

III-85

吸水—振動締固め工法及びSCP工法による締固め性状に関する測定事例

前田建設工業(株) 正会員○清水 英樹 嶋田 三朗
同 上 正会員 石黒 健 飯島 健
同 上 正会員 菅井 正澄

1. まえがき

飽和砂地盤に対する液状化対策として締固め工法は豊富な施工実績を有しているが、それらの締固め性状は必ずしも明確にされているとはいえない。著者らは、締固め工法の1つである振動棒締固め工法に改良を加えた「吸水—振動締固め工法」(締固め施工中に発生する過剰間隙水圧を人為的に除去(吸水)しながら締固めを行う工法)を提案し一連の現場実験によって効果の検証を試みてきたが、同時に本工法による締固め性状を調べる目的で、いくつかの現場計測を実施してきた。本文はこれらの計測結果を、1. 締固めによる密度増加、2. せん断剛性(S波速度)の増加、3. 静止土圧係数(K_0)の増加、4. 施工時の地盤変位といった視点からとりまとめたものである。また、参考のために砂の圧入による締固めを主体とするSCP工法についても同様の計測を行ったので併せて報告する。

2. 実験方法

実験は、図-2中の土質柱状図に示すような砂地盤において実施した。地盤の初期Nd値は5~10と緩い状態にあり、地下水位はGL-3.6m付近に位置する。また、GL-6m付近に埋土層と旧海底面との境界がある。実験ヤードの概要は図-1に示すもので、実験手順は以下の通りであった。なお、詳細については既報¹⁾²⁾を参照されたい。

(1)改良前の地盤において以下に示す各種測定を実施する。

- ①ラムサウンディング(初期Nd値)
- ②RI法による密度・含水量測定
- ③PS検層
- ④孔内載荷試験(LLT)による K_0 値の測定
- ⑤挿入式傾斜計による地盤変位の測定

- (2)ピッチ1.5mの格子状に振動締固めを4点実施する。この際、振動棒の周辺にあらかじめ設置したウェルポイントから強制的に水を吸い上げ過剰間隙水圧の除去を図る(吸水振動)。なお、SCP工法による締固めも同様のピッチで4点実施する。
- (3)締固め終了後、杭間においてボーリングを行い(1)と同様の計測を実施する(但し、⑤傾斜計の測定は1点のみの打設後に2m離れの位置で実施した)。
- (4)別地点で(2)と同様の締固め施工を実施し、杭間においてラムサウンディングを行って事後Nd値を測定する。

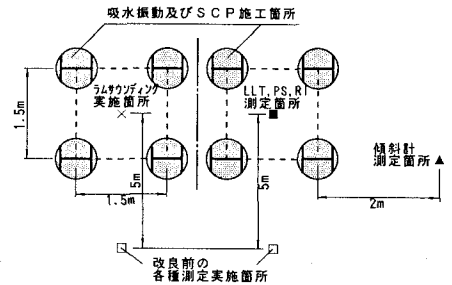
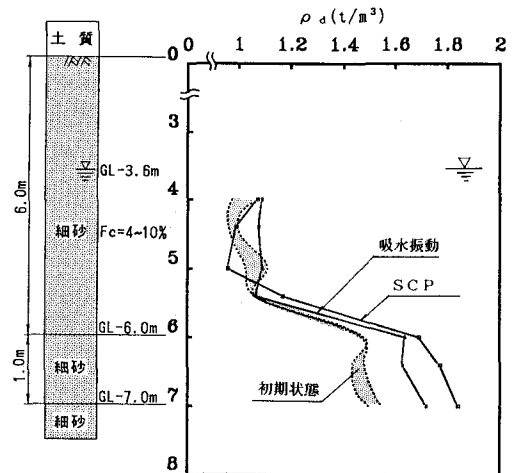


図-1 実験ヤードの概要

図-2 土質柱状図及び締固めの前後における乾燥密度(ρ_d)の深さ方向分布

3. 実験結果および考察

締固めによる砂地盤の強度増加は、①密度の増加、②構造の安定化、③土圧の増加(平均主応力の増加)といった要因の組み合わせによりもたらされるものと考えられる。図-2にまず、挿入型RI密度計により求めた乾燥密度 ρ_d の深さ方向分布を示す。上部埋土層では、吸水振動での密度増加が大でありSCPでは締固めによる顕著な変化がみられないこと、下部の旧海底面以深ではいずれも密度増加が生じており、この部分ではSCPによる密度増加の方が大であることが判る。但し、埋土層においてSCP工法による密度変化が見られなかったことは、SCP工法が密度増加型工法であることを否定するものではなく、このような緩い地層では地盤の拘束が小さいために、今回のようにSCP杭を4点打設するのみでは砂の圧入効果がまだ顕著に現れていないためと考えるべきであろう。これに

