

セメント改良砂の三軸圧縮・伸張強度特性の拘束圧依存性と圧密特性

東京大学大学院工学系研究科 学生会員 ○中島 進

東京大学生産技術研究所 正会員 古関 潤一 佐藤 剛司

1. はじめに

近年、セメント系固化処理工法が広い範囲で適用されている。これに伴い、セメント改良土の強度特性に影響を及ぼす諸要因についてこれまで様々な研究がなされている。その中で、拘束圧依存性に関して、桑原ら¹⁾は、高い拘束圧ではセメント改良粘土中のセメンテーションが破壊され、急激に圧密される現象が見られる事を報告している。本研究では、セメント改良砂を用いて比較的高い拘束圧で三軸圧縮試験を行い、セメント改良砂の強度特性に及ぼす拘束圧の影響について検討すると共に、三軸伸張試験も行い、圧縮試験結果との比較を行った。

2. 試料および試験方法

試料の配合を表-1に示す。作成した試料は水中密封養生を行い、せん断開始が168時間後となるようにして試験を行った。試料作成方法・試験装置については三平ら²⁾を参照されたい。

供試体の上下部両端面は石膏を用いて、キャッピングを行った。所定の拘束圧 σ_c まで等方圧密を行い、圧縮試験では水平応力 σ_h 一定で鉛直応力 σ_v を増大させ、伸張試験では σ_v 一定で σ_h を増大させるせん断を行った。背圧は200 kPaである。圧縮試験、伸張試験とも軸ひずみ速度は0.01%/minで行った。供試体の乾燥密度 ρ_d は1.54~1.59 g/cm³である。

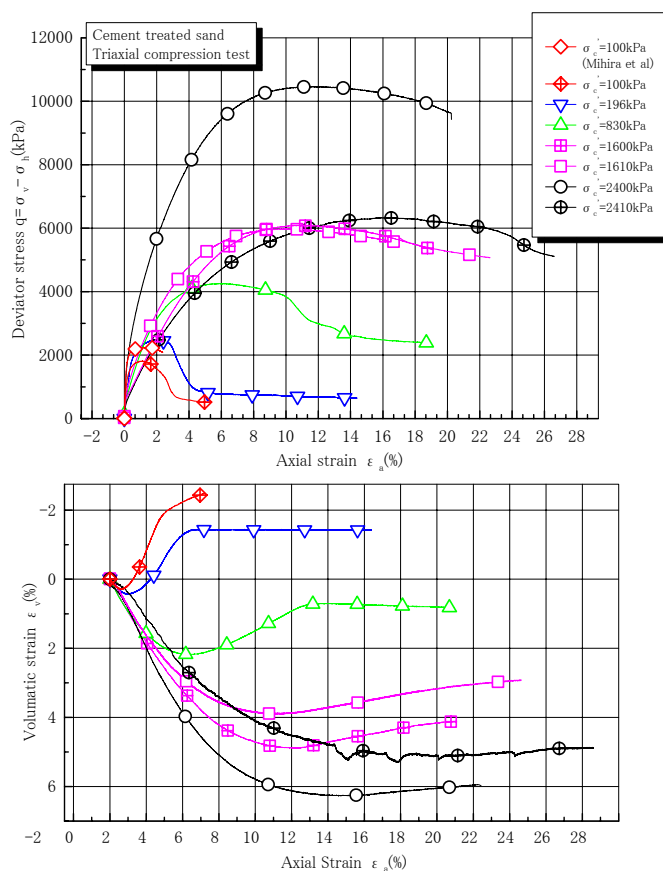
3. 試験結果及び考察

図-1は三軸圧縮試験の軸ひずみ ε_a と体積ひずみ ε_v 及び軸差応力 $q(=\sigma_v - \sigma_h)$ の関係である。ピーク強度 q_{max} が拘束圧の増加と共に増大した。ピーク強度発揮後は低拘束圧時には密な砂と同様に明確なひずみ軟化挙動と正のダイラテンシーを示すが、高拘束圧になると破壊ひずみが増大して、その後のひずみ軟化挙動が顕著には見られなくなる。このことは、桑原ら¹⁾の結果と同様に、圧密時の拘束圧の上昇に伴ってせん断前からセメンテーションが破壊されている可能性を示唆している。

