

III-149

セメント改良砂の K_0 圧密特性(株) 熊谷組 仙頭 紀明 渡辺 則雄
森 利弘 濱田 尚人

1. はじめに

セメント系の固化材による地盤改良は、軟弱地盤の強度増加、沈下及び変形の抑制、液状化の防止等を目的に港湾施設をはじめとして多く用いられている。セメント改良砂の研究では、液状化防止については一軸圧縮強度 q_u が 1 kgf/cm^2 以上だと液状化しないという報告があり⁽¹⁾ 今後比較的低強度のセメント改良砂が多く用いられると考えられる。低強度のセメント改良砂を用いる場合には強度特性とともに圧縮特性も考慮しなければならない。そこで本研究では改良砂の圧縮特性に着目し、低強度のセメント改良砂($q_u=0.5 \sim 2.5 \text{ kgf/cm}^2$)を K_0 制御が可能な三軸試験機を用いて、実地盤により近い応力状態で圧密特性を調べ、改良土の品質管理に用いられる一軸圧縮強度との関連を調べた。

2. 試料及び試験方法

試料は砂試料として豊浦標準砂（比重2.64、 $e_{\max}=0.959$ 、 $e_{\min}=0.566$ ）を用いた。セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。供試体は直径5 cm、高さ10 cmで相対密度 D_r は40、60%とし、セメント改良砂は砂重量の2、4%のセメントを混合した。両試料ともDry Tamping法により供試体を作成し、セメント改良砂は砂のみの相対密度を40、60%とし、モールドに詰め20℃で7日間水中養生したものを用いた。本実験には、 K_0 制御が可能な三軸試験機を用いた⁽²⁾。装置の概要を図-1に示す。二重セルとスタンドパイプを用いて、供試体の側方変位を二重セルの水面変化に置き換え、水頭変化を差圧計で測定し、フィードバックして軸応力、拘束圧を制御し、側方ひずみの制御は $\pm 0.005\%$ 以内で行なった。試料は 0.2 kgf/cm^2 で予備圧密後、通水およびバックプレッシャをかけて飽和させ、 K_0 状態を保ちながら圧縮をおこなった。 K_0 圧密する供試体は有効軸応力 $\sigma_a' = \sigma_1' = 3$ または 5 kgf/cm^2 まで圧密した。

3. 結果と考察

(a) 応力経路 表-1には供試体のそれぞれの有効軸応力に対する K_0 値と一軸圧縮強度を示す。豊浦砂の K_0 値は相対密度40%のゆるい状態では0.5程度で、60%では0.4となる。セメント改良砂は K_0 値が最小になってからその後増加し0.2から0.3程度となっていることがわかる。また一軸強度が高いほど K_0 値は小さくなっていることがわかる。このことから、固い（一軸強度が高い）試料ほど圧縮を受けても横方向に変形が起こりに

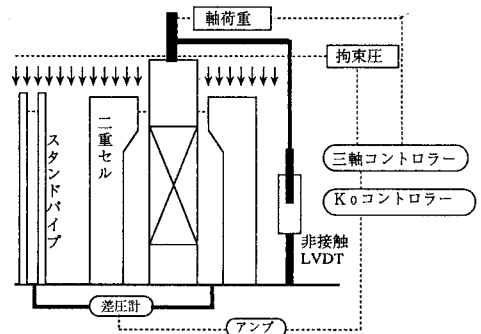


図-1 装置の概要

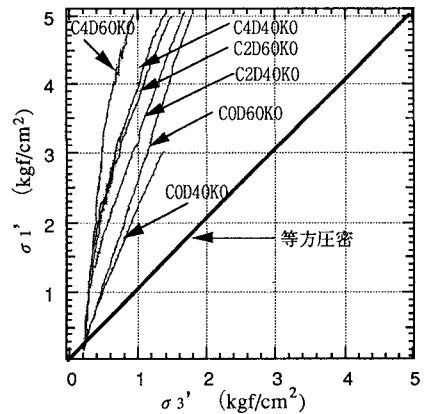


図-2 応力経路

	K ₀ 値					一軸強度 q_u
	$\sigma_a' = 1$	$\sigma_a' = 2$	$\sigma_a' = 3$	$\sigma_a' = 4$	$\sigma_a' = 5$	
COD40K0	0.477	0.455	0.449	—	—	—
COD60K0	0.452	0.395	0.437	0.36	0.356	—
C2D40K0	0.288	0.288	0.30	0.318	0.333	0.54
C2D60K0	0.268	0.207	0.222	0.253	0.272	1.13
C4D40K0	0.28	0.224	0.24	0.273	0.292	2.17
C4D60K0	0.295	0.182	0.152	0.164	0.194	2.66

