

小型模型実験に使用するクロマイトサンドの物理・せん断特性

中央大学 学生会員 木村 泰彰
 中央大学大学院 学生会員 片山 貴夫
 中央大学 正会員 斎藤 邦夫
 中央大学 正会員 石井 武司

1. はじめに

本研究では、小型模型による泥水掘削溝壁の崩壊実験を計画している。この実験を行うにあたり、相似則の関係から模型実験によく使用されている豊浦砂や珪砂 7 号よりも粒子の密度が大きい材料が必要となった。その材料として鑄造用の砂に利用されているクロマイトサンドに着目した。そこでクロマイトサンドの物理・せん断特性を調べ、珪砂 7 号や豊浦砂と比較し、模型実験用の砂として扱えるかを検討した。

2. 試料の物理特性

クロマイトサンドと珪砂 7 号を写真-1 に示す。クロマイトサンドの物理特性を調べるために「土粒子密度試験」、「砂の最小・最大密度試験」、「粒度試験」を実施した。その結果を表-1 及び図-1 に示す。



写真-1 クロマイトサンド(左)と珪砂7号(右)

クロマイトサンドの土粒子密度 ρ_s は珪砂 7 号の約 1.7 倍の値を示した。また、最小密度 ρ_{dmin} 、最大密度 ρ_{dmax} に関しては珪砂 7 号の約 2 倍の値となった。

表-1 試料の物理特性

| 試料名 | 土粒子密度 ρ_s (g/cm ³) | 最小密度 ρ_{dmin} (g/cm ³) | 最大密度 ρ_{dmax} (g/cm ³) | 均等係数 U_c | D_{50} (mm) |
|----------|-------------------------------------|---|---|------------|---------------|
| 珪砂7号 | 2.611 | 1.214 | 1.565 | 1.36 | 0.18 |
| クロマイトサンド | 4.483 | 2.456 | 3.035 | 1.71 | 0.21 |

次に、クロマイトサンド及び珪砂 7 号の粒度分布は極めて類似した粒径加積曲線であり、共に粒径は 0.07mm ~ 0.9mm の狭い範囲に分布し、 D_{50} 、 U_c の値はほぼ同程度である。

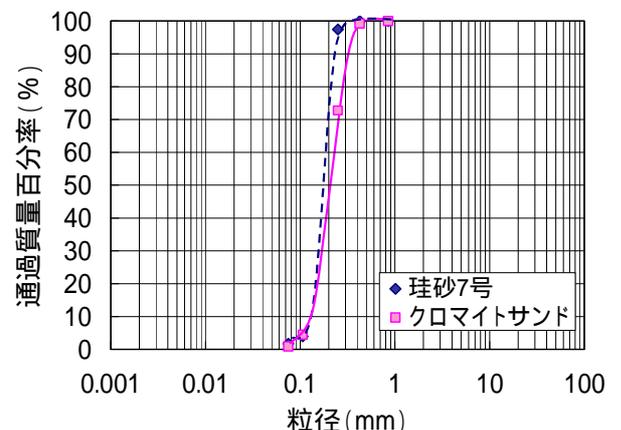


図-1 粒径加積曲線

3. せん断特性

(1) 試験方法

せん断特性を検討するにあたり、本報告においては、クロマイトサンドと豊浦砂を比較した。供試体(直径 6cm, 高さ 2cm)を空中落下法により所定の密度になるよう調整し、作製した。相対密度の条件は、ややゆるい状態 (D_r 60%) 及び比較的密な状態 (D_r 80%) の 2 ケースとした。供試体は乾燥状態でせん断試験を行い、せん断変位速度は砂の基準である $0.2\text{mm}/\text{min}^1$ とした。試験時の垂直応力は、 $100\text{ kN}/\text{m}^2$ と $200\text{ kN}/\text{m}^2$ に設定した。表-2 に試験ケースを示す。

(2) 試験結果

図-2 に Case1 ~ 4 (D_r 60%) のせん断応力-せん断変位関係 (σ - δ 関係) 及び垂直変位-せん断変位関係 (H - δ 関係) を、図-3 に Case5 ~ 8 (D_r 80%) の σ - δ 関係及び H - δ 関係を示す。

図-2 の σ - δ 関係より、クロマイトサンドは、豊浦砂と同様に、せん断応力 σ がピークに達した後に低下していくひずみ軟化の傾向を示した。また、図-2 の H - δ 関係より、クロマイトサンドの

表-2 試験条件

| ケース | 試料名 | 相対密度 D_r (%) | 垂直応力 (kN/m ²) | 最大せん断応力 σ_{max} (kN/m ²) |
|-------|----------|----------------|---------------------------|---|
| Case1 | 豊浦砂 | 61.3 | 105.6 | 72.3 |
| Case2 | | 61.3 | 200.9 | 141.7 |
| Case3 | クロマイトサンド | 65.7 | 101.2 | 64.7 |
| Case4 | | 62.3 | 199.1 | 131.3 |
| Case5 | 豊浦砂 | 79.1 | 104.7 | 84.1 |
| Case6 | | 78.0 | 201.2 | 154.3 |
| Case7 | クロマイトサンド | 78.7 | 102.9 | 71.0 |
| Case8 | | 79.0 | 198.4 | 137.4 |

キーワード クロマイトサンド, 物理特性, せん断特性, 模型実験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 地盤環境研究室 TEL03-3817-1812

垂直変位は、収縮を示しその後膨張する挙動へと移行した。この傾向は、豊浦砂の場合と同様と言える。両者の垂直変位を比較すると、クロマイトサンドの方が小さい値を示した。

