

はじめに

サンドコンパクションパイル(SCP)工法は地盤改良工法の一つとして数多くの施工実績があり、緩い飽和砂地盤の液状化対策工法としてもしばしば用いられている。液状化対策工法としてのSCP工法の対策原理は、地盤を密実化することおよび水平土圧の増加などにより地盤の液状化抵抗を増加させるものであるが、改良地盤の飽和度がかなりの程度低下していることが指摘されており、この影響についてもさらなる調査が待たれているところである。また、一般にSCP改良地盤の液状化抵抗は、自然地盤の液状化抵抗と同様にN値によって簡便に評価されているが、この評価法のSCP改良地盤への適用性も十分には確認されていない。

本報では、SCP工法で改良した地盤で原位置試験を行うとともに凍結サンプリング試料に対する室内試験を実施し、改良地盤の飽和度および液状化抵抗の評価法について検討した結果を報告する。

原位置試験及びサンプリング位置

原位置試験および凍結サンプリングは図1に示す、新潟、出雲、安来の3地点で行った。新潟は河口から約13kmの信濃川高水敷、出雲は神戸川河口から約4.5km

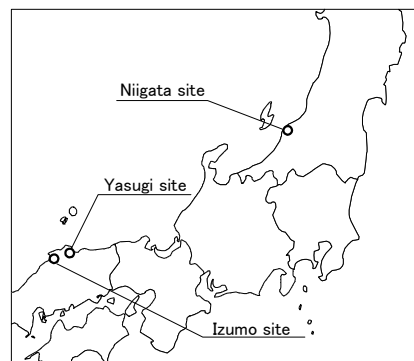


図1 サンプリングを行った場所

の堤防脇、安来は飯梨川河口から約50mの中海沿岸堤防直下である。各地点において、SCP地盤改良前に標準貫入試験を、改良後に標準貫入試験及びオートマチックラムサウンディングを行った。改良後の試験は、改良地盤の貫入抵抗の空間分布を調べるために砂杭、杭間を含む数カ所で行った。

図2は各現場において地盤改良終了から約1ヶ月以内に行った凍結サンプリング、標準貫入試験およびロータリーラムサウンディングの実施位置である。凍結サンプリングでは凍結管を中心として直径約1mの範囲の地盤を凍結させ、その中から砂杭及び杭間中心を含む数カ所から直径150mmのコアを採取した。また凍結サンプル採取位置と対称な位置を含む合計7カ所標準貫入試験とロータリーラムサウンディング(RRS)を行った。

原位置試験結果

図3は標準貫入試験のN値とRRSの N_d 値の深度分布であり、地盤改良前のN値も併せて示してある。改良前のN値は、何れの地点においても凍結サンプリング位置から数m以内の位置で得られたものである。

SPT1のN値はすべての深度で改良前N値よりも大きくなっている。GL.-2~-4m以深ではN値が大きく増加し地盤改良の効果が顕著に現れているが、これよりも地盤浅部でのN値の増加は大きくない。また、砂杭のN値(SPT2)は周辺地盤と同等かやや大きい程度であり、砂杭の密度は周辺地盤に強く依存することがわかる。また、全体的にN値とRRSの N_d 値はほぼ一致した。

