

六甲アイランド埋立てまさ土の非排水繰返しせん断特性

山口大学工学部 兵動正幸 村田秀一 中田幸男
 日本国土開発(株) 徳原裕輝
 山口大学大学院 ○楠根経年 荒牧憲隆 松下純子

1. まえがき

1995年1月17日に発生した阪神・淡路島大震災(M=7.2)により、六甲アイランド・ポートアイランドの人工島における埋立て地盤では、液状化現象(噴砂・噴水)が発生した。またこれらの港湾施設のケーソン式岸壁は、これまでに類を見ない壊滅的な被害を受け、その機能を失った。このケーソン背後の裏込め土および基礎部の置換砂には、六甲山系のまさ土が用いられており、このまさ土において、液状化や側方流動などの様々な地盤被害が確認された。¹⁾そこで本研究では、六甲アイランドより採取したまさ土を用い、非排水繰返しせん断特性を調べた。

2. 試料及び実験方法

本研究では、特に被害の甚大であった六甲アイランド北側岸壁付近で採取されたまさ土(以下、六甲まさ土と称する。)を2mmふるいでふるい分けし、通過分($G_s=2.648$, $e_{max}=1.248$, $e_{min}=0.565$, $U_c=12.0$)を実験試料に用いている。試験機は空圧制御式繰返し三軸圧縮試験機を用いた。相対密度 $D_{ri}=80\sim90\%$ の密詰め、初期平均有効主応力 $p_c=100\text{kPa}$ とした。圧密過程は、まず所定の初期拘束圧 σ_3 まで等方圧密を行い、側圧一定のもとで所定の初期せん断応力 q_s まで異方圧密を行う。圧密終了後、非排水状態で周波数 $f=0.1\text{Hz}$ の正弦波軸荷重を圧縮側から載荷した。

3. 実験結果及び考察

図-1に示す等方三軸圧縮試験より得られた $e\text{-log}p$ 曲線において、豊浦標準砂が高压域に至るまでほとんど間隙比の変化が見られないのに対し、六甲まさ土は常圧において間隙比が直線的に低下し、圧縮性に卓越していることから、脆弱な粒子構造を持つと考えられる。図-2, 3に一例として $q_s/2p_c=0.1$ の軸差応力～軸ひずみ関係、有効応力径路を示す。軸ひずみは、繰返しせん断初期にあまり発生せず、繰返し回数の増加に伴い、圧縮側