図-2に動員内部摩擦角 ϕ_{mob} と最大せん断ひずみ γ_{max} ($=(\varepsilon_a - \varepsilon_v)/2$)との関係を示す。低拘束圧では ϕ_{mob} はセメンテーションの効果によって大きく、かつ明確なピーク値を有し、やがて40°前後の残留値に収束していく。一方、高拘束圧の場合にはピーク値は明確ではないが、これも40°前後の残留値に収束していく。この事からも、圧密時の拘束圧上昇によってセメンテーションが破壊され、セメント改良砂は元の砂に近い状態へと戻っている事が推測される。

表-1 試料の質量配合比

豊浦砂	セメント	ベントナイト	水
66.3 (%)	10.0(%)	5.0(%)	18.7(%)

図-1 三軸圧縮試験における ε_a - q 関係と ε_a - ε_v 関係

Key Words : セメント改良砂、セメンテーション、拘束圧、圧密特性、三軸試験

〒153-8505 東京大学生産技術研究所 東京都目黒区駒場 4-6-1 Tel : 03-5452-6421

図-3 に三軸伸張試験(TE)における軸差応力 $q(=\sigma_h - \sigma_v)$ と最大せん断ひずみ $\gamma_{\max}(=(\varepsilon_v - 3\varepsilon_a)/2)$ との関係を示す。図中には対応する拘束圧での三軸圧縮試験結果(TC)と併せて、 $\sigma'_c=2400\text{kPa}$ まで等方圧密してから σ_h 一定で σ_v を減少させた伸張試験結果も示した。拘束圧約 200kPa の場合には、伸張試験よりも圧縮試験の方が高いピーク強度 $q_{\max}$ を示した。拘束圧 100kPa においては、逆の傾向を示したが、図中に矢印で示した三平ら²⁾が行った圧縮試験のピーク強度よりは今回実施した伸張試験のほうが小さい。

図-4 は三軸圧縮、伸張試験結果をもとに描いたモールの応力円である。圧縮試験で得られた比較的高い拘束圧での破壊包絡線は三平ら²⁾が求めたものに良く一致していた。拘束圧が 1600kPa 程度以上になると、データのばらつきが大きく、高拘束圧における破壊包絡線の決定には今後の検討を要する。一方、伸張試験においては、試験数が限られたものである事から包絡線を描くことは出来ないが、圧縮試験で得られた包絡線よりも内側に存在する事が今回の試験結果から推測される。

図-5 は等方圧密中の体積ひずみと拘束圧の関係である。図中で急激に圧密が進行するケースがある（例えば $\sigma'_c=1600\text{kPa}$ 、 2410kPa ）のは桑原ら¹⁾と同様な傾向であるが、拘束圧が比較的高くなるとデータのばらつきが大きく、セメンテーションが破壊される拘束圧についても今後の検討を要する。

4. まとめ

今回の試験条件の下では、セメント改良砂の三軸圧縮・伸張強度特性は拘束圧の影響を強く受ける。拘束圧の上昇に伴いセメンテーションが破壊されると考えられる。同じ拘束圧で比較した場合、伸張強度は圧縮強度よりも小さくなる傾向がある。

参考文献

- 1) 桑原ら(1999)『セメント改良粘土の強度の拘束圧依存性と圧密特性の関連』第34回地盤工学会研究発表会講演概要集 pp.865-866
- 2) 三平ら(2003)『セメント改良砂の変形・強度特性に関する三軸圧縮・引張試験』第38回地盤工学会研究発表会講演概要集 pp.875-876

