

砂地盤内の2次元泥水掘削溝壁の崩壊挙動

中央大学 学生会員 榎木 亮平
 中央大学大学院 学生会員 石井 嘉一
 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、小型ながら自重を考慮した模型実験により、砂地盤内に設置した2次元泥水掘削の安定性を調べた。従来の小型模型実験では、崩壊現象の主因である地盤の自重が小さく、その挙動を再現することが困難と考えられている¹⁾。そのため、これまでは小型模型を使用した遠心模型実験あるいは、実大模型実験に頼らざるを得なかった。しかし、両者は装置や模型の作成コストが大きいことなど難点がある。本研究では、自重の効果によって通常の砂の倍以上の応力状態が期待できるクロマイトサンドを模型地盤材料に適用した重力場の小型模型実験を試みた。実験においては、安定液の低下に伴う地表面の変位挙動を遠心模型実験による既往の研究と同様の視点で評価し、実験方法の有効性を検討した。

2. クロマイトサンドの特徴

クロマイトサンドとは、鋳物用の特殊砂であり、酸化クロム鉄(CrO₂)を46.5%以上含む材料である。クロマイトサンドの基本性質を把握するために、「土粒子密度試験」、「砂の最小・最大試験」ならびに「粒度試験」を実施した。その結果を豊浦砂および珪砂7号と合わせて表-1に示す。クロマイトサンドの土粒子密度 ρ_s は豊浦砂、珪砂7号の約1.7倍であり、最小密度・最大密度は、それらの約2倍である。また、クロマイトサンドの U_c と D_{50} は豊浦砂および珪砂7号とほぼ同じで、粒径加積曲線の形状も類似している。

表-1 物理特性

試料名	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	最小密度 d_{min} (g/cm ³)	最大密度 d_{max} (g/cm ³)	均等係数 U_c	D_{50} (mm)
クロマイトサンド	4.531	2.462	3.007	1.61	0.18
豊浦砂	2.636	1.328	1.620	1.54	0.17
珪砂7号	2.628	1.185	1.560	1.57	0.17

3. 実験概要

実験装置概要 実験装置の概要を図-1に示す。まず、幅1080mm×奥行き520mm×高さ1500mmの土槽内に、幅80mm×奥行き520mm×高さ1800mmの直線部溝壁を設置した。

計測機器とその配置 安定液水位、地盤内水位、地表面沈下量を計測するため水圧計、変位計を設置する。また、崩壊挙動の確認のため、変位測定マーカーを設置する。各計測機器の設置位置は極限平衡法による予測計算結果を参考にして、図-1のように配置した。図中の破線は計算で得られたすべり線である、すべり線の溝壁付近と地表面付近には変位測定マーカーを密に配置した。

模型の作成法 土槽内に泥膜を模したビニールを被せたステンレス製の型枠を設置し、砂の排出量を調整できるホッパーを用いて空中落下法により $Dr=60\% \pm 5\%$ 程度の地盤を作成した。作成後、底面より水頭差を用いて水を浸透させ、30時間かけて地盤を飽和させた。

実験方法 地盤飽和後、溝壁内に比重1.07の安定液(塩水)を注入した後に、溝壁内のステンレス製の型枠を引き抜き、模型を完成させた。その後、ポンプで溝壁内の安定液水位を1cm/minの速度で低下するように一定の流量を排水し、溝壁を崩壊させた。

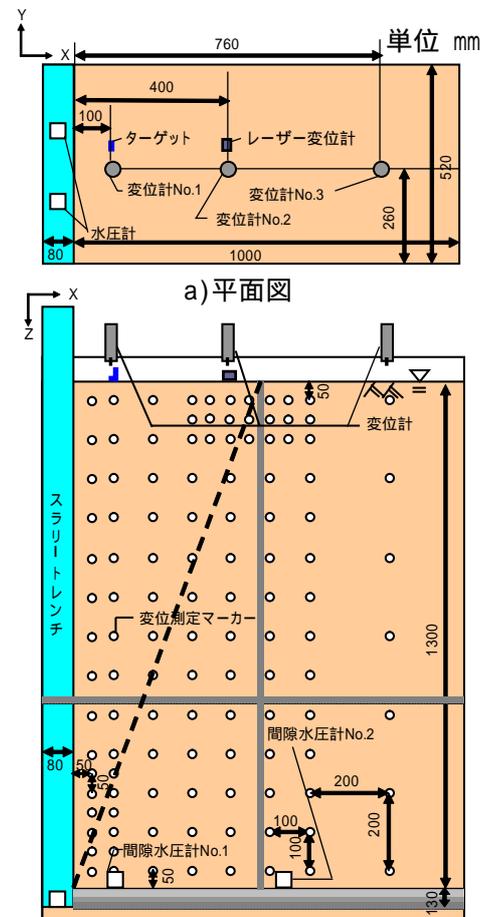


図-1 実験装置概略図 a) 平面図 b) 正面図

キーワード 泥水掘削溝壁, クロマイトサンド, 崩壊挙動

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

4. 実験結果

降伏点・崩壊点 安定液水位と地盤内水位の経時変化を図-2 に示す。t=600 秒付近で安定液水位の低下速度が小さくなる。これは、溝壁面がはらみだして、溝幅が狭まったため、安定液水位が徐々に押し上げられた結果である。よって、t=1250 秒付近で安定液水位の急上昇がみられるが、それは溝壁面が崩壊したと判断できる。本研究では、既往の研究にならって¹⁾、図に示すような接線を引き、変曲点を求めた。最初の変曲点である降伏点は安定液水位が 1420mm 付近、次の変曲点の崩壊点は 1380mm 付近である。

