

III-B 376 神戸人工島の液状化した埋立材料の排水三軸圧縮試験による強度特性

(株)フジタ 技術研究所 正会員 福島 伸二

§ 1. まえがき

粗粒のまさ土などにより埋め立てられた神戸ポートアイランドや六甲アイランドが兵庫県南部地震により広範囲にわたる液状化発生により被害を受けた。これらの埋立材料は、液状化しやすい粒径の揃ったきれいな砂に比較して、粒径が大きく ($D_{max} \approx 100 \sim 150\text{mm}$)、均等係数が大きい ($U_c = 10 \sim 20$) 粒度分布のよい材料である。今後の人工島の護岸構造物の復旧工事や島内の各種構造物の液状化対策のためには埋立地盤の液状化強度や静的な強度特性が必要であり、これまでに埋立材料の液状化特性は各機関により調べられているが^{1) 2)}、静的な変形・強度特性のデータが少ない。そこでここでは人工島埋立材料の静的な強度特性を調べるために実施した排水三軸圧縮試験結果を報告する。

§ 2. 埋立材料の物理特性と供試体作製法

埋立材料は人工島内（ポートアイランドと六甲アイランド）の液状化した場所から採取したもので、その粒度曲線を図-1に示し、ポートアイランド材はまさ土化した風化花崗岩からなるが、六甲アイランド材は神戸層群の凝灰岩・砂岩・泥岩などからなる混合れき質土である。本試験には原粒度の埋立材料を19.5mmフルイを通過させてカット粒度にしたもの（最大粒径 $D_{max} = 19.5\text{mm}$ ）を使用した。このカット粒度材料の最大・最小密度 ρ_{max} 、 ρ_{min} は $\phi 100\text{mm}$ 締固めモールド内で試験法 (JSF T 161) に準じて求めた。供試体寸法は直径 $D = 10\text{cm}$ 、高さ $H = 20\text{cm}$ で、供試体直径と試験材料の最大粒径の比は $D/D_{max} \approx 5.1$ である。供試体は供試体作製モールド内で自然含水比状態の試験材料を所定密度になるように計量し一供試体分の全量を4層に分けて、各層が所定の層厚になるまでパイプレタにより締め固めて作製した。拘束圧 $\sigma_{sc} = 0.2\text{kgf/cm}^2$ で圧密させた状態で、炭酸ガスと脱気水を十分流し、背圧 $\sigma_{BP} = 1.0\text{kgf/cm}^2$ を加えて飽和させてから所定の圧力レベル ($\sigma_{sc} \approx 0.5, 1.0, 2.0\text{kgf/cm}^2$) まで等方圧密して排水状態で定ひずみせん断 ($0.3\%/\text{min}$) した。

§ 3. 試験結果

これらの埋立材料は目標密度： $\rho_a^* (D_r^*)$ で作製した供試体を自立させてから浸水飽和過程と圧密過程に非常に大きな密度変化をするが、特にこの傾向の強い六甲アイランド材の例（これは特に浸水飽和過程において大きな体積収縮をする）を図-2に示す。この図からわかるように、埋立材料は液状化しやすい粒径の揃ったきれいな砂では見られない特異な特性を示し、目標密度で作製しても浸水飽和⇒圧密過程を経て、非常に高い密度の供試体になってしまう。ここで採用した供試体作製法と実際の人工島造成時の状態との関連については別途検討する必要があるが（乾燥状態と浸水状態で堆積特性が大きく変化するこのような材料では、乾燥状態でのみ行う現行の最大・最小密度の試験法も検討の必要があろう）、これらの埋立材料により人工島を造成した時も図-2に示したような現象に近い状態になることが予想される。図-3 (a) ~ (b) と図-4 (a) ~ (b) にそれぞれまさ土とれき質土の拘束圧を変えて実施した排水三軸圧縮試験 (

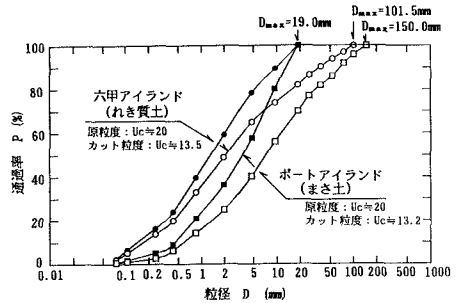


図-1 試験材料の粒度曲線

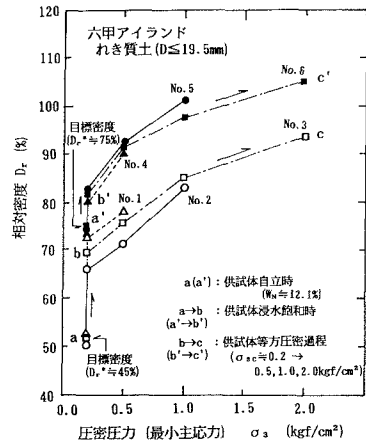


図-2 供試体の密度変化

拘束圧 $\sigma_{ac} \approx 0.5, 1.0, 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ から得られた応力～ひずみ関係を示す。これらの図からわかるようにこれらの埋立材料は $D_r=100\%$ に近い密な状態でもせん断中の体積変化は収縮を示し偏差応力の増加程度も小さく、豊浦砂のように粒径の揃ったきれいな砂が示すダイラタンシー性状とはかなり異なっていることがわかる。これらの応力～ひずみ曲線から求めた軸ひずみ $\varepsilon_1 = 15\%$ 時の偏差応力により描いたMohrの応力円を直線近似して求めた強度パラメータ (c_D, ϕ_D) を表-1に示す。

