

Ⅲ-B211

セメント改良土の一軸圧縮試験と三軸圧縮試験の比較と応用

ライト工業 正会員 石黒 勇次
建設省土木研究所 正会員 塚田 幸広

1. まえがき

現在、セメント改良土の強度は、試験法の簡便さなどの理由から一軸圧縮強さで評価するケースが多くなっている。しかし、一軸圧縮試験では、拘束圧や間隙水圧などを考慮することができないため、実際に施工された改良体の基本特性を把握することは難しいと考えられる。

本文では、セメント改良土の一軸圧縮試験と三軸圧縮試験を行って、改良土の基本的特性を調べた結果を報告する。

2. 実験方法

供試体の物性値（代表値）を表-1に示す。供試体は、粘性土地盤を深層混合処理工法によって造成した改良体を想定し、調整含水比 60%のカオリンクレイに、普通ポルトランドセメントをカオリンクレイに対する重量混合率 7%で混合したセメント改良土をモールドに詰め、パイプレーターで空気を追い出した。約 24 時間後に脱型し、直径 50 mm×高さ 100 mmの供試体に整形した後、28 日以上水中養生した。

実験は、一軸圧縮試験(JGS T 511-1990)と三軸圧縮試験を行い、前者は、圧縮速度 1%/min で圧縮ひずみ 15%に達するまで測定した。後者は、圧密排水(CD)試験及び圧密非排水(CU)試験を行い、バックプレッシャー(σ_{BP})として、 $\sigma_{BP}=1.0 \text{ kg f/cm}^2$ を供試体に作用させ、せん断ひずみ速度 0.1%/min、軸ひずみ $\varepsilon_a=15\%$ に達するまで測定し、 $\varepsilon_a=15\%$ 時の軸差応力を残留強度とした。また、深層混合処理工法により造成された改良体が破壊した場合を想定して、供試体が破壊したところで一旦除荷し、その後再び載荷する試験（以降、再載荷試験と記す。）も行った。

3. 一軸圧縮試験結果

一軸圧縮強さ(q_u)～軸ひずみ(ε)関係を図-1に示す。一軸圧縮強さは $q_u=6 \text{ kg f/cm}^2$ 程度となっている。また、破壊後は急激に一軸圧縮強さが減少し、軸ひずみ 15%の時には残留強度はほとんどない状態である。

4. 三軸圧縮試験結果

CD 試験結果による軸差応力(q)～軸ひずみ(ε_a)関係を図-2に示す。拘束圧(σ_c)が増加すると $q_{\max}$ も増加している。ま

表-1 供試体の物性値（代表値）

湿潤密度: $\gamma_t (\text{g/cm}^3)$	1.65
含水比: $w (\%)$	51.2
間隙比: e	1.55
飽和度: S_r	91.9
一軸圧縮強さ(28日): $q_u (\text{kgf/cm}^2)$	6.03

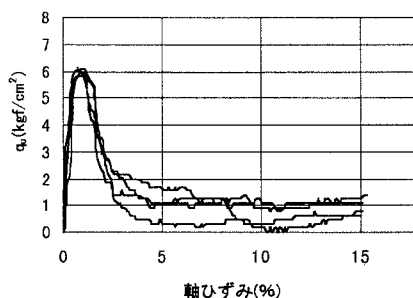
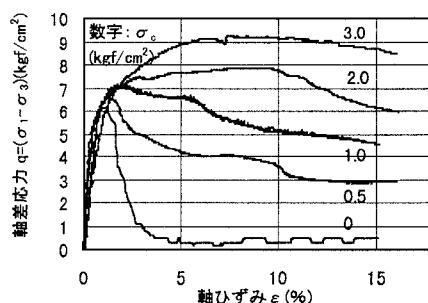
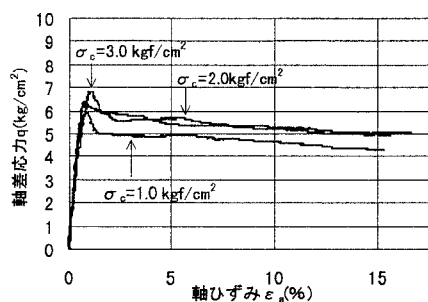


図-1 一軸圧縮試験結果

図-2 CD 試験による $q \sim \varepsilon_a$ 関係図-3 CU 試験による $q \sim \varepsilon_a$ 関係

キーワード：セメント改良土・一軸圧縮試験・三軸圧縮試験・拘束圧・残留強度

連絡先：〒102 東京都千代田区九段北 4-2-35 本社開発部 TEL 03-3265-2458 FAX 03-3265-2510

た、同様に残留軸差応力(q_{res})も σ_c の増加に伴って増加しており、一軸圧縮試験では見られなかった破壊後の残留強度が確認できた。せん断特性は、 $\sigma_c=0.5\sim 1.0\text{ kg f/cm}^2$ の場合には $\varepsilon_a=2\%$ 付近で q_{max} を示した後、 q_{res} に達するひずみ硬化軟化型となっているが、 $\sigma_c=2.0\text{ kg f/cm}^2$ の場合には q_{max} が $\varepsilon_a=10\%$ 付近となり、ひずみ硬化型に近づいている。