表-1 有効軸応力と K_0 値の関係

くことがわかる。応力経路（図-2）では、砂が直線的な応力経路をたどるのに対して、改良砂は供試体の一軸強度の大小に応じて、降伏現象があらわれ、降伏後は応力経路の勾配が小さくなって K_0 値が増加していることがわかる。これは低強度のセメント改良砂では有効軸応力の載荷によってセメンテーションが徐々に低下して骨格である砂の性質に近づいているものと考えられる。

（b）軸応力と軸ひずみ 豊浦砂とセメント改良砂の有効軸応力に対する軸ひずみの関係を図-3、4、5に示す。砂試料の場合は、相対密度40、60%の試料とも勾配は異なるものの明確な降伏現象は現われていない。セメント改良砂は応力経路で降伏現象が現われたように、ひずみにも降伏現象が現われていることがわかる。降伏前後で比べると、軸応力と軸ひずみの曲線の勾配が小さくなり、ひずみの発生量が大きくなり、クリープ的な変形が生じていると考えられる。このことから改良砂の圧縮特性は降伏前後で大きく異なっていることがわかる。また本実験で改良砂は、セメンテーションによって過圧密粘土の圧密試験でみられるような降伏が生じている。セメント改良砂の圧密降伏はセメンテーションと密接に関係しており、セメンテーションは改良砂の一軸強度と関係が深いことは容易に考えられる。

（c）降伏応力と一軸強度 改良砂の一軸強度 q_u と降伏軸応力 σ_{1y}' の関係を図-6に示した。一軸強度と降伏応力の関係は良い相関を示していることがわかる。図の相関関係から、セメント改良地盤の有効上載圧（ σ_a' ）がわかれば、有効上載圧を降伏軸応力 σ_{1y}' とにおいて、対応する一軸強度以上の強度を設定する必要があると考えられる。つまりセメント改良砂を用いる場合、改良の目的（液状化防止、沈下抑制等）に応じて、改良の効果を有効にするためには、深度や改良地盤に加わる荷重（有効上載圧）に応じた一軸強度を設定する必要があると考えられる。

4. 結論

今回の低強度のセメント改良砂（ $q_u=0.5 \sim 2.5 \text{ kgf/cm}^2$ ）の試験で以下のことがわかった。

- （1）セメント改良砂は圧密降伏を境に、クリープひずみが発生し、骨格である砂の変形挙動に近づく。
- （2）特に低強度の改良砂は改良の効果を有効にするために、加わる荷重や深度（有効上載圧）に応じた一軸圧縮強度を設定することが望ましい。

参考文献（1）善（1994）事前混合処理工法による埋立地盤対策.土と基礎Vol.42No.2Ser.No.433（2）仙頭他（1993） K_0 圧密したセメント改良砂の液状化特性.第28回土質工学研究発表会p1067.1068

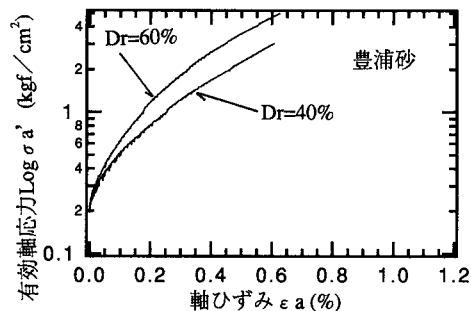


図-3 有効軸応力と軸ひずみの関係

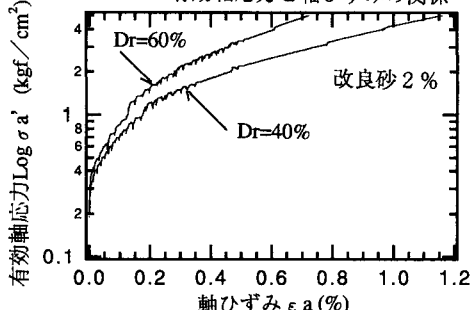


図-4 有効軸応力と軸ひずみの関係

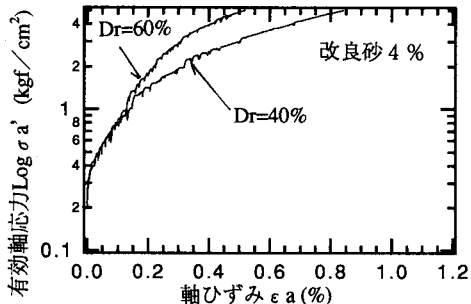


図-5 有効軸応力と軸ひずみの関係

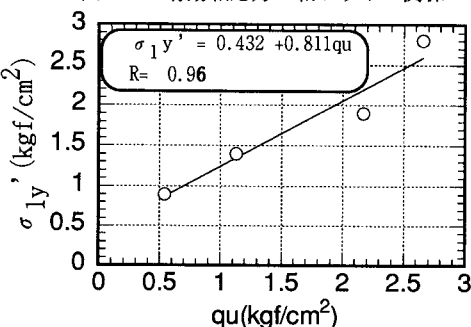


図-6 降伏応力と一軸強度の関係