

クロマイトサンドを用いた泥水掘削溝模型実験の有用性

中央大学大学院 学生会員 ○齋藤 正幸
 中央大学大学院 学生会員 大谷 謙太
 中央大学 国際会員 石井 武司
 中央大学 国際会員 齋藤 邦夫

1. はじめに

泥水掘削工法は、地下構造物を構築する際に広く用いられている。しかし、掘削溝の安定性に関するメカニズムが十分に解明されておらずコスト面で他の工法に遅れをとっている。合理的な設計をするためには、掘削溝の崩壊挙動をより把握する必要がある。本文では重力場において自重を考慮した、3次元模型実験および数値解析を紹介する。

2. 模型地盤材料

クロマイトサンドは鋳物の剥離材の一つで、酸化クロム鉄 (FeCr_2O_4) を 46.5% 以上含む。表-1 に示す通り、クロマイトサンドの物理特性は通常の砂と同様である。しかし、同砂の土粒子密度は $\rho_s = 4.531 \text{ g/cm}^3$ であり、豊浦砂などと比べ約 1.7 倍の密度を有するため、比較的大きな自重効果が期待できる。図-1 には各砂の相対密度と内部摩擦角の関係を示した¹⁾²⁾。クロマイトサンドの ϕ は、粒子表面性状が平滑であることが起因し $2^\circ < \phi < 5^\circ$ の範囲で小さいが、通常の砂と同様の傾向が認められた。

3. 模型実験概要

実験装置の概要を図-2 に示す。挙動の把握には、鉛直ひずみ計及びレーザー変位計を用い、(a)に示す位置に配置した。模型実験は掘削溝の溝長さ $L=520\text{mm}$, $L=1040\text{mm}$, $L=1300\text{mm}$ の3ケースおよび、2次元状態を想定した $L=\infty$ の計4ケースを実施した。模型地盤は単純化して、飽和地盤とした。模型地盤の作製方法ならびに実験方法は、既往の文献を参照されたい。³⁾

4. 実験結果

図-3 は $L=520\text{mm}$ における経過時間～地表面沈下量、安定

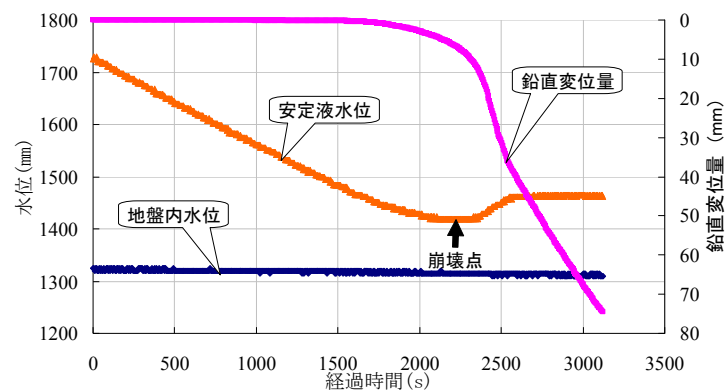


図-3 経過時間と鉛直変位量及び水位の関係

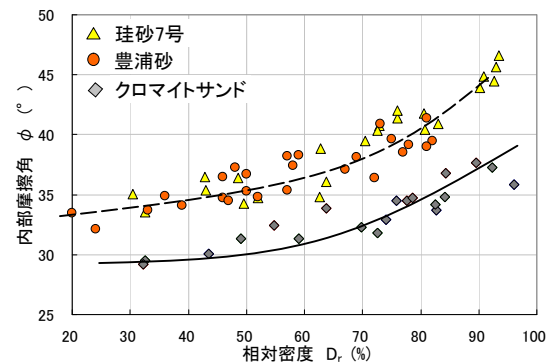
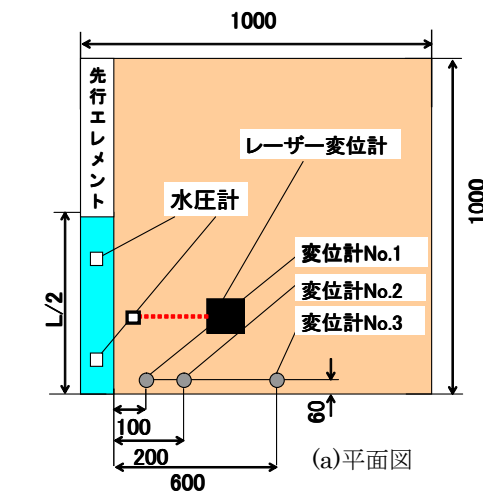