C $\bar{U}$ 試験による $q\sim\varepsilon_a$ 関係を図-3に示す。 σ_c が増加するとCD試験時と同様に q_{max} も増加している。せん断特性は、 σ_c がどの場合でもひずみ硬化軟化型となっているが、 q_{max} から q_{res} への過程では軸差応力はあまり減少していない。また、拘束圧依存性はCD試験時よりも低くなっている。

CD条件で行った再載荷試験より得られた $q\sim\varepsilon_a$ 関係を図-4に示す。再載荷時の最大軸差応力(q_{max})は、 σ_c の増加に伴って増加しており、再載荷時においても拘束圧依存性が見られる。また、せん断特性は、ひずみ硬化軟化型になっている。

CU条件で行った再載荷試験より得られた $q\sim\varepsilon_a$ 関係を図-5に示す。再載荷時のせん断特性は、通常載荷時と同様なひずみ硬化軟化型である。

CD試験によって得られた q_{max} 、 q_{res} と σ_c の関係を図-6、C $\bar{U}$ 試験によって得られた関係を図-7に示す。また、通常載荷時の q_{max} と q_{res} を点線で示した。CD試験の通常載荷時と再載荷時の q_{max} 、 q_{max}' の破壊線を比較すると、内部摩擦角(ϕ)は同等であるが、再載荷時は粘着力(c)が減少している。また、 q_{res} 、 q_{res}' の破壊線では、 ϕ が減少し、 c が増加している。C $\bar{U}$ 試験では、通常・再載荷共に c が減少しているが、 q_{res} の破壊線は減少が少なく、ほぼ同等の破壊線である。また、CD試験では通常載荷・再載荷ともに q_{max} 、 q_{max}' の破壊線は一軸圧縮強さを上回っている。

5.まとめ

- 1)破壊後の一軸圧縮強さはほとんどない状態になってしまうが、三軸圧縮試験を行って拘束圧をかけることにより、破壊後も残留強度が存在していることが確認できた。
- 2)セメント改良土のせん断特性は、排水条件に関係なく、通常・再載荷共にひずみ硬化軟化型であり、通常載荷の圧密排水試験の場合は、拘束圧が大きくなるとひずみ硬化型に近くなる。
- 3)セメント改良土の破壊線は、拘束圧依存性が見られる。圧密非排水試験の場合は拘束圧依存性は小さく、残留軸差応力は、再載荷しても通常載荷の場合と同等な破壊線となる。
- 4)圧密排水試験では通常・再載荷ともに最大軸差応力の破壊線は一軸圧縮強さを上回っている。

以上より、セメント改良土に三軸圧縮試験を行って基本的特性を

把握し、その結果を設計等に考慮することは有効であると思われる。また、破壊した改良体でも、条件によっては破壊後も引き続きその機能を有しているといった設計をすることも将来可能であると考えられる。

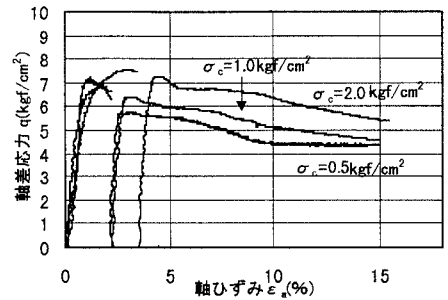


図-4 CD試験による再載荷時の $q\sim\varepsilon_a$ 関係

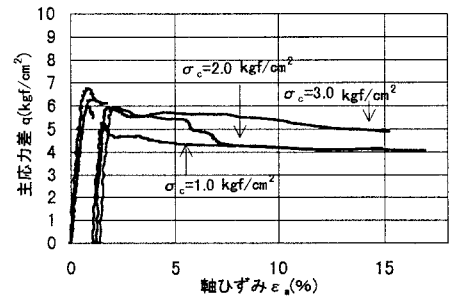


図-5 C $\bar{U}$ 試験による再載荷時の $q\sim\varepsilon_a$ 関係

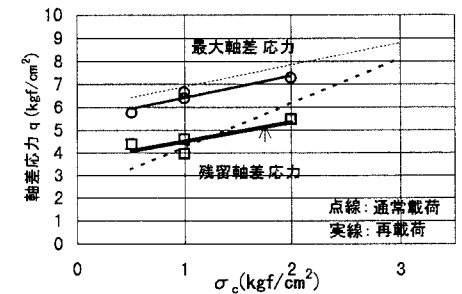


図-6 CD試験による $q\sim\sigma_c$ 関係

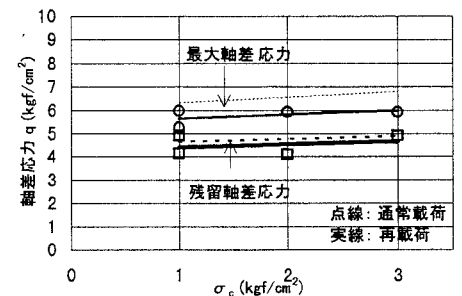


図-7 C $\bar{U}$ 試験による $q\sim\sigma_c$ 関係