

III-A 104

神戸人工島の埋立て材料の液状化特性におよぼす密度の影響

(株)フジタ 技術研究所 ○望月 美登志・福島 伸二

1. はじめに

今回、直下型の兵庫県南部地震では、六甲アイランドやポートアイランドといった人工島をはじめとする港湾・都市部の埋立て地盤において、液状化現象が発生し、その機能に甚大な被害を与えた。これらの被災した埋立て地盤は、主としてれき質のまま土が材料に用いられており、今後その液状化防止対策工法を検討する上で、液状化強度特性の把握が必要になるものと考えられる。本報告では、液状化した現地より採取した試料を用いて非排水繰返し三軸試験を行ない、液状化しやすいとされているきれいな砂と比較¹⁾をしなから液状化強度特性に及ぼす密度の影響を調べた。

2. 試験方法

本試験に用いた材料は、六甲アイランドとポートアイランドの埋立て材料²⁾で、液状化が生じた地区より採取してきたものである。ポートアイランドの材料は、花崗岩のれき分を持つまき土で、六甲アイランドの材料は、堆積岩層である大阪層群より得られたれき質土で泥岩、砂岩、凝灰岩等が混ざっている。非排水繰返し三軸試験には、供試体直径10cm、高さ20cmの振動三軸試験動試験装置を用い、試験試料には、19mmフルイの通過分を使用した。供試体作製には、当初実施工を再現するため水中落下法を採用したが、一様な供試体を作製することが困難であったため、自然含水比状態の試料を4層分に分け、これを一層ごとにモールド内で所定の密度になるよう小型バイブレーターにより締め固めた。本研究では供試体密度の影響を調べるため、初期作製状態で相対密度 $Dr=45, 75, 100\%$ の3種類を準備した。ここで供試体準備時における問題点として、脱気水を流す際の水浸沈下と等方圧密時の体積変化による供試体の密度増加が上げられる。図-1および図-2は、ポートアイランド材と六甲アイランド材の供試体自立時から水浸後、圧密終了時に至るまでの密度の変化を示している。両材料とも密度の増加は大きい、特に六甲アイランド材料では、水浸による密度増加が著しく、初期状態で相対密度 $Dr=45, 75, 100\%$ を目標に作製したにもかかわらず、圧密終了時には、各々 $Dr=88.9, 100.5, 114.7\%$ となり、密なケースでは水浸、圧密することにより相対密度が100%を大きく上回っている。こうした特徴は脆弱なれき質土特有のもので、乾燥状態の試料による最大最小密度試験を基準に求めた相対密度の適用が妥当であるかを検討する必要がある。さらに緩い状態の供試体をどのようにして作るか、今回の作製方法が実施工の状況をどの程度再現できているかも確認しなければならない。

3. 試験結果

図-3および図-4に、初期目標密度 $Dr=75\%$ のポートアイランド材と六甲アイランド材の繰返し回数と応力比の関係を示す。ここで繰返し回数 N は、4種類の軸ひずみ $DA=2, 5, 10, 20\%$ に対応する回数を採用している。図中 ρ_a^* は供試体自立時、 ρ_{as} は供試体水浸後、 ρ_{ac} は供試体圧密後の密度をそれぞれ表わしている。

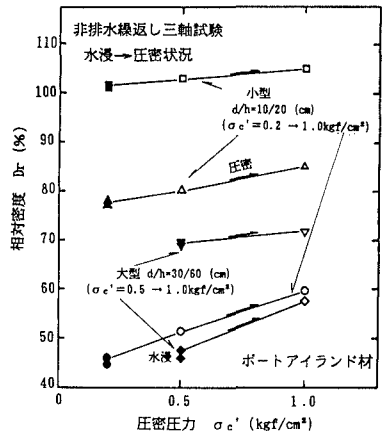


図-1 ポートアイランド材料の密度変化(供試体準備：水浸、圧密)

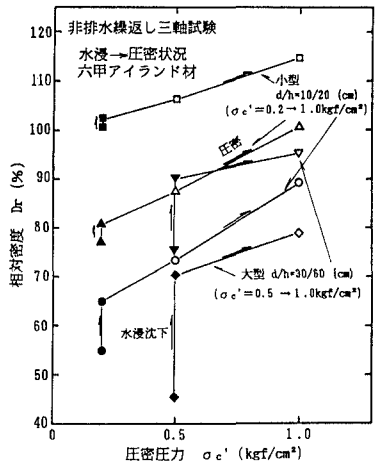


図-2 六甲アイランド材料の密度変化(供試体準備：水浸、圧密)