図-1 相対密度と内部摩擦角の関係

表-1 砂の物理特性

試料名	土粒子密度	均等係数	曲率係数	D ₅₀
豊浦砂	2.64	1.54	1.01	0.17
クロマイトサンド	4.53	1.61	1.06	0.18
珪砂7号	2.65	1.57	0.95	0.17
石英	2.65	-	-	-
長石	2.54~2.76	-	-	-



(a) 平面図

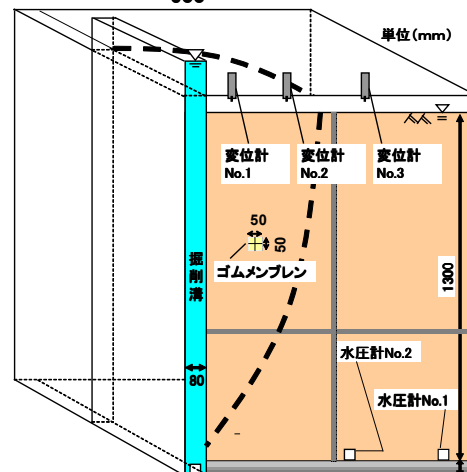


図-2 模型実験土槽 (b) 正面図

キーワード クロマイトサンド SSR-FEM 模型実験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1812

液水位、地盤内水位の関係を示したグラフである。地盤内水位一定の条件を満たすため、安定液水位の変遷に着目すると、水位が極値をとった後、地表面沈下量が増大することが認められる。よって、この安定液水位と地盤内水位の水位差を崩壊時の水位差とした。溝長さの違いによる鉛直変位量と水位差の関係を示したのは図-4である。溝長さは崩壊点の水位差には影響を及ぼすものの、崩壊挙動は類似した挙動を示すことが認められる。図-5には、 $L=520\text{mm}$ の実験結果から得られた変位ベクトル図と数値解析から求めたすべり線を比較した結果を示した。なお、解析には泥水掘削溝壁の安定性評価手法として使用されているせん断強度低減 FEM (SSR-FEM と称す⁴⁾)を用い、入力する地盤及び安定液の物性値は表-2の通りである。変位ベクトル図に着目すると、下端部では掘削溝側に大きく変位し、表層付近は追従するように沈下する。このような変位は、解析による結果とよく整合する。また、すべり線の発生位置、形状とも良く一致するのが認められた。図-6は $L=520\text{mm}$ の際の実験後の地盤の動きだす瞬間をレーザー変位計で捉えた挙動である。その水位差を図-7に示す水位差と溝長さの関係にプロットした。また、SSR-FEMにより求めた $F_s=1.0$ における水位差及び、崩壊点の水位差も併せて記載した。SSR-FEMと崩壊点の水位差は、共に2次元状態の水位差に漸近していく傾向が窺える。また、動き出しの水位差(図中の▲)に着目すると、その安全率は $1.0 < F_s < 1.3$ の値を示した。既往の遠心模型実験から得られた降伏点の安全率⁴⁾は $F_s \cong 1.3$ といわれており、今回の結果と値の上で良く整合する。解析結果及び崩壊挙動は、既往の遠心模型実験結果とよい対応がとれ、より詳細な現象を目視で確認していく手法としてこの実験は有用であると考えられる。

5. まとめ

今回の実験より以下のことが分かった。

- 1) クロマイトサンドは、大きな自重効果を求められる重力場模型実験の地盤試料として有用である。
- 2) 本実験手法は泥水掘削溝の崩壊挙動を把握する模型実験として適用することが出来る。

