

佐賀大学 ○学 佐藤 篤
福岡県庁 土井康継
佐賀大学 正 三浦哲彦

1. まえがき

深層混合処理工法のように粘土を柱状に改良した地盤の安定解析は、一般に一軸圧縮試験結果に基づいて行われている。しかし、より合理的な設計を行うためには拘束圧の影響を考慮することが求められる¹⁾。この問題に資するために、本報告は、石灰改良した有明粘土の供試体について非排水三軸圧縮試験を行い、拘束圧下の挙動を考察したものである。

2. 実験方法

試料は川副町の地表面下約2mから採取した有明粘土 ($\omega=125\sim135\%$, $\omega_L=99\%$, $I_p=63\%$, $G_s=2.69$) である。改良材は、生石灰 ($\text{CaO } 97\%$) を用いた。乾燥試料に対して石灰を10%混合した後、直径5cm、高さ10cmの供試体を作製し、28日間養生した。三軸試験に先立ち、背圧 2 kgf/cm^2 を负荷させた状態で飽和させた。CU試験は、 $p'_o=0.65\sim7.8\text{ kgf/cm}^2$ の6段階の圧力の下で等方圧密を行った後、ひずみ速度 $0.1\text{ \%/min}$ でせん断を行った。また異方圧密試験は、 $p'_o=0.1\text{ kgf/cm}^2$ で等方圧密を行った後、応力制御で応力比 ($\eta = 0.25\sim1.00$) を一定に保つように负荷した。

3. 実験結果及び考察

石灰を10%混合して改良した有明粘土の等方圧密応力下での降伏応力 (p'_{vy}) は、約 4.2 kgf/cm^2 であった (図1で $\eta = 0$)。また、異方圧密試験より得られた降伏応力は、同図に示されているように約 $3.8\sim5.2\text{ kgf/cm}^2$ の値が得られた。各供試体の応力～ひずみ特性の内、本報告では等方圧密下の挙動について述べる。

軸差応力と軸ひずみの関係は図2に示すようであった。圧密降伏応力より低い圧密応力 $p'_o = 0.65\sim3.9\text{ kgf/cm}^2$ の下では、応力～ひずみ曲線は互いに類似しており、ピーク強度は約 10 kgf/cm^2 であった。一方、 $p'_o > p'_{vy}$ となる $p'_o=5.2\sim7.8\text{ kgf/cm}^2$ の場合は、拘束圧の影響が明らかに認められ、拘束圧が高い程ピーク強度は増加している。同図中に一軸圧縮試験の応力～ひずみ挙動も示す。一軸圧縮試験では顕著なひずみ軟化を示すのに対して、拘束圧下での応力～ひずみ曲線は、ピーク後の強度低下が小さい。10%以上の大ひずみの下でも、石灰改良供試体のせん断強度が $8\sim9\text{ kgf/cm}^2$ の値を維持していることは注目値する。このことは、石灰改良地盤が大変形を受けた後でも、一定のせん断抵抗を保ち続けることを示唆している。

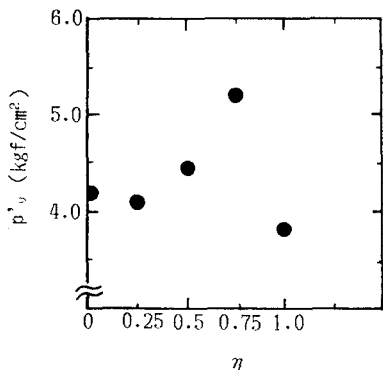


図1 降伏応力～応力比関係

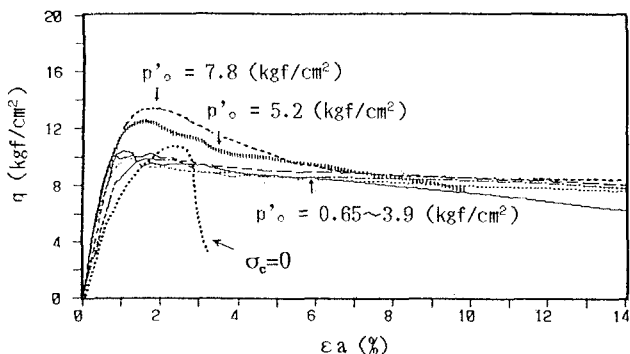


図2 軸差応力～軸ひずみ関係

図3は間隙水圧と軸ひずみの関係を示している。間隙水圧はひずみが小さい時点で最大値を示し、ひずみ増加と共に減少していく。すなわち、ピーク後に供試体は体積膨張挙動を生じていることを示している。