§ 4. あとがき

ここでは人工島埋立材料の静的な強度特性を調べるために排水三軸圧縮試験を実施した。試験した埋立材料は目標密度： $\rho_a^*(D_r^*)$ で作製した供試体を自立させてから浸水飽和過程と等方圧密過程中に非常に大きな密度変化をする。また非常に密な状態でもせん断中に大きな体積収縮変化を示し、偏差応力の増加程度も小さい。特に六甲アイランド材においてこの傾向の強い。

参考文献

- 1) 例えば、『土と基礎』小特集阪神・淡路大震災（その1）、Vol. 44, No.2, 1996.
- 2) 望月美登志・福島伸二：埋立地盤のまさ土の液状化特性、第31回地盤工学研究発表会、1996.

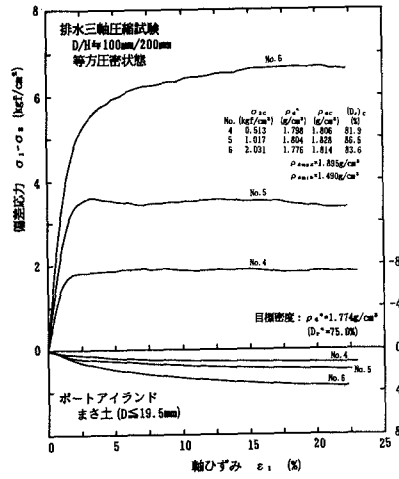


図-3 (a) まさ土 ($D_r^* \approx 45\%$)

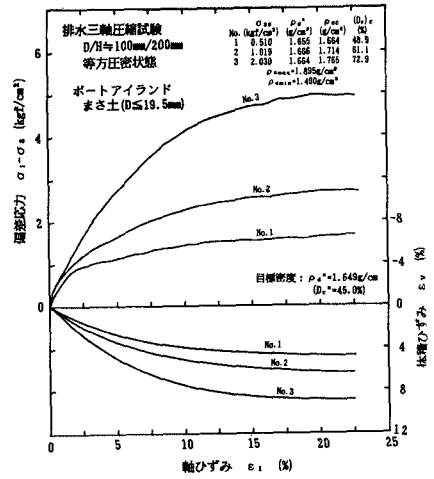


図-3 (b) まさ土 ($D_r^* \approx 75\%$)

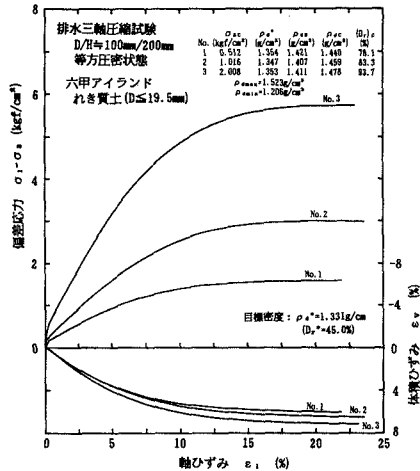


図-4 (a) レキ質土 ($D_r^* \approx 45\%$)

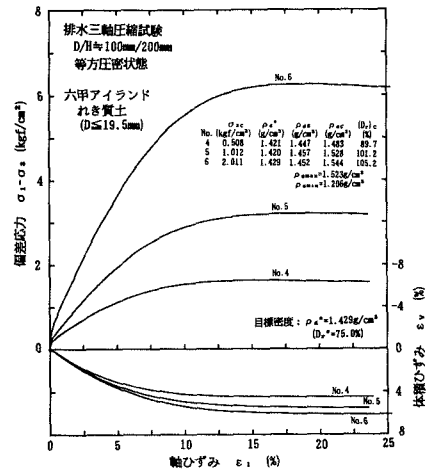


図-4 (b) レキ質土 ($D_r^* \approx 75\%$)

強度パラメータ		粘着力 C_D (kgf/cm ²)	内部摩擦角 ϕ_D (度)
材料	D_r^*		
ポートアイランド材 ：まさ土	$D_r^* = 45\%$	0.16	30.1
	$D_r^* = 75\%$	0.09	37.3
六甲アイランド材 ：れき質土	$D_r^* = 45\%$	0.06	34.4
	$D_r^* = 75\%$	0.08	36.3

表-1 強度パラメータ (C_D, ϕ_D)