

二層砂地盤における泥水掘削溝の層厚比が安定性に与える影響について

中央大学大学院 学生会員 ○岡田 亮平
 中央大学 正会員 齋藤 邦夫
 中央大学 正会員 石井 武司

1. はじめに

既往の泥水掘削溝の安定性に関する研究は、その多くが一様砂地盤のような単純地盤を対象としていた。しかしながら、現実の地盤は層状に堆積しており、砂地盤であっても地盤性状のことなる多層構造になっている。このため各層の厚さや性状の違いが掘削時の崩壊挙動に影響を及ぼすことが考えられる。本文では、下層が密で上層が緩い二層砂地盤を用いた2次元模型実験とせん断強度低減 FEM(SSR-FEM)解析を行い、層厚比の変化が掘削溝の安定性に与える影響の把握を試みた。

2. 実験概要

本研究における模型地盤材料にはクロマイトサンドを用いた。このクロマイトサンドは酸化クロム鉄(CrO_2)を46.5%以上含む材料であり、土粒子密度は $\rho_s = 4.531 \text{ g/cm}^3$ であり、豊浦砂と比べ約1.7倍の密度を有することから、大きな自重効果を発揮できることがわかっている¹⁾。実験装置の概要は図-1に示す。性状の異なる二層を地盤はクロマイトサンドをホッパーから落下させる高さならびに流量を調整して作成した。詳しくは、既往の文献を参照されたい²⁾。また、二層地盤の幾何学的特性を表すため、上層地盤と下層地盤の層厚比 β を式(1)のように定義した。

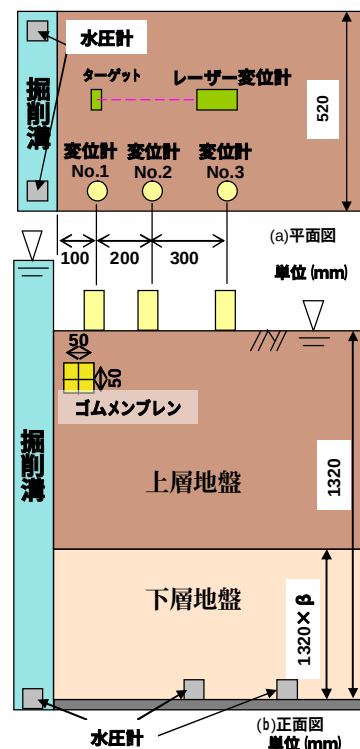


図-1 実験装置概略図

$$\text{層厚比 } \beta = \frac{\text{下層地盤の厚さ}}{\text{溝深さ}(=\text{上層地盤の厚さ} + \text{下層地盤の厚さ})} \quad \dots(1)$$

3. 実験結果ケース

表-1は、実施した3ケースの模型地盤の層厚比 β と工学的性質を示している。飽和単位体積重量は、模型土槽に投入した試料重量と体積から求め、これより相対密度、内部摩擦角、ダイレイタンシー角を算定した。

表-1 模型実験条件

実験No.	地盤条件			物性値		
	層厚 (mm)	層厚比 β	相対密度 D_r (%)	飽和単位体積重量 γ_{sat} (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ' (°)	ダイレイタンシー角 ψ (°)
1	上層 1100	0.15	51.1	30.52	31	4.8
	下層 200		87.1	31.90	35.9	15.9
2	上層 650	0.50	50.7	30.50	31	4.7
	下層 650		80.0	31.72	34.6	13.3
3	上層 300	0.77	67.2	31.23	32.9	9.1
	下層 1000		90.5	32.00	36.2	17.2

4. 実験結果

図-2は $\beta = 0.15$ のときの安定液水位と地盤内水位の水位差 ΔH および地表面沈下の時間変化である。開始直後 ΔH は時間に対し、一定の速さで低下するが、 $\Delta H < 335 \text{ mm}$ になると $\Delta H/t$ は線形性を失う。同時に、地表面沈下が発生しているのが認められる。そこで $\Delta H = 335 \text{ mm}$ を降伏点と定義した。その後、水位差は最低値 $\Delta H = 274 \text{ mm}$ を示した後、上昇を始める。これは安定液排出量と地盤のはらみ出し量が一致することを意味している。この $\Delta H = 274 \text{ mm}$ となる点を崩壊点と定義する。

図-3は全実験ケースにおける崩壊点、降伏点、レーザー変位計によって計測した地表面が動き始めたときの水位差と層厚比 β の関係を示したものである。また、SSR-FEM解析³⁾から算出した安全率と各実験条件で $F_s = 1.00$ となる水位差も同時に示した。層厚比 β が高くなり密な下層地盤の割合が大きくなると水位差は小さ

キーワード 泥水掘削溝 SSR-FEM

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 都市環境学科 地盤環境研究室 TEL03-3817-1812

くなり安定性が高くなる。動き出しの安全率は $F_s=1.00$ に近い値を示している。また降伏点および崩壊点も層厚比 β に対して $F_s=1.00$ と同様の傾向を示しており、SSR-FEM は実験値の傾向を捉えているといえる。

図-4は各実験ケースの崩壊時における地盤の変位ベクトル図と SSR-FEM 解析から導いたせん断ひずみ増分図である。せん断ひずみ増分図は変位図ベクトルから得られたすべり線の形状と良く一致している。また実験 No.1 のすべり線が層境界から発生していることに着目し、 $F_s=1.00$ の水位差 $\Delta H=365\text{mm}$ で上層地盤のみの単層地盤として解析を行った結果が図-4(c)である。このときの単層地盤の安全率 $F_s=1.07$ となり $F_s=1.00$ と近い値を示している。

