

石灰改良体の広範な拘束圧下における挙動について

佐賀大学 理工学部 ○学 佐藤 誠
 佐賀大学 理工学部 学 山寺 彰
 佐賀大学 理工学部 正 三浦 哲彦

1. 研究目的

軟弱な有明粘土の地盤改良の一つに石灰安定処理工法が挙げられる。本研究は、石灰改良体の強度特性を解明するために幅広い拘束圧下で三軸圧縮試験を行い、有明粘土とその石灰改良材の等方圧密特性・応力～ひずみ特性・破壊特性について比較し、考察したものである。

2. 実験概要

石灰改良体試料には佐賀市川副町で深さ2～3 mから採取した粘土 ($G_s=2.64$, $w_n=125\sim135\%$, $w_L=88.9\%$, $w_P=36.5\%$, $I_P=52.4$, $e_n=3.05$) を含水比150%に調整し、生石灰 ($CaO:97\%$) を有明粘土の乾燥重量に対して5%及び10%配合して作製し、恒温恒湿 ($20\pm3^\circ\text{C}$, 70%) で40日以上養生した。また、比較する有明粘土は拘束圧3 kgf/cm²で再圧密させた試料 ($G_s=2.62$, $w=66\%$, $w_L=84\%$, $I_P=37$)¹⁾を用いた。尚、本試験の圧密完了の指標には3t法を用い、せん断過程のひずみ速度は非排水試験で $\dot{\epsilon}=0.05\%/min$ 、排水試験で $\dot{\epsilon}=0.002\%/min$ で行った。

3. 実験結果及び考察

石灰改良体と有明粘土の $e \sim \log p'$ 曲線を図-1に示す。ここで、石灰改良体についても圧密降伏応力 (p'_y) 以上の応力域を正規圧密域 (弾塑性状態)、それ以下の応力域を過圧密域 (弾性状態) と称する²⁾と、5%及び10%の石灰改良体で各々3.1 kgf/cm², 27.5 kgf/cm²の p'_y が定められた。圧縮指数及び膨張指数は表-1に示す。これより、有明粘土に比べ石灰改良体には広い過圧密域が存在し、石灰配合量を多くするほど p'_y 及び λ の値が大きくなり、高位の構造となる。更に、同じ拘束圧下の排水せん断過程では、石灰改良体の間隙比の低下が有明粘土のそれに比べ著しく、その挙動は正規圧密線 (NCL) から限界状態線 (CSL) に向かっている。

非排水試験の軸ひずみと軸差応力の関係が図-2である。石灰配合量の増加に伴いピーク強度が大きくなるが、正規圧密域において有明粘土がひずみ硬化であるのに対し、石灰改良体はひずみ軟化が顕著に現れ、更に変形が進行すると強度は逆転する。また、ピーク時の軸ひずみは配合量の増加に伴い小さくなる。

一方、軸ひずみと間隙水圧の関係は図-3に示すが、石灰10%改良体の過圧密域では間隙水圧が急激に発生し、正規圧密域では拘束圧が高くなるほどその発生は遅れ、有明粘土より大きな値を

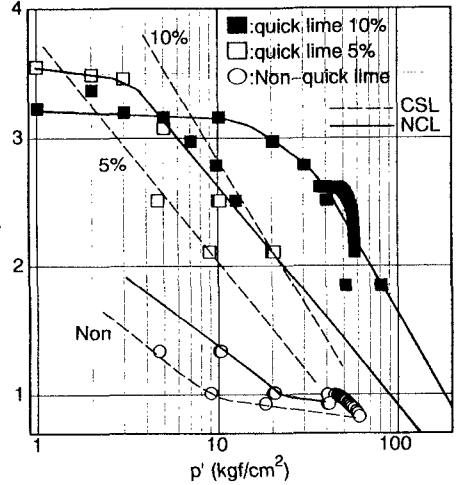


図-1 $e \sim \log p'$ curve

表-1

	10%	5%	有明粘土
C_c	2.27	1.33	1.07
λ	0.99	0.58	0.47
C_s	0.10	0.25	—
κ	0.04	0.11	—

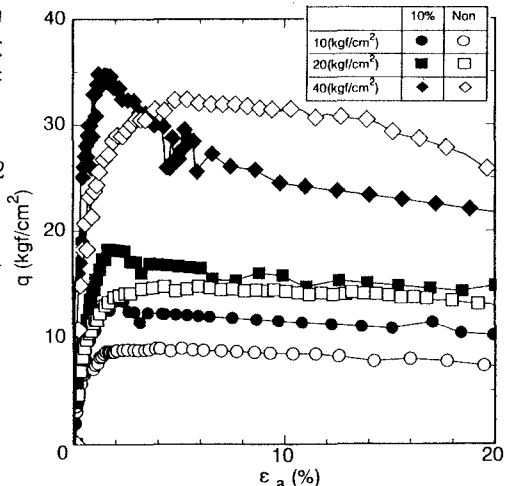


図-2 $\epsilon_a \sim q$ relationships in CU test

とる。石灰10%改良体の正規圧密域では、ピーク強度を過ぎたところで間隙水圧が急激に増大していることから、間隙水圧の変化によって石灰改良体の骨格構造の破壊が起こり、強度が低下するものと考えられる。

