

砂地盤における3次元泥水掘削溝の崩壊挙動

中央大学大学院 学生会員 ○齋藤 正幸
 中央大学 学生会員 大谷 謙太
 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

泥水掘削工法は、地下構造物を構築する際に用いられているが、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経験則に依存した設計が採られている。本文では、溝壁の安定性に及ぼすアーチ効果の影響を把握するため3次元模型実験を行うと共に、SSR-FEMによる解析を実施して崩壊現象を検討した。

2. 実験概要

地盤材料として用いるクロマイトサンドとは、鋳物の剥離材の一つで、酸化クロム鉄 (FeCr_2O_4) を46.5%以上含むものである。この砂の土粒子密度は $\rho_s=4.531$ であり、豊浦砂、珪砂の約1.7倍であり、比較的大きな自重を考慮することができる¹⁾。

図-1に示す土槽内に、幅1000mm、奥行き1000mm、高さ1300mmの模型地盤を作成した。泥水溝は幅80mm×奥行き520mm×高さ1830mmである。3次元掘削実験では、樋口ら²⁾と同様に、その平面形の対象性から1/4領域を対象とするモデルとした。実験手順は2次元状態の模型実験方法とほぼ同様である³⁾。ただし、鉛直変位計の位置については、破壊域を把握するため、図-1(a)のように設置した。

3. 実験結果

図-2は、時間と地盤の地表面沈下量の関係である。470sを過ぎると模型地盤が不安定化し、地表面の変位が始まる。掘削溝から距離600mmの地表面沈下量は3mm程度にとどまっている。それより溝壁に近い地表面沈下量は、およそ800sで変曲しながら急速に増大している。これより、すべり線は掘削溝から200mmから600mmの間に存在することが推測される。図-3は、時間と安定液水位及び地盤内水位の関係である。本実験では安定液初期水位を1725mmとし、28mm/minの速さで安定液を排出し、地盤を崩壊させた。安定液水位1520mm付近から水位変化が一定でなくなり、地表面沈下が起こる。すなわち、降伏点は地盤がはらみだし、塑性域を形成する時に対応している。その降伏点の水位差は $\Delta H=205\text{mm}$ となる。その後、700秒付近から地盤のはらみだし量が安定液排出量に一致し、安定液水位1464mmで極値を取りその点を崩壊点とした。崩壊点の水位差は147mmとなった。これは、2次元模型実験と同様の降伏点及び崩壊点の定義³⁾と一致する。地表面沈下量及び安定液水位と時間の関係を示したのは図-4である。地表面沈下が生じ始めた点は、安定液排出速度が減少する点と一致することが認められる。この時点以降

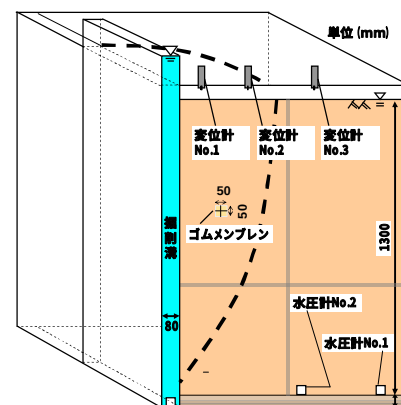
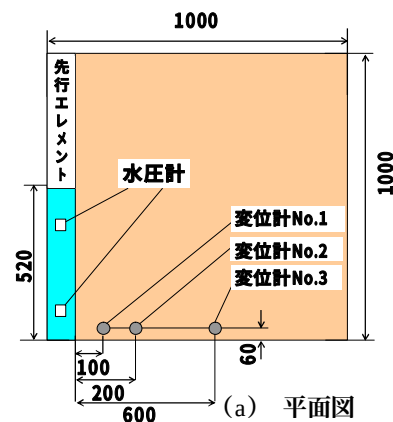


図-1 実験装置概略図 (b)立面図

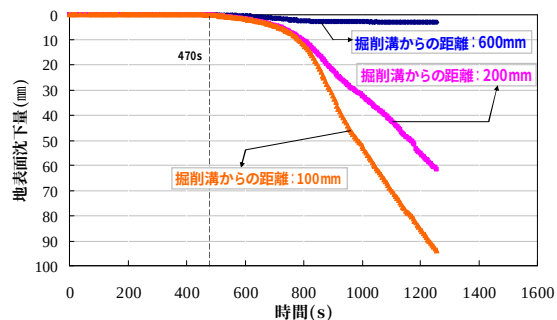


図-2 時間と地表面沈下量の関係

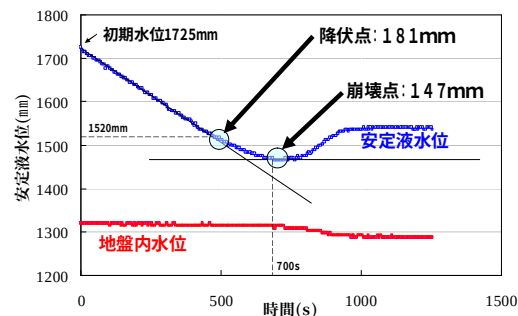


図-3 時間と安定液水位の関係

キーワード クロマイト、掘削、SSR-FEM

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日2-1-12 中央大学土木工学科 地盤環境研究室 TEL 03-3814-1812