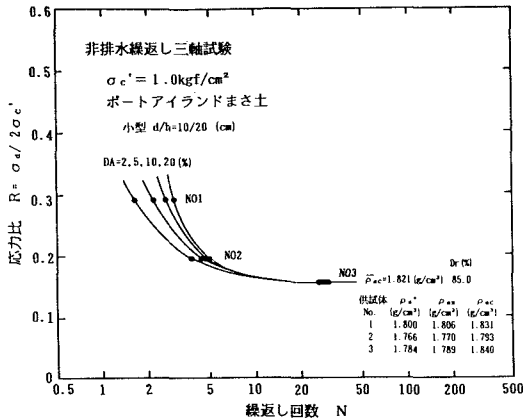


図-3 応力比と繰返し回数の関係 (ポートアイランド材料)

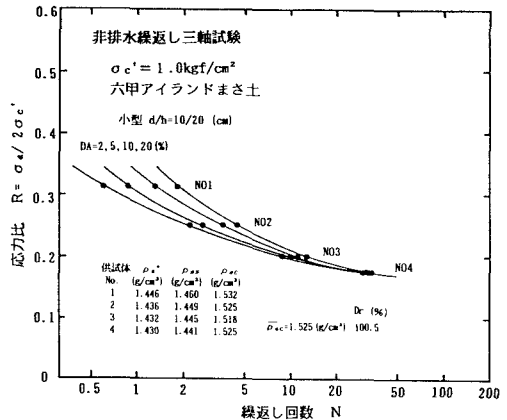


図-4 応力比と繰返し回数の関係 (六甲アイランド材料)

図-5は、供試体密度の影響を調べるために、相対密度に対して繰返し回数N=10回で軸ひずみ振幅DA=10%に達するまでの応力比をプロットしたものである。この図は、豊浦砂、ポートアイランド材と六甲アイランド材の液状化試験の結果から得られた各平均応力比に対する相対密度と繰返し回数の関係より求めている。同図より相対密度が大きくなることによって増加する液状化強度の割合は、豊浦砂が最も大きいことがわかる。ここで注意すべきことは、六甲アイランド材についても相対密度110%を越えるような密度にすると液状化強度が急増する点である。しかしながら実施工においてこのような密度を達成することは困難であり、現実的に可能な範囲の密度では、埋立て材のダイレイタンスーの効果は豊浦砂に比べて小さいものと考えられる。図-7は、Dr=85%の同一密度において軸ひずみDAが大きくなることにより増加する液状化強度の割合を比較したものであるが、この図からも豊浦砂の強度増加が埋立て材よりもかなり大きいことがわかる。

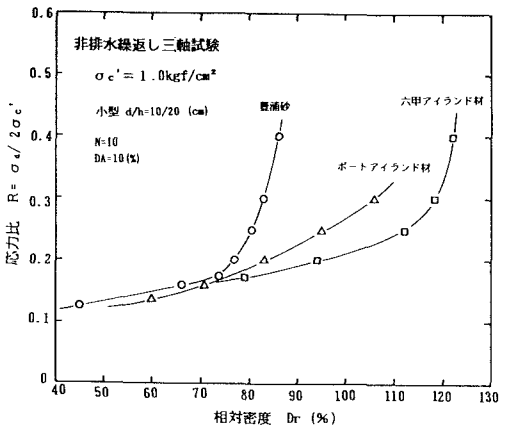


図-5 応力比と相対密度の関係 (DA=10%)

4. まとめ

液状化現象が発生した六甲アイランドやポートアイランドの埋立て材の液状化強度特性を調べるために行なった非排水繰返し三軸試験の結果、埋立て材のダイレイタンスーの効果が豊浦砂に比べて小さいことがわかった。したがって液状化防止対策を計画する場合、上記の液状化特性を考慮すると密度を増加させるような方法は効果的でないものと考えられる。さらに今後は、実施工に近い作製方法を選択した際においても同様の結論が得られるかどうかを確認する必要がある。

参考文献

- 1) 福島、望月、香川：大型繰返し三軸試験による砂の液状化強度、土と基礎、Vol.36, N08, pp.13~18, 1988
- 2) 望月、福島：埋立て地盤のまさ土の液状化特性、第31回地盤工学会研究発表会, 1996

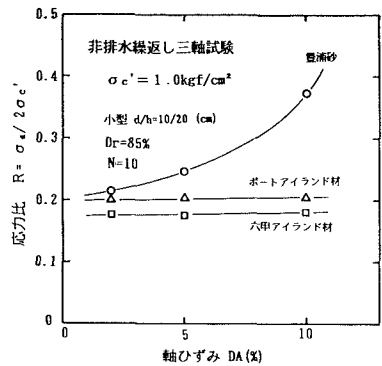


図-6 応力比と軸ひずみの関係