれぞれの増分 ΔG を深度方向にプロットしたものである。全体的にみて実験値に比べ若干解析値が小さいものの、実験値と解析値は同じ傾向を示している。図-8は砂杭間隔をパラメータにし、締固め加振力に対する ΔG についてプロットしたものである。まず、(a)の深度400mmの場合は解析値が実験値より若干大きく出ているがよく対応しているのが分かる。(b)は深度500mmの場合で(a)とは逆に解析値が実験値より小さく出ているが、締固め加振力に伴う ΔG の増加傾向はほぼ一致している。また、(a)、(b)両図から砂杭間隔が狭くなる程、締固め加振力に伴う ΔG の増加率は高くなるのが分かる。以上のことから、この解析手法は実験値に対し地盤の全深度において適合性が認められた。

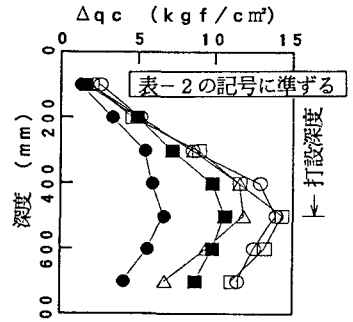
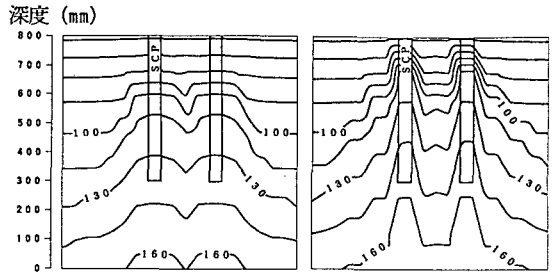


図-5 コーン貫入抵抗値の増分 Δq_c の深度分布



(a) 砂杭間隔 250mm (b) 砂杭間隔 200mm (単位:kgf/cm²)

図-6 改良地盤のせん断弾性係数Gの分布(P-P') (締固め加振力 8.0kgf)

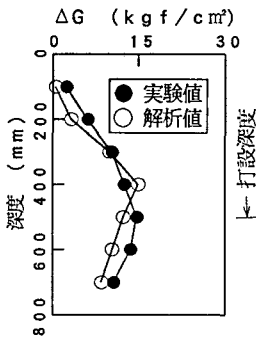


図-7 砂杭間せん断弾性係数Gの実験値・解析値の比較 (砂杭間隔 250mm 締固め加振力 8.0kgf)

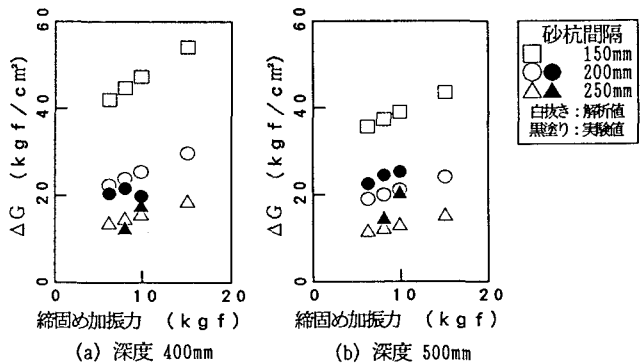


図-8 締固め加振力とせん断弾性係数の増分との関係

5. おわりに 今回の研究により、SCP工法の緩詰め飽和砂地盤に対する剛性改良効果の傾向を、本解析手法により把握することができた。実施工で打設深度以深の剛性改良効果を期待する設計はされないと考えられるので、実用性の面でも十分評価できるものと言える。

<参考文献>

- 1) 秋吉・洲田・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，土木構築・材料論文集，第8号，1992.11，pp.51-60.
- 2) 秋吉・松本・兵頭：振動締固め工法の動的評価について，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第3部，1992.9，pp.1112-1113.