非排水応力経路を図4に示す。圧密圧力 $p'_o = 0.65 \sim 3.9 \text{ kgf/cm}^2$ の場合、それらの応力経路は破壊状態まではほぼ垂直に増加している。この範囲の p'_o の下では、圧密過程での間隙比はあまり変化しなかった。したがって、圧密からせん断破壊までの応力経路は、同一間隙比面上で限界状態に達する。このように $p'_o < p'_{vy}$ では過圧密粘土に類似した挙動を示す。 $p'_o > p'_{vy}$ の圧密応力の領域では、明らかに拘束圧依存性が認められた。

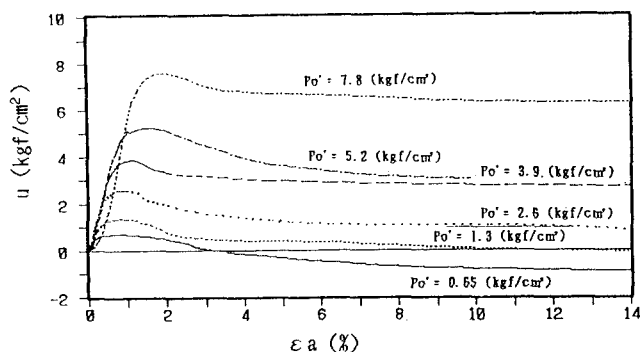


図3 間隙水圧～軸ひずみ関係

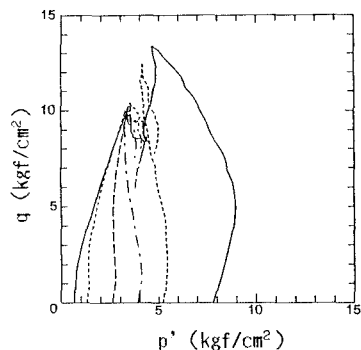


図4 有効応力経路

4. 結論

- (1) 石灰を 10 % 混合して改良した有明粘土の降伏応力 (p'_{vy}) は、等方圧密下では約 4.2 kgf/cm^2 、 $\eta = 0.25 \sim 1.00$ の異方圧密下では約 $3.8 \sim 5.2 \text{ kgf/cm}^2$ であった。
- (2) 圧密圧力が圧密降伏応力より低い範囲 ($p'_o < p'_{vy}$) では、過圧密粘土の応力～ひずみ特性を示し、拘束圧の応力～ひずみ挙動への影響は小さい。
- (3) $p'_{vy} < p'_o < 2p'_{vy}$ の範囲においては、圧密過程で間隙比の減少が生じ、圧密圧力が高い程より高いせん断強度を示す。その応力～ひずみ挙動は軽く過圧密された粘土の挙動と類似している。
- (4) $p'_o = 0$ の下（一軸圧縮試験）では残留強度はピーク強度の約 30 % まで低下するが、拘束圧下 ($p'_{vy} > p'_o \geq 0.65 \text{ kgf/cm}^2$) では、残留強度はピーク強度の90%程度を示した。
- (5) 上述のことから、実地盤において拘束圧下でせん断抵抗を示している石灰改良体は、地盤が大ひずみを生じた後においても高いせん断強度状態を保つことが示唆される。

(参考文献)

- 1) 三浦、古賀、西田：有明粘土地盤に対する生石灰を用いた深層混合処理工法の適用
土と基礎 Vol. 34 No. 4 1986. 4