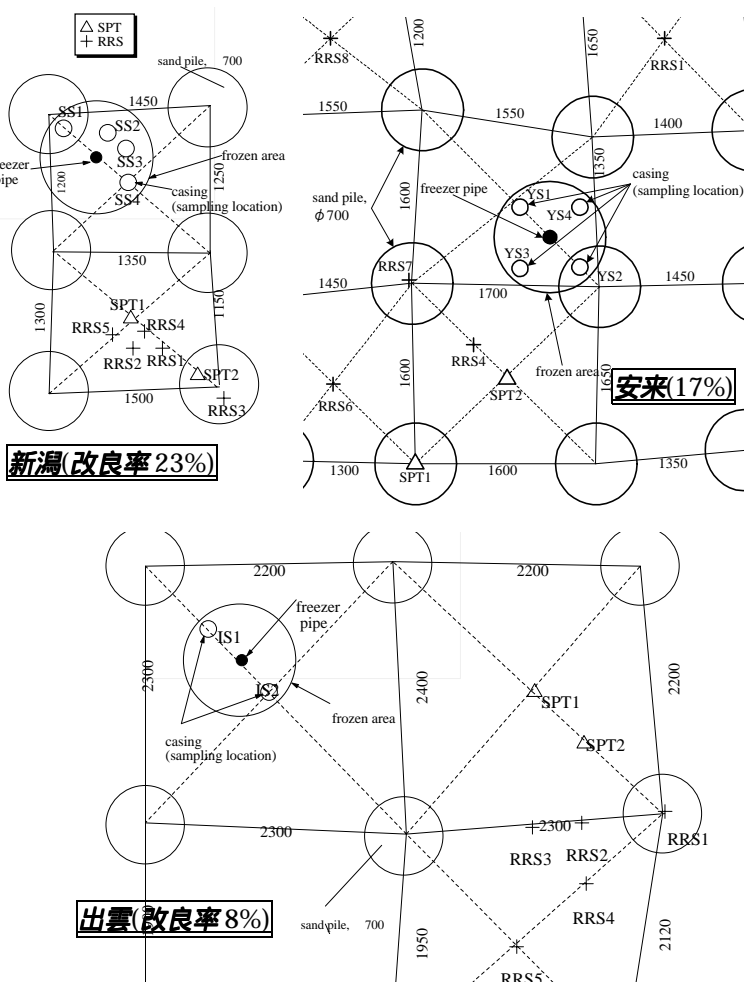


図2 各現場における原位置試験と凍結サンプリングの位置

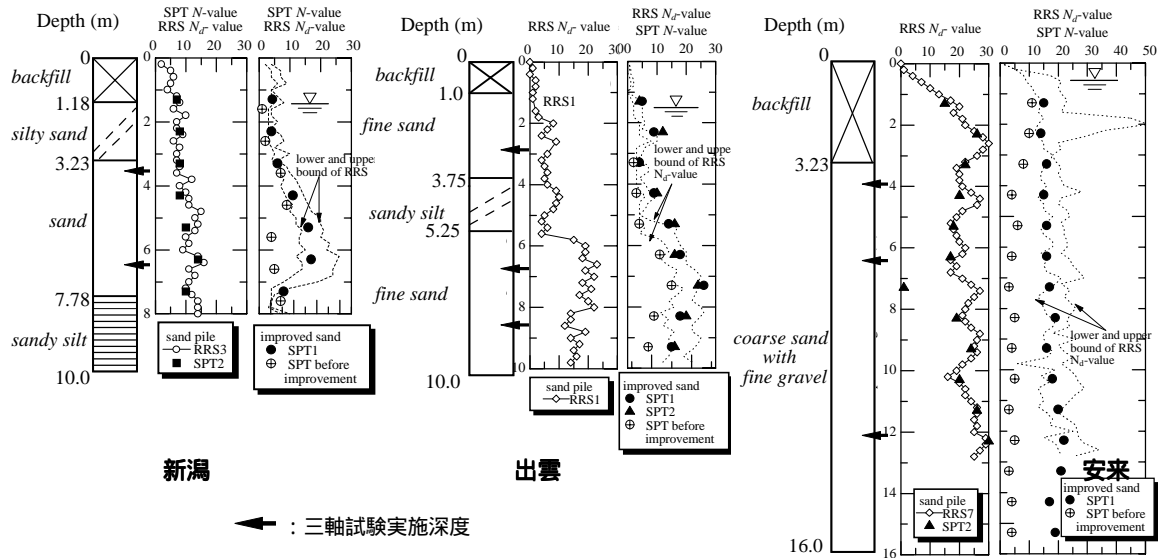


図3 地盤改良前後の標準貫入試験およびオートマチックラムサウンディング結果

液状化強度と飽和度

図2に示した合計10カ所で採取した凍結サンプルの代表的な深度から供試体を切り出し、三軸液状化試験を行った。これらの代表深度は図3の土質柱状図に矢印で示してある。三軸試験は供試体を融解飽和後に原位置の有効上載圧に等しい拘束圧の下で行った。なお、今回試験した供試体の細粒含有率は約7%以下であった。

