25

佑	○萩原	学生会員	中央大学
伸一	金澤	正会員	中央大学
武司	石井	正会員	中央大学
邦夫	齋藤	正会員	中央大学

クロマイトサンド ◆ 50kPa ◆ 100kPa ◆ 200kPa



当研究室ではスラリートレンチの崩壊実験を行う 際, 硅砂 7 号よりも自重効果の期待できるクロマイト サンドを用いている.スラリートレンチの崩壊挙動を SSR-FEM を用いた解析によって把握するために, 適 切なパラメータ設定が必要となる. 高橋¹⁾は,相対密 度 30~95%に調整したクロマイトサンドと硅砂 7 号に ついて三軸排水試験を実施し,図-1のようなせん断抵 抗角 φ',ダイレイタンシー角 ψ~相対密度 D_r関係を示 した.すなわち,クロマイトサンドのせん断抵抗角は, 硅砂 7 号のそれに比べ 5~7°小さな値となり,ダイレ イタンシー角では殆ど差が無いことを明らかにした. しかしながら,今日のスラリートレンチ問題では,崩 壊現象に止まらず周辺地盤の沈下・変形に及ぼす拘束 圧力と相対密度に注目して三軸排水試験を行い,弾性 係数 E の特性を検討した.

2. 試料の物理特性

クロマイトサンドは、酸化クロム鉄(CrO₂)を 46.5% 以上含む金属質の材料である.同試料について行った 土粒子密度試験、粒度試験等の結果を表-1に示す. クロマイトサンドの土粒子密度 ρ_s は、硅砂7号のお よそ 1.7 倍であり、自重効果が期待できる.図-2 に二 つの試料の粒径加積曲線を示した.粒径加積曲線は極 めて近似しており粒径の違いによるせん断特性への 影響はないと考えられる.また写真-1 は二つの試料の 粒子表面の写真である. 硅砂に比ベクロマイトサンド は粒子表面に光沢がみられ滑らかであり表面摩擦の 影響が少ないと思われる.間隙比の調整範囲は 0.507 ≤ e ≤ 0.841 であり, 硅砂7号に比べて小さい.

3. 試驗概要

3.1 供試体の作成

気乾状態のクロマイトサンドを特別に作成したホ



図-1 既往の研究

	クロマイトサンド	硅砂7号
土粒子密度 ρ。(g/cm ³)	4.531	2.647
最大間隙比 e _{max} (g/cm ³)	0.841	1.234
最小間隙比 e _{min} (g/cm ³)	0.507	0.668
有効粒径 D ₅₀ (mm)	0.171	0.176
均等係数 U。	1.536	1.549





ッパーに入れ、これより空中落下法で相対密度 D_r=90%の供試体に調整した.供試体の寸法は、 直径 φ =50mm,高さ h=100mm である. 3.2 実験方法

供試体を飽和させるため、まず CO_2 ガスを底部 より透気させた. その後, 脱気水を同じく供試体 底部より通水させ, CO_2 ガスを水で置き換えた. さらに供試体に背圧 100kPa 作用させながら, 側 圧 $\sigma_3'=100$, 200, 300kPa の下で圧密した. せん 断の前に先立ち, 供試体の B 値が 0.95 以上にな っていることを確認した後, 排水条件でせん断し た. せん断速度は 0.2mm/min である.

4. 試験結果

図-3 に、クロマイトサンドと硅砂の相対密度 D_r=90%の応力~ひずみ関係、図-4 に、体積ひず み-軸ひずみ関係をそれぞれ示した.クロマイト サンドと硅砂の応力~ひずみ~体積ひずみ関係に おいては、ひずみ軟化挙動が共通して認められた. 降伏応力は硅砂に比ベクロマイトサンドの方が 低く、拘束圧に依存している.図-5 に、せん断の 初期における応力~ひずみ関係、図-6 は D_r=90% のクロマイトサンドと硅差の応力比-ひずみ関係 を示したものである.応力比は以下のように定義 した.

応力比:
$$q_{rat} = \frac{q_{san}}{q_{cho}}$$

q_{cho}:クロマイトサンドの軸差応力

q_{san}: 硅砂の軸差応力

図-5 からせん断初期の弾性係数は硅砂に比べ てクロマイトサンドの方が高い.また,図-6より せん断初期の弾性係数が拘束圧に依存して高く なることが分かる.弾性領域における応力比は, 拘束圧の増加に伴い減少し,塑性領域では,拘束 圧に関わらずほぼ一定である.これは弾性領域で はクロマイトサンド,塑性領域では硅砂の変形に 対する強度が高いことを意味している.しかしな がら図-7に示した E₅₀~D_r関係から E₅₀は試料に関 わらず同程度の値を示している.この弾性係数 E の特性は,粒子表面形状に影響していると考えら



写真-1 粒子表面形状





図-5 せん断初期の応力・ひずみ関係

れ図-8 に粒子の簡易モデルを示す. 粒子の表面 形状は Dilatancy が起きるまでの過程に影響して いる. Dilatancy が起きた際に粒子はインターロ ッキング効果を発揮する.しかしながら、粒子 表面が滑らかなクロマイトサンドは, 硅砂に比 べて早い段階で Dilatancy が発生し、また、密な ため Dilatancy が早く発生することから、インタ ーロッキング効果が弱いと考えられる. クロマ イトサンドに比べて硅砂の間隙比は大きいため, 密な試料になるほど間隙が減少し、初期圧縮力 で粒子同士が十分に強くかみ合うと考える. 以 上より, 硅砂に比ベクロマイトサンドの弾性領 域の弾性係数 E は高く,またそれは拘束圧依存 性を持ち、粒子の表面形状に強く影響される. その結果,弾性係数 E が硅砂と同程度にも関わ らず降伏応力、降伏時の軸ひずみに差が生まれ ると考えられる. 図-9 は拘束圧 100kPa における 相対密度 D_r=90,70,60,50,30%における応力比-ひ ずみ関係を示したものである.

5. まとめ

クロマイトサンド, 硅砂 7 号の三軸試験結果 から以下のことが分かった.

- 試料の違いにより弾性係数 E₅₀は変化する.
 その変化量は、粒子の表面形状の違いによる 摩擦特性が影響した微小なものである.
- 粒子の表面形状の違いは、インターロッキン グ効果に影響する.
- 解析パラメータに弾性係数 E を用いる際に は弾性領域の初期での応力-ひずみ挙動を十 分に考慮する必要がある.
- 4) 弾性係数 E は弾性領域において試料の違い によって異なる. 塑性領域でも同様の傾向が みられるが, その差は弾性領域に比べ僅かで ある.

6. 今後の課題

1) 初期の微小ひずみにおける応力-ひずみ挙動 の把握を行い,解析に用いる弾性係数Eの推定 を行う

2)クロマイトサンドの伸張試験,拘束圧除荷試験 を行い,応力の載荷方法の違いによる,せん断 特性の比較









図-8 粒子モデル

3)初期圧縮力の違いによるせん断特性の比較を行う

【参考文献】

高橋 彬:クロマイトサンドのせん断特性について(中央大学,理工学部,卒業論文,2004)2)社団法人 地盤工学会:技術者のための FEM シリーズ
 弾性有限要素法がわかる3)片山 貴夫:砂地盤における泥水掘削溝壁の安定評価に関する研究(中央大学大学院,理工学研究科,修士論文,2005)
 斎藤 正幸:泥水掘削溝壁の安定性に関する研究(中央大学大学院,理工学研究科修士論文,2009)