対し、振動締固めでは4点のみの施工であっても砂層の全層にわたって密度が増加しており、SCPのような地盤の拘束による密度増加とは異なるタイプであることが示唆される。次に、図-3は、P波検層によって求めたせん断波速度 V_s の分布を示している。上部埋土層では吸水振動、SCPいずれも V_s の増大が認められるが、吸水振動の方が初期値からの増加率は顕著であった。地盤のS波速度は微小ひずみ時のせん断剛性 G 。すなわち砂の構造を反映させる指標になると言われており³⁾、上部埋土層でのこのような差異は、吸水振動が砂の構造を強化させるタイプの工法であることを暗示している。但し、ここでも密度と同様に、SCP工法において拘束圧の不足がS波速度の低下を招いている可能性がある。図-4は、LLTより求めた K_0 値の深さ方向の分布を示しており、両者の締固め性状の違いが明確に現れている。吸水振動では初期状態からの K_0 値の増分が僅かであるのに対し、SCPでは大幅に K_0 値が増加し、横方向の拘束が増大していることがわかる(図中の○、●印のプロットは、ほぼ同じピッチでSCPを施工した末松ら⁴⁾のデータであるが、良好な一致が見られる)。図-5には傾斜計による地中変位の測定結果を示しているが、吸水振動では施工時にほとんど地盤変位が発生しないのに対して、SCP工法では地盤を外へ押し出す挙動が顕著であり、図-4の K_0 値の違いを裏付けている(本実験では、SCP工法施工時に傾斜計が破損し地中変位が測定できなかった。このため図中には他の砂地盤で計測されたデータを掲載した。但し、地表面変位(□印)については本実験のデータであり、この値はこれら既往の実測例と整合している)。以上の3つの結果を総括すると、SCP工法が砂の圧入による側方への拘束増大を主体とするのに対し、吸水振動は地盤変位や拘束の増大をほとんど与えない、密度増大・構造安定化型の改良工法であることが推測される。

最後に、両工法による締固め効果の違いを N_d 値の増分 ΔN_d 値にて示した結果が図-6である。前述したいくつかの要因がどのような比率で締固め効果とむすびついているかは不明であるが、結果としては全体に吸水振動の N_d 値増分がSCPよりも大となる傾向となった。これはすでに述べたように、SCP工法が拘束増大型の工法であるにもかかわらず、実験では4点のみの施工しか行えなかったことによるものと思われ、実施工のように多点的な施工をすれば、SCP工法の効果はより増大することが予想される。

<参考文献>

- 1) 吸水-振動締固め工法に関する現場検証実験：石黒、砂地盤の液状化対策に関するシンポジウム、1991.1
- 2) 各種締固め工法に対する吸水-振動締固め効果の検証：石黒、第26回土質工学研究発表会、1991.6
- 3) S波速度を用いた粗粒土の液状化強度予測：時松、吉見、第7回日本地震工学シンポジウム、1986
- 4) 基礎の周りの地盤改良工法：末松、竹原、橋脚と基礎、1977.12

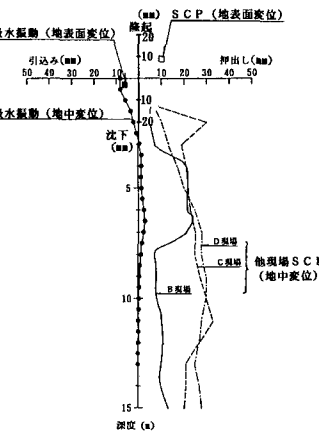


図-5 締固めが地盤変位に与える影響(2m離れ)

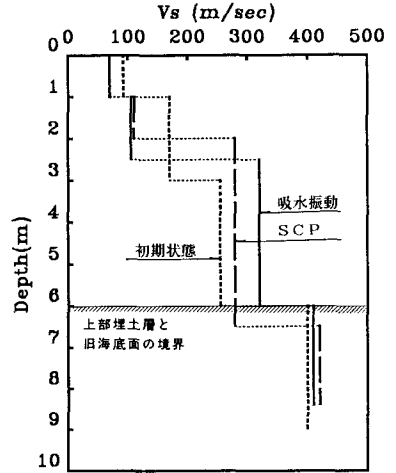


図-3 締固めの前後におけるせん断波速度(V_s)の深さ方向分布

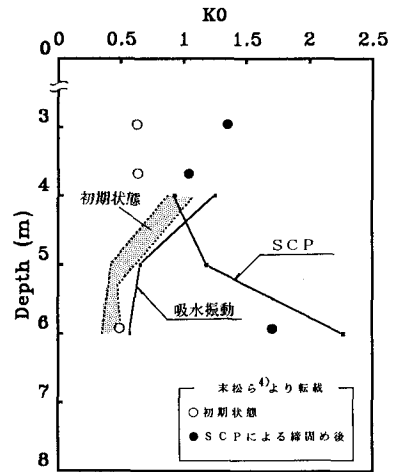


図-4 締固めの前後における K_0 値の深さ方向分布

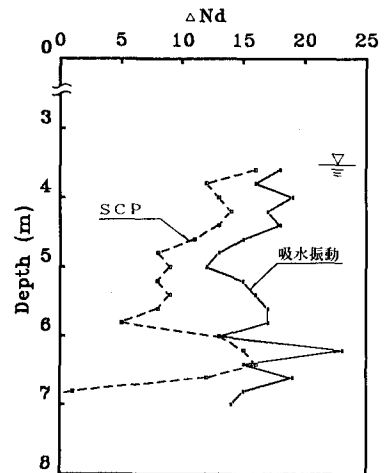


図-6 締固めによる N_d 値増分量(ΔN_d)の深さ方向分布