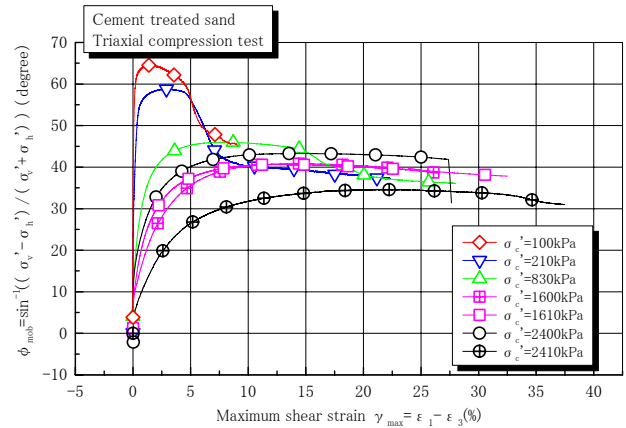


図-2 圧縮せん断中の ϕ_{mob} の変化

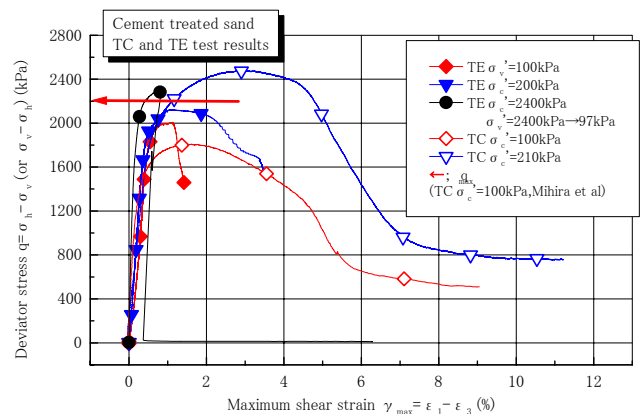


図-3 三軸圧縮・伸張試験結果(応力-ひずみ関係)

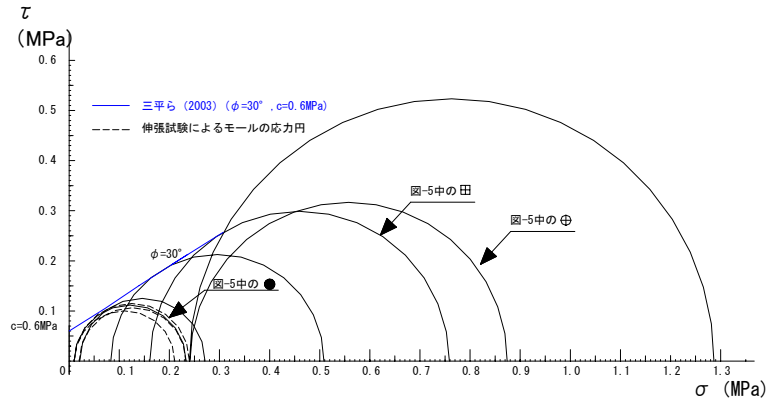


図-4 圧縮・伸張試験によるモールの応力円と破壊包絡線

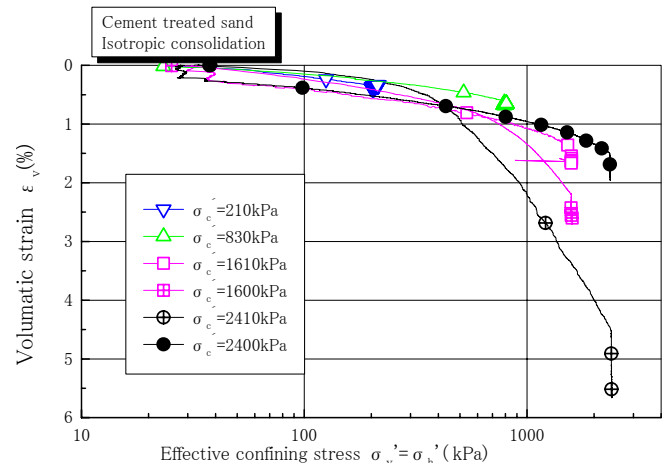


図-5 等方圧密中の体積変化