実験 No.2 と実験 No.3 は共に底面からすべり線が発生している。しかし、実験 No.3 は実験 No.2 に比べて大きなすべり土塊になっていることがわかる。また、実験 No.3 におけるすべり土塊の変位は層境界より上の部分の勾配が他の比べ垂直に近い。上層地盤が下層地盤のすべりに伴う沈下に追随していると考えられる。このような変位挙動から、この実験ケースでは上層部は下層地盤に対して上載荷重のような役割をしているものと推察される。

5. まとめ

層厚比 β の違いは地盤の安定性に影響を与える。特に β が小さい場合すべり線は層境界から発生し、上層地盤のみの単層地盤として評価できる。

今後の課題として下層地盤の条件のみの単層地盤で模型実験を行う必要がある。

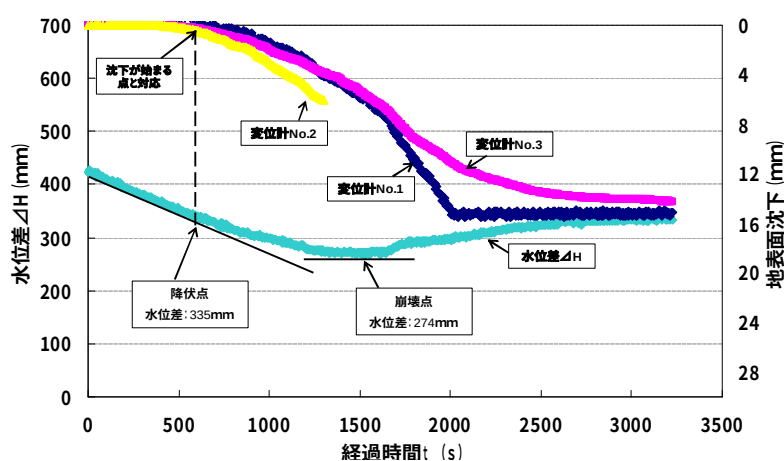


図-2 水位差と沈下量の時間変化

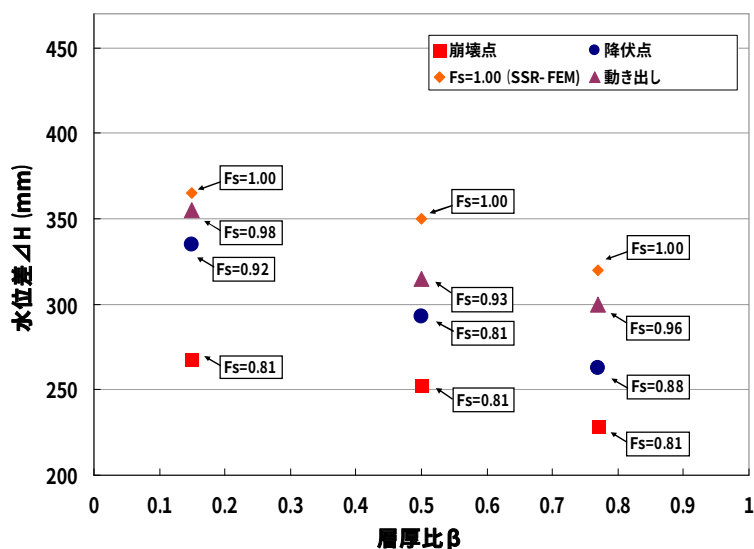


図-3 層厚比 β と水位差 ΔH 関係

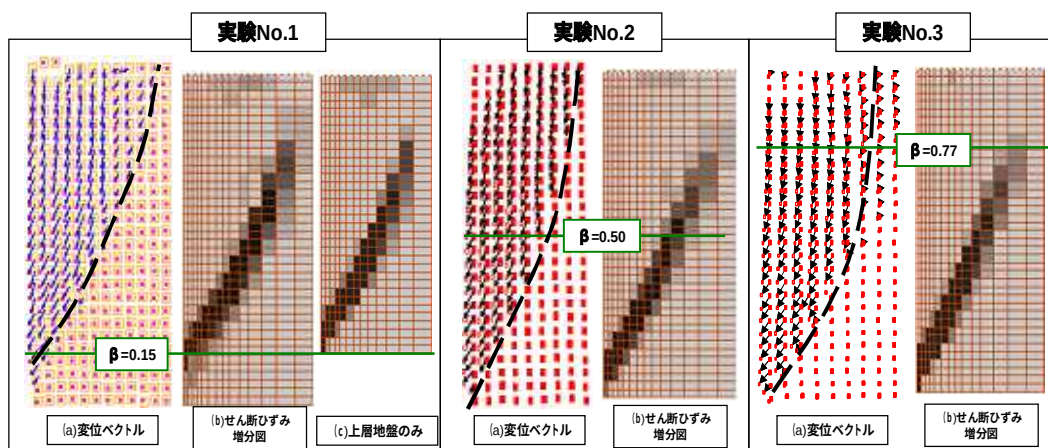


図-4 変位ベクトル図および SSR-FEM によるせん断ひずみ増分図

参考文献

- 1) 齋藤正幸：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，第 36 回土木学会関東支部技術研究発表（2008）
- 2) 渡辺曉大：二層の砂地盤における泥水掘削溝壁の崩壊挙動，第 37 回土木学会関東支部技術研究発表（2009）
- 3) 石井武司：三次元弾塑性 FEM による泥水掘削溝壁の安定性評価に関する研究（2004）