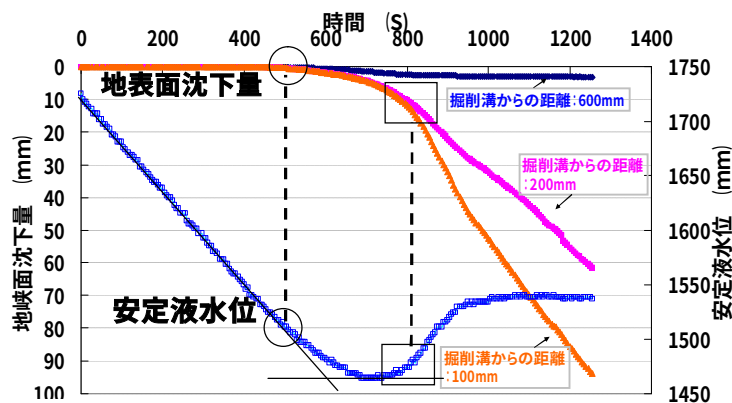


図-4 地表面沈下量及び安定液水位と時間の関係

点としている。また地盤は、時間 800s 付近より著しく沈下し始め崩壊に至る。これは、安定液水位が増加し始め、地盤が大きくはらみ出す時点に対応する。崩壊点は直前の安定液水位が一定となった付近に対応し、妥当であるといえる。

地表面のすべり線形状を写真-1 に示す。すべり線はアーチを描き、ガラス面側では溝壁から 320mm 付近に位置する。図-5 は、実験結果と数値解析から求めたすべり線を比較した結果である。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-1 の通りである。模型地盤における地盤内のすべり線は、SSR-FEM とほぼ同じ位置にあり、形状も酷似している。

図-6 は掘削溝の溝長さに対する崩壊時の水位差の関係を示した。L=∞とする 2次元状態時の崩壊時の水位差も合わせて表記した。今回の L=520mm における崩壊時水位差は 147mm であり、2次元状態での水位差より 50mm 程度低い値となった。これは地盤内にアーチ効果が作用したためと考えられる。検討は 1 ケースであるが、溝長さが長くなるにつれ 2次元状態の水位差に漸近していくことが予想される。

4. まとめ

2次元状態における降伏点・崩壊点の定義を 3次元実験結果に適用することが出来た。3次元泥水掘削溝壁の模型実験を行い、崩壊挙動から 3次元効果（アーチ効果）の影響を把握することが出来た。

今後の課題として、溝長さを変えた実験を行う予定である。

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 (投稿中)
- 2) 樋口ら(1996): 砂地盤における泥水掘削溝の安定性評価に関する研究, 学位論文 pp18-22
- 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 (投稿中)
- 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

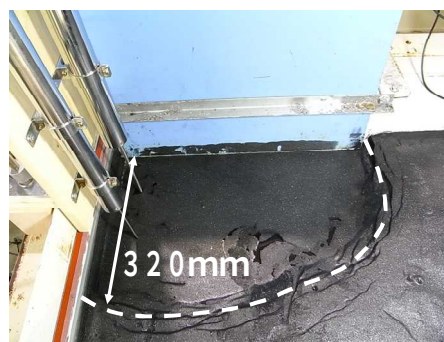


写真-1 地表面沈下の様子 (写真)

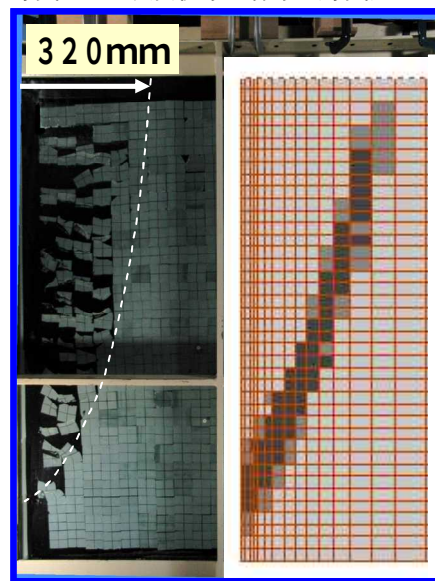


図-5 実験結果及び数値解析結果のすべり線形状

表-1 数値解析に用いた物性値

材料	物性	設定値
模型地盤	飽和単位体積重量: γ_{sa}	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°
	ダイレイタンス角: ψ'	14°
安定液	単位体積重量: γ_m	10.9kN/m ³

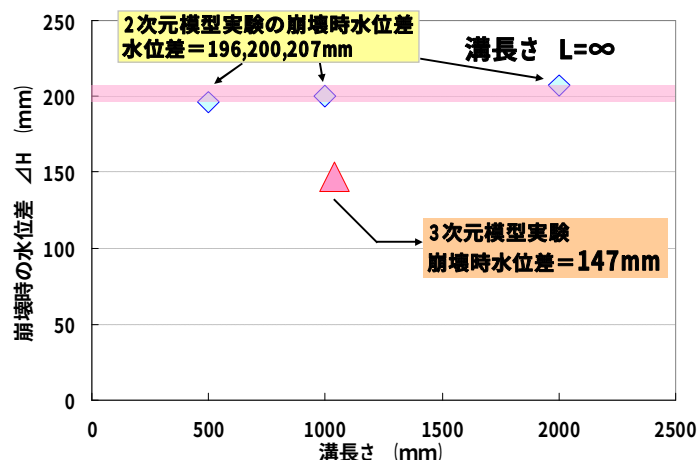


図-6 溝長さとの崩壊時の水位差との関係