今後の課題として、詳細に現象を把握することの出来る利点を活かし、上載荷重の実験や隅角部の溝形状を想定した実験を行い、泥水掘削溝の崩壊現象を把握していきたい。

<参考文献>

- 1) 高橋ら(2008):クロマイトサンドのせん断特性, 第35回土木学会関東支部発表会
- 2) 山田清臣・茨木龍雄(1968):砂のせん断試験の一斉試験結果(社)土質工学会 土のせん断試験の基礎的研究編集委員会
- 3) 大谷ら(2008):砂地盤における2次元泥水掘削溝の崩壊挙動, 第35回土木学会関東支部発表会
- 4) 石井ら(2001):砂地盤に構築された泥水掘削溝壁の三次元弾塑性FEMによる安定性評価、土木学会論文集。No666,pp.127-143

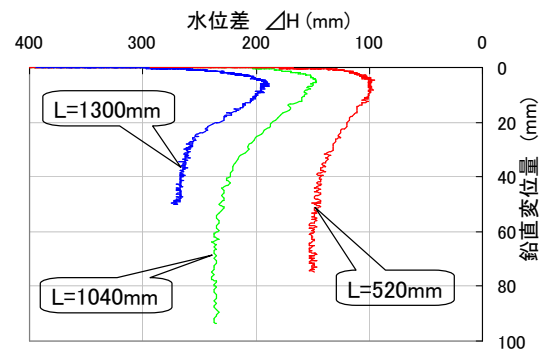


図-4 溝長さの違いによる鉛直変位量の関係

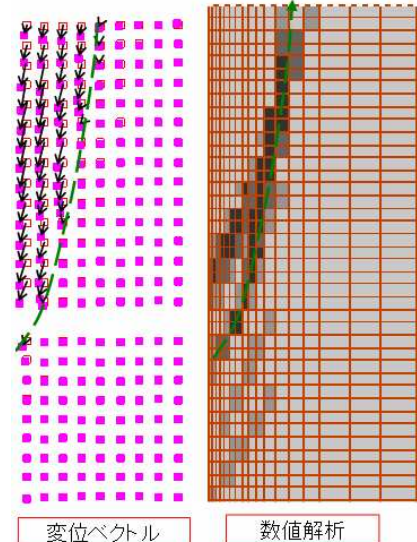


図-5 変位ベクトルと数値解析の比較

表-2 解析で用いた物性値

材料	物性	設定値
模型実験	飽和単位体積重量: γ_{sat}	31.5kN/m ³
	弾性係数: E	2,000kN/m ²
	ポアソン比: ν	0.299
	粘着力: c'	0kN/m ²
	内部摩擦角: ϕ'	33° ※
	ダイレイタンシー角: ψ'	10° ※
安定液	単位体積重量: γ_m	10.68kN/m ³

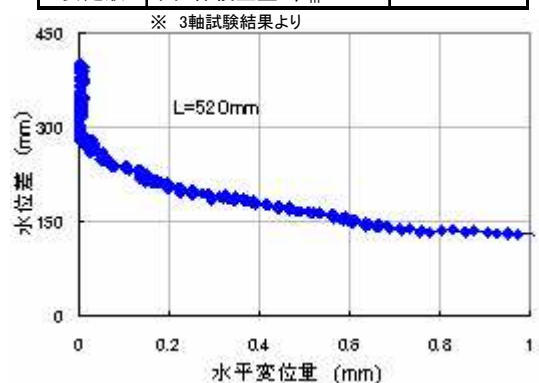


図-6 レーザー変位計で求めた変位量

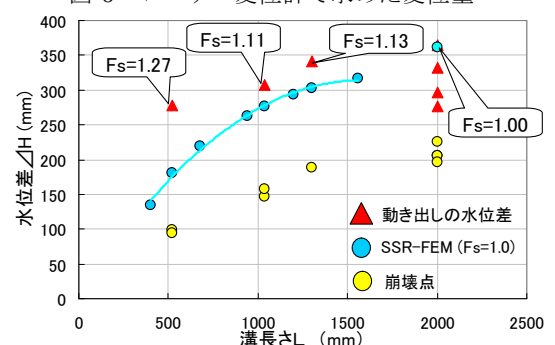


図-7 溝長さと水位差の関係