

まさ土の単調・繰返しせん断特性に及ぼす拘束圧の影響

(株) 宇部建設コンサルタント 正 員 〇松下純子

山口大学

正 員 兵動正幸 中田幸男 村田秀一

熊本工業大学

正 員 荒牧憲隆

山口大学大学院

学生員 楠根経年 井上省吾

1. まえがき まさ土は西日本に広く分布する風化残積土であり、粒度配合が良好で締固めやすく、内部摩擦角もある程度期待できるため、埋立土や盛土などの地盤材料として多く用いられてきた。しかしこれまで一般にまさ土は特殊土として取り扱われ、その動的性質については十分な知見が得られていないのが現状である。また、まさ土が破碎性土であり、破碎の程度により力学特性が異なることを考えた場合、種々の拘束圧下での評価が必要と考えられる。本研究は神戸ポートアイランドより採取したまさ土の再構成試料に対し、低圧および高圧の拘束圧下において非排水単調・繰返しせん断試験を行い、まさ土埋立地盤の動的挙動を把握するための基礎データを得ることを目的としたものである。

2. 試料および試験方法 用いた試料はポートアイランド北側岸壁付近より採取した埋立まさ土であり、その粒度分布を図-1に示す。実験には2mmふるい通過分($G_s=2.624, e_{max}=0.967, e_{min}=0.491, U_c=6.1$)を試料として用いた。供試体は直径5cm、高さ10cmの円柱形であり、空中落下ろうと法により初期相対密度 $D_{ri}=80\%$ ($\rho_{di}=1.640g/cm^3$)とした。この様な供試体に三軸室において脱気水を通水した後、200kPaの背圧を加え B 値 0.96以上の飽和供試体とし、所定の拘束圧となるよう等方圧密を行い、非排水状態で単調および繰返しせん断試験を行った。

3. 試験結果および考察 まさ土および豊浦砂の三軸等方圧縮試験結果を図-2示す。等方圧縮試験はまさ土については $D_{ri}=40\%$ と $D_{ri}=80\%$ に対して行った。まさ土は豊浦砂に比べ、通常の拘束圧域においても圧縮性が高いことが特徴的である。また $D_{ri}=40\%$ の場合、明確な降伏点を示さず直線的なカーブを描いている。 $D_{ri}=80\%$ は、800kPa付近で緩やかに湾曲し、降伏点が認められる。図-3に単調および繰返しせん断試験より得られた軸差応力-軸ひずみ関係を両者の対応で示す。単調せん断の場合、(a)の $\sigma'_c=100kPa$ の挙動は軸ひずみの硬化挙動が著しいが、(b)の $\sigma'_c=5MPa$ の場合は、軸差応力がほぼ一定で、軸ひずみが発達する傾向が認められる。また繰返しせん断を比較すると、ほぼ同じ繰返し応力比でありながら、その挙動は全く異なっている。 $\sigma'_c=5MPa$ では、せん断初期より圧縮側にひずみが蓄積していき、軸ひずみが圧縮側に1%程発達した後、伸張側にひずみが発達し始める。しかし $\sigma'_c=100kPa$ に見られる伸張側軸ひずみが大きく発達する現象はあまり見られず、破壊に至っている。図-4(a), (b)に有効応力径路を示す。単調せん断の場合、(a)の $\sigma'_c=100kPa$ の挙動は、圧縮・伸張共に有効応力がわずかに減少した後せん断応力が回復する様子が認められる。(b)の $\sigma'_c=5MPa$ の場合は、有効応力は大きく減少しており、収縮的な挙動を示している様子が分かる。また繰返しせん断については $\sigma'_c=100kPa$ は、繰返し1波目で伸張側 P.T line に到達し、大きく有効応力が減少した後破壊線に