図-4の応力経路において有明粘土は各拘束圧下で相似形である。これに対し、石灰10%改良体は拘束圧40 kgf/cm²で顕著であるように、拘束圧が高くなると初期において排水試験のような挙動を示した後、突状の特異な形をたどって変化する。これは、石灰改良体特有の挙動であり、前述した間隙水圧によるピーク後の急激な強度低下を示し、水の出入りが困難な骨格構造内の間隙の存在が推測できる。また、石灰10%改良体の摩擦定数Mを求めると、 κ/λ が0.05の値をもつことから、軽部³⁾が示した式より1.43～1.67である。

拘束圧40 kgf/cm²における排水試験の結果は図-5に示すが、有明粘土、石灰10%改良体の両者とも大きな軸ひずみ下ではピーク強度が現れない。また、石灰10%改良体の初期勾配は有明粘土より大きく、約10%の軸ひずみで強度が逆転する。これは、排水条件に関わらず、正規圧密域の石灰改良体と有明粘土の間でみられる現象である。更に、軸ひずみと体積ひずみの関係から、石灰10%改良体が有明粘土より体積減少が激しいものの、石灰改良体にも若干の体積膨張傾向が見受けられた。排水試験におけるこの現象は、図-1に示した間隙比と平均有効主応力 p' の低下に起因すると考えられる。

4. まとめ

以上の結果により、次のような知見を得た。

- (1) 石灰配合量の増加に伴い過圧密域は拡大し、限界状態パラメーター λ の値は大きくなる。
- (2) 正規圧密域における石灰改良体の応力経路は、間隙水圧の急激な増加に伴う骨格構造の破壊により特異な挙動を示す。
- (3) 石灰改良体の体積膨張傾向及びひずみ軟化の観点から、せん断変形中に間隙水圧によって石灰改良体の骨格構造が破壊されていると考えられ、骨格構造内の間隙の存在が伺える。

参考文献 1) 満 忠之他：不攪乱粘土の圧密過程における非排水せん断強度の変化について，平成5年度土木学会西部支部研究発表会，pp658～659，1994。 2) 三浦 哲彦：高压下の砂の応力～ひずみ関係に関する一考察，土木学会論文報告集，第282号，1979。 3) 軽部 大蔵：規格以外の三軸圧縮試験方法とその問題点，第20回土質学会シンポジウム（一軸及び三軸圧縮試験方法とその応用），昭和50年度発表論文集，pp45，1975。

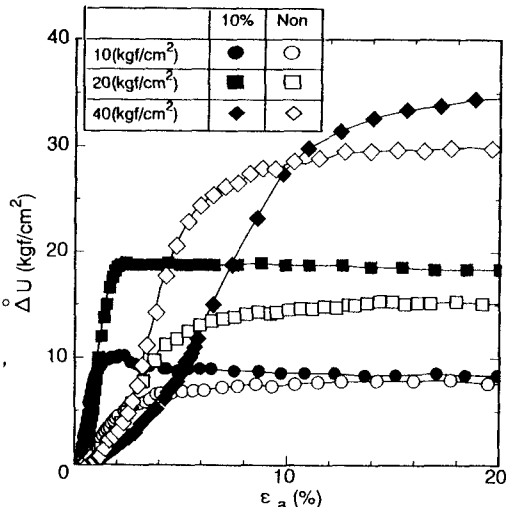


図-3 $\varepsilon_a \sim \Delta U$ relationships in CU test

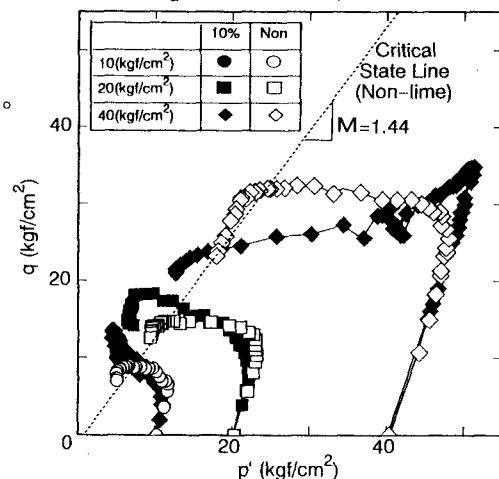


図-4 Stress Path in CU test

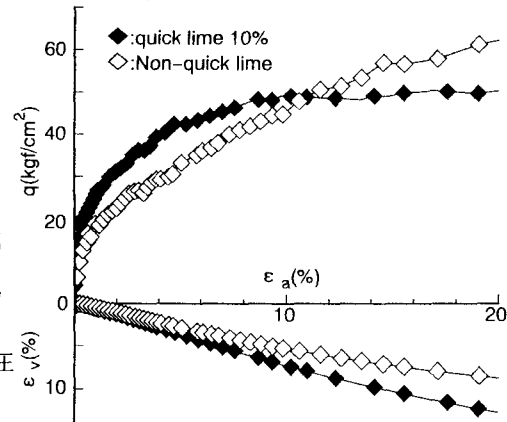


図-5 Stress-Strain Curve in CD test
 $p'_0 = 40(\text{kgf/cm}^2)$