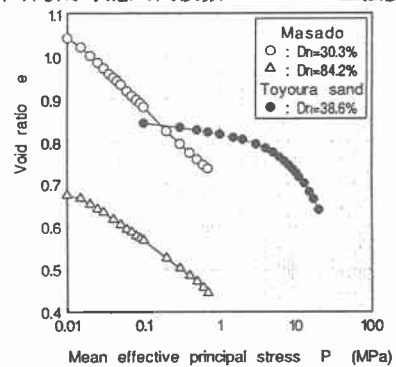


図-1 e-log 曲線

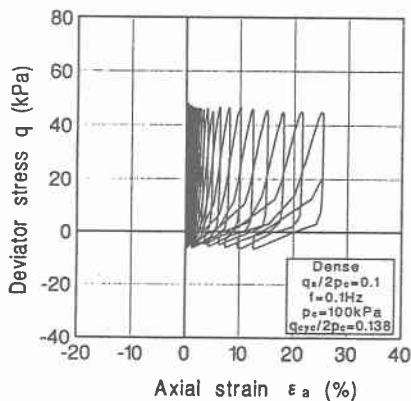


図-2 軸差応力～軸ひずみ関係

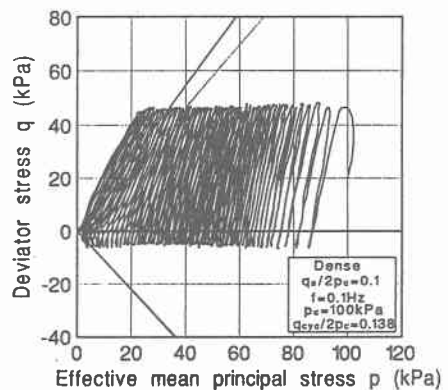


図-3 有効応力径路

に残留していく傾向が認められる。有効応力は徐々に減少し、変相線付近よりほぼ破壊線に沿う形で定常ループを描いている。図-4にピーク軸ひずみ ε_p と繰返し回数 N の関係を示す。 $q_s/2p_c=0.1, 0.2, 0.4$ の場合、ピーク軸ひずみの急増点に至るまで $\varepsilon_p=1\%$ ほど発生しているのに対し、 $q_s/2p_c=0$ の場合は、ほとんど発生していない。また、急増点に至るに必要な繰返し回数は $q_s/2p_c=0\sim 0.1$ にかけて一時的に増加しているが、その後減少している様子が認められる。応力反転のある場合、軸ひずみの発生は軸ひずみ両振幅に依存するが、初期せん断応力の増加に伴い、圧縮側への残留変形を起こし、破壊は、残留軸ひずみに依存する。このことから本研究では、軸ひずみ両振幅や残留軸ひずみを破壊ひずみと規定する場合、すべての初期せん断応力比での評価を行うことができなかった。そこで、軸ひずみ両振幅と同様にピーク軸ひずみ $\varepsilon_p=5\%$ を破壊ひずみと規定し、 $\varepsilon_p=5\%$ に至るのに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係を図-5に示す。動的強度もまた $q_s/2p_c=0\sim 0.1$ にかけて増加しているが、その後初期せん断応力の増加に伴い低下する傾向を示していると言える。これに対して、一般的に密な砂では、初期せん断応力の増加に伴い、動的強度も増加すると言われている。そこで図-6に、繰返し回数20回におけるピーク軸ひずみ $\varepsilon_p=5\%$ に至るのに必要な繰返し応力比と初期せん断応力比の関係を示す。六甲まさ土は、初期せん断応力の増加に伴い、一時的に動的強度は増加するものの、その後は低下する傾向を示しており、豊浦標準砂の $D_r=90\%$ や $D_r=70\%$ とは、全く異なる動的強度特性を示している。これは圧密やせん断応力の影響を受け粒子破碎が進行し、その結果、繰返しせん断抵抗が低下したためと推察される。

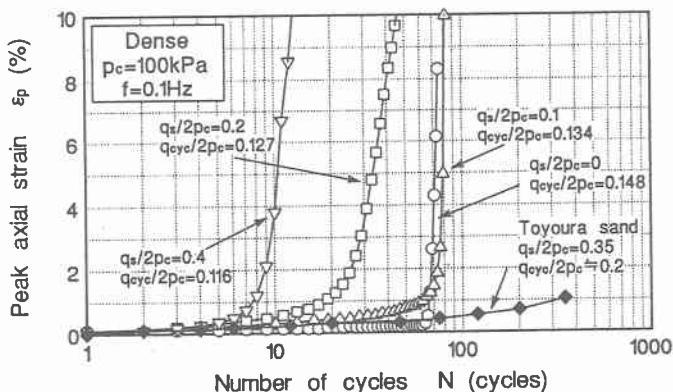


図-4 ピーク軸ひずみと繰返し回数の関係

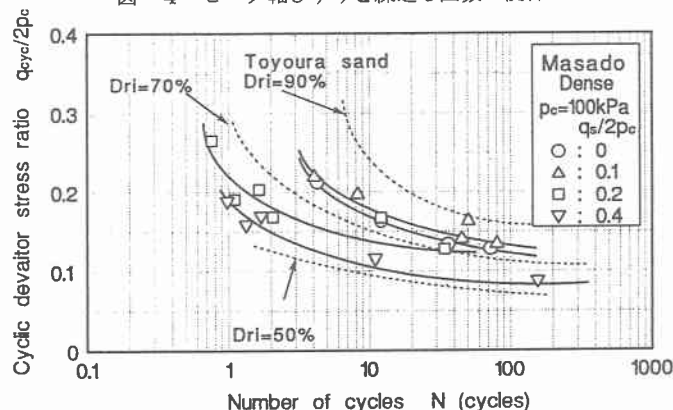


図-5 ピーク軸ひずみ $\varepsilon_p=5\%$ に至るのに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係

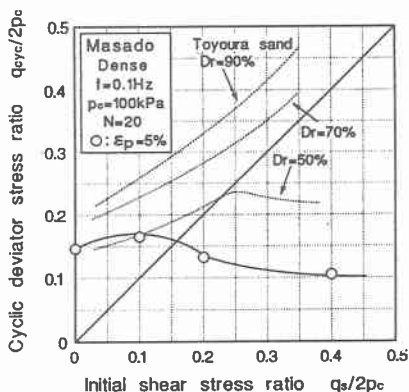


図-6 繰返し回数20回におけるピーク軸ひずみ $\varepsilon_p=5\%$ に対する動的強度 R_{220}

4. まとめ

六甲まさ土の動的強度は、初期せん断応力の増加に伴い低下し、また豊浦標準砂の $D_r=90\%$ と比較すると、動的強度は低く、対称的な結果を示している。これは、圧密やせん断応力により粒子破碎が生じ、せん断剛性が低下したためと推察される。

【参考文献】 1) 善功企・山崎浩之：埋立地に用いたまさ土の液状化特性，土と基礎 Vol.44 No.2 pp60～63 1966