次に、安定液水位-変位関係を図-3 に示す。地表面沈下量は安定液水位の低下に従って徐々に増加する。その増加はある点から急激に大きくなる。またその沈下量は溝壁面から離れるにつれて小さくなる。特に変位計 No.3 は他の No.1 および No.2 に比べて小さい。このことからすべりは No.2 と No.3 の間で生じたことがわかる。

比較のため、遠心模型実験によって得られた安定液水位-変位関係曲線の模式図を図-3 中に示す²⁾。今回の実験で得られた関係曲線の形状は、遠心模型実験結果と類似しており、同様の挙動が再現できたものと判断できる。

崩壊挙動の確認 実験終了後の地表面におけるすべり線の始点が図-4 である。図中のすべり面はガラス面との摩擦により、すべり領域が小さくなっている。次に、土槽のガラス面上にマーキングした不動点を基準に、変位測定マーカーの座標値を写真から読み取ることによって地盤内の変位を評価した。ここでは、t=0(始点),1300(崩壊点付近),1600,2080(実験終了)の4つの時間断面に対して変位ベクトルを求めた。FEMの詳細については文献³⁾に譲るが、FEMで得られたすべり面の地表面における位置は、やや溝壁寄りではあるが、土槽中央断面のすべり面とほぼ一致する。また既往の研究¹⁾より2次元状態の溝壁に対するFEMの適用性が検証されていることから、ガラス面から離れた断面におけるすべり面形状は、このFEMの結果とほぼ同じと考えて良いように思われる。これに対して、実験で得られたガラス面側のすべり面はこれより浅い位置で発生している。図-4の地表面での崩壊形状と合わせて考えると、当初指摘したようにガラス面との摩擦により、すべり土塊が小さくなったと判断される。

5. まとめ

溝壁の安定性に特徴を最も良く現わす安定液水位-地表面沈下量関係およびすべり形状に関して、本実験の結果と既往の遠心模型実験結果²⁾は良い対応を示した。泥水掘削溝壁の安定問題に対する小型模型実験によるアプローチとして、高密度のクロマイトサンドを用いた重力場の小型模型実験は有用と判断できる。なお、今後の課題として、ガラス面の摩擦を軽減する必要がある。

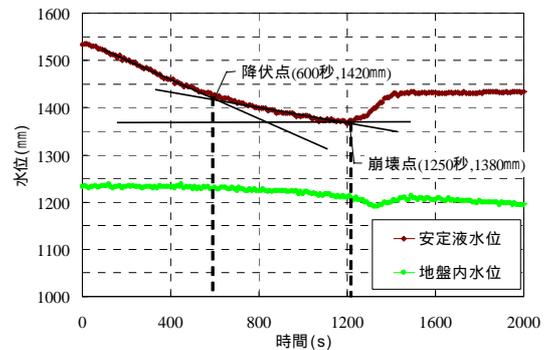


図-2 水位の経時変化

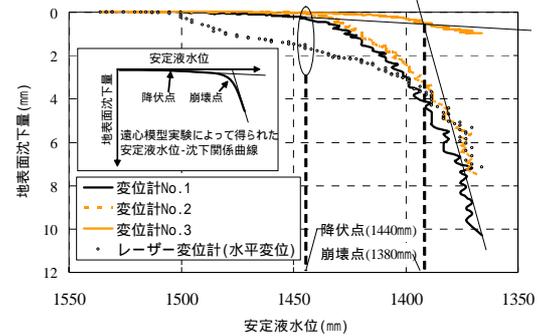


図-3 安定液水位-変位関係

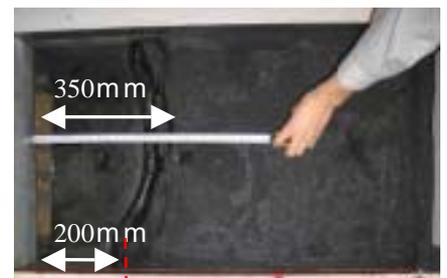


図-4 実験後の地表面

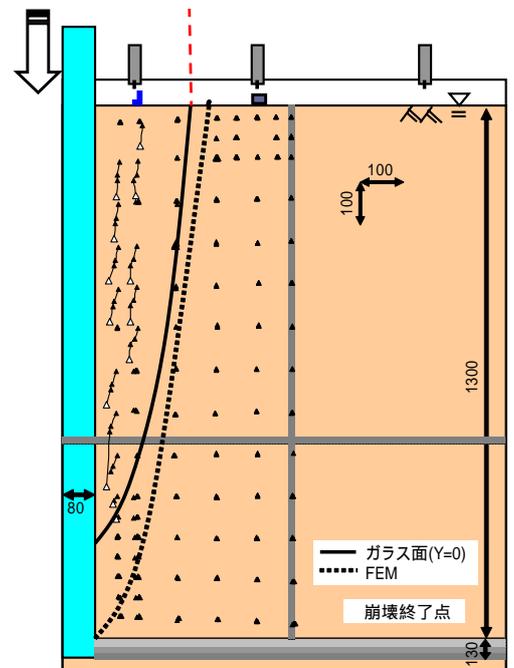


図-5 変位ベクトル

[参考文献] 1) 石井武司(2004)三次元弾塑性FEMによる泥水掘削溝壁の安定性評価による研究,群馬大学学位論文。2) 片桐雅明ら(2000)砂地盤中の泥水掘削溝壁の破壊メカニズムとその解釈,土木学会論文集, -53, pp.127-143。3) 石井嘉一(2007)小型模型砂地盤に構築された2次元泥水掘削溝壁の安定性,第34回土木学会関東支部技術研究発表会(投稿中)