図4は三軸試験から得られた液状化強度比を対応する位置の N_{1d} 値(上載圧を考慮した N_d 値)に対してプロットしたものである。図には、道路橋示方書の液状化判定での関係も示してある。多少のばらつきは見られるものの、液状化強度比と N_d 値の関係は道路橋示方書の関係と良く対応しており、自然地盤や埋め立て地盤のデータを基にした道路橋示方書の関係式によりSCP改良地盤の液状化強度比を評価することができることがわかった。

凍結サンプルから切り出した供試体の飽和度の深度分布を図5に示す。飽和度は、新潟で82%以下、出雲で92%以下、安来では84%以下であった。SCP工法では砂杭打設の際にケーシング頭部に供給される数100kPaの空気圧を利用してケーシング内の砂を地盤中に押し出すため、施工中は地盤中に大量の空気が供給されることになる。今回測定された低い飽和度は砂杭打設に伴って供給された空気によるものと考えられる。土の液状化強度は飽和度の減少と共に急激に増加するので、SCP改良地盤の液状化強度は飽和度の低下によって図4に示したものよりもかなりの程度大きくなっているものと考えられる。

おわりに

凍結サンプリングにより採取したサンプルを用いて飽和後に三軸試験した結果、地盤が飽和していると仮定した場合、現行の簡易液状化評価法によりSCP改地盤の液状化強度を評価できる。ただし、SCP改良直後の地盤は不飽和となっており、改良地盤の液状化強度は飽和地盤を仮定した評価法から得られるものよりもかなりの程度大きいものと考えられる。

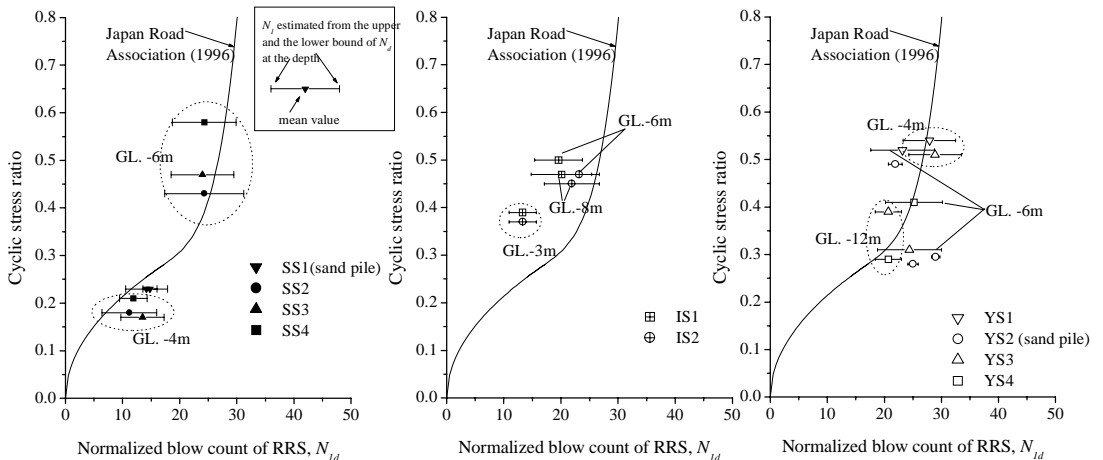


図4 三軸液状化強度と N 値、 N_d 値の関係(凍結試料を解凍後飽和した供試体)

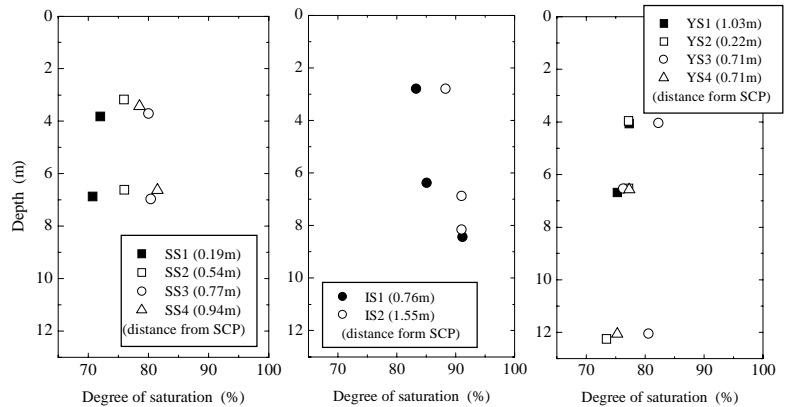


図5 飽和度の深度分布