次に図-3の σ_v - H 関係を見ると、クロマイトサンドと豊浦砂はひずみ軟化の挙動を示している。相対密度 D_r が増加したことにより、ひずみ軟化の挙動が図-2 に比べより顕著に表れている。また、クロマイトサンドの垂直変位に着目すると、 D_r 60%の場合に比べ収縮する挙動が小さく、膨張する挙動が大きいことが読み取れる。また、図-2 と図-3 の H - σ_v 関係からクロマイトサンドは豊浦砂よりも垂直変位が小さいことがわかる。

(3) 内部摩擦角の算定

垂直応力を変化させて行った一面せん断試験より、垂直応力と得られた最大せん断応力を用いてせん断応力-垂直応力関係 (σ_v - σ_h 関係) に整理した。その結果を図-4, 5 に示す。本報告では、粘着力 c を 0 と仮定し、直線の近似式で内部摩擦角を求めた。図-4 の D_r 60% の場合は、豊浦砂が 35.0° 、クロマイトサンドが 33.2° となった。図-5 より、 D_r 80% では、豊浦砂が 37.8° 、クロマイトサンドが 34.8° となった。図-4 及び図-5 から、 D_r が異なっても、両者の内部摩擦角の差は小さく、概ね同程度の値と言える。しがしながら、乾燥状態の豊浦砂を用いた一面せん断試験より得られる内部摩擦角の値は、文献によると相対密度 50%程度で 40° 程度である²⁾。本試験の数値はそれよりも小さいことから、三軸試験で精査する必要があると思われる。

4. まとめ

クロマイトサンドに対して物理試験、一面せん断試験を実施した結果、以下のことが分かった。

- (1) クロマイトサンドの粒径は珪砂の粒径と相似であるが、土粒子密度は珪砂に比べ約 1.7 倍、最小・最大密度は約 2 倍である。
- (2) クロマイトサンドの内部摩擦角は、豊浦砂と概ね同程度の値を示した。

なお、内部摩擦角の数値に関しては、三軸試験を用いた精査をする予定である。

参考文献

- 1) 社団法人地盤工学会 (2000): 土質試験の方法と解説, pp569-574.
- 2) 社団法人土質工学会 (1992): N 値および c_u の活用法, pp138.

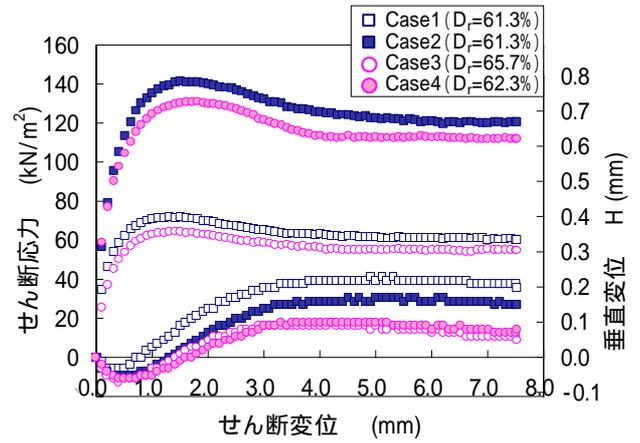


図-2 せん断応力・垂直変位-せん断変位の関係

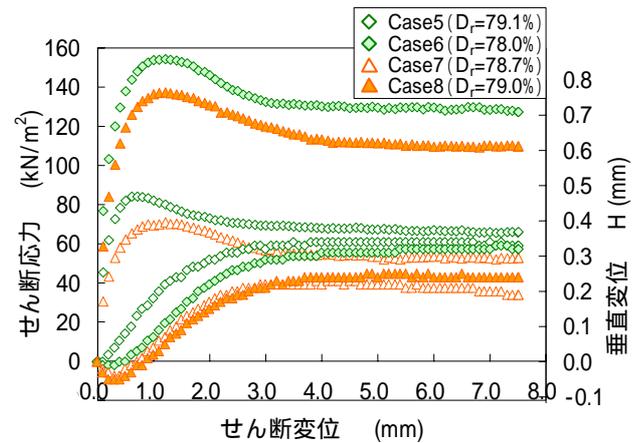


図-3 せん断応力・垂直変位-せん断変位の関係

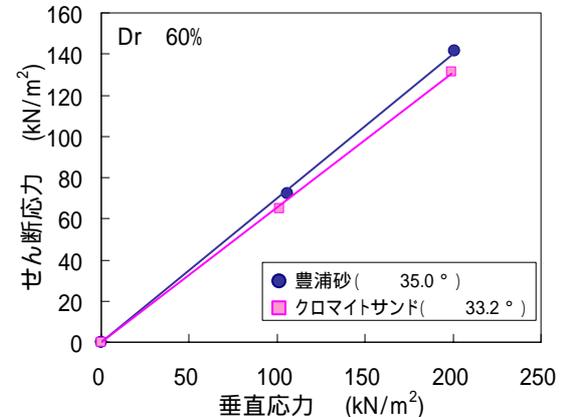


図-4 せん断応力と垂直応力の関係

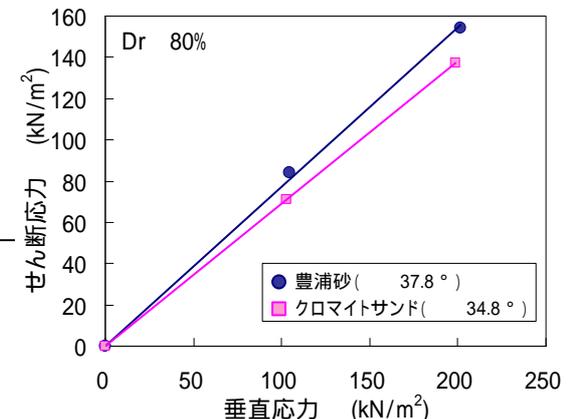


図-5 せん断応力と垂直応力の関係