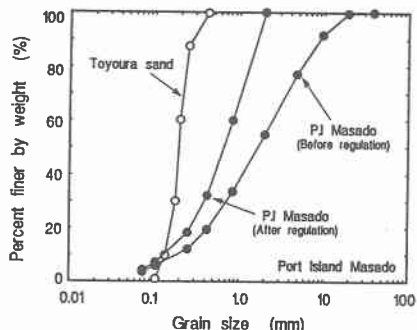


図-1 試料の粒径加積曲線

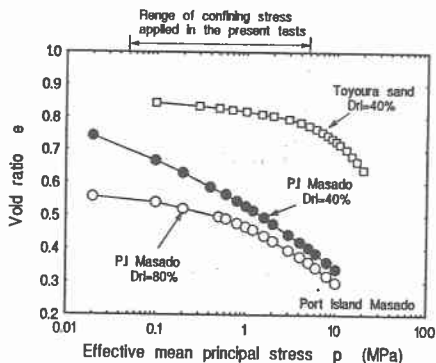


図-2 三軸等方圧縮試験による e-logp 関係

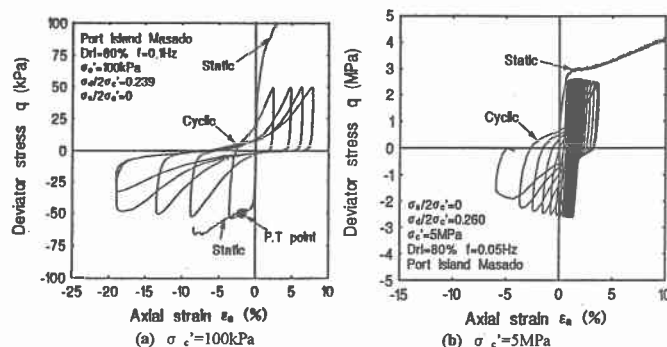


図-3 軸差応力-軸ひずみ関係

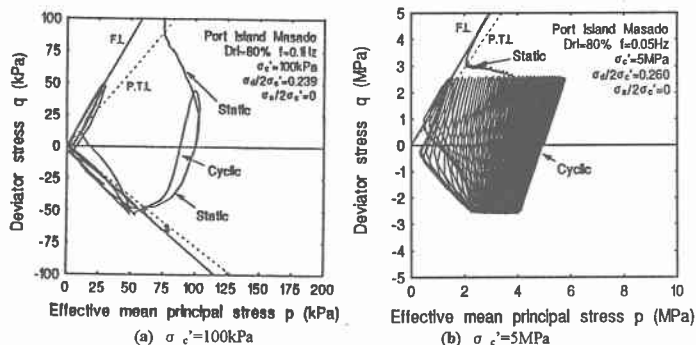


図-4 有効応力経路

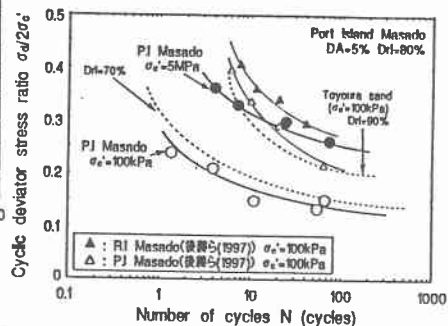


図-5 繰返し強度曲線

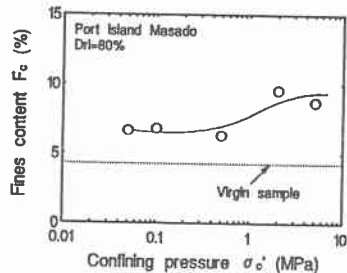


図-6 細粒分含有率と拘束圧の関係

沿って定常ループを描いている。これに対して $\sigma'_c = 5\text{MPa}$ は、せん断初期に負の間隙水圧が発生し、膨張挙動を呈している。また、繰返しせん断に伴い有効応力は徐々に減少し、最終的に破壊線に沿って定常ループを描き、液状化破壊に至っている。図-5 に繰返し強度曲線を示す。比較のため、豊浦砂および他研究機関による締固めまき土の試験結果について併記している。まき土の $\sigma'_c = 100\text{kPa}$ は豊浦砂の $\text{Dri}=70\%$ より若干低めの液状化強度を有している。これに対し、 $\sigma'_c = 5\text{MPa}$ の液状化強度は豊浦砂の $\text{Dri}=90\%$ を上回る強度になっており、高圧下の圧密による密度増加により強度が増加していることが分かる。また、他研究機関による締固めまき土の結果とほぼ同程度の液状化強度を有していることが分かる。図-6 に試験終了後の細粒分含有率 F_c と拘束圧の関係を示す。 $\sigma'_c = 500\text{kPa}$ 以前はいずれの試料も細粒分含有率は 6.5% 程度であるが、その後拘束圧の増加に伴い急激に細粒分が増加し、 $\sigma'_c = 5\text{MPa}$ 付近では 10% 程度にまで増加していることが分かる。以上のことより、まき土は拘束圧が高圧域になると著しい粒子破碎による密度増加が見られ、締固め効果が発揮される。このことが砂質土特有のダイレイタンス特性を阻害し、単調せん断を収縮的なせん断挙動へと変化させる一つの原因になったと考えられる。また繰返しせん断強度が豊浦砂 $\text{Dri}=90\%$ を上回る液状化強度を示す現象は、この締固め効果が繰返しせん断による間隙水圧の増加を妨げているものと推察される。

4. まとめ まき土は締固めによる密度増加により、圧密後相対密度が 100% を越えて締固め効果が卓越し、砂質土に見られる粒状体特有の性質であるダイレイタンス特性を発揮しなくなった応力域から、単調せん断では収縮的な挙動を示し、繰返しせん断強度は増加すると考えられる。

[参考文献] 1) 兵動・安福・村田・山本・丸山(1991)“まき土の液状化特性に及ぼす拘束圧の影響”,第26回土質工学研究発表会講演集,vol.1,pp841-842 2) 4)Gotoh,M.,Hakura,S.,Hasegawa,N.,Hiraoka,T.,Tanaka,Y. and Orense,R.(1997)“Relation between cyclic strength of reclaimed soil and degree of compaction”,KIG Forum'97 KOBE JAPAN January 13-15,1997,pp.159-168