

溝形状が泥水掘削溝壁の安全率に与える影響

中央大学大学院 学生会員 ○ 片山 貴夫
中央大学 正会員 齋藤 邦夫
(株)日建設シビル 正会員 石井 武司

1. はじめに

泥水掘削溝壁の安定性評価には、これまで極限平衡法に基づく手法とせん断強度低減 FEM が提案されてきた。せん断強度低減 FEM は、様々な条件に対する遠心模型実験の結果との比較を通じてその妥当性が示されており¹⁾、「地下連続壁の溝壁安定の設計施工の手引」²⁾(以下、「手引」と略す)にも採用されている。一般に、泥水掘削溝壁の安定性は、溝壁の長さや深さなどの溝形状さらには地盤条件などの影響を受ける。しかしながら、これらの要因が溝壁の安定性に及ぼす影響を定量的に評価した研究はあまり行われていない。そこで、本研究では、溝形状に着目し、せん断強度低減 FEM を用いた数値実験によって、溝壁の形状と安全率の関係を検討した。

2. 数値実験の概要

1)泥水掘削溝壁のモデル化

数値実験に用いた泥水掘削溝壁の解析モデルを図-1 に示す。溝形状の対称性より 1/4 モデルとした。解析領域は、z 方向の範囲を地表面から溝底面までとし、y 軸方向の範囲を溝長さ(L)の 1/2 とした。x 方向については、側方境界の影響がすべり面に影響を与えないような範囲として、既往の研究¹⁾を参考にして溝長さ(L)の 2 倍とした。

2)地盤と安定液の物性値

本数値実験の基本モデルに採用した地盤と安定液の物性値を表-1 に示す。これらの値は、施工事例の分析による実態調査³⁾の結果に基づいて設定した。また、同成果中、補助工法の有無による溝長さ と地盤の平均N値の関係より、補助工法なしの事例におけるN値は概ね 3~30 に多く分布している。この範囲のN値に対して旧道路橋示方書の $\phi = \sqrt{(15 \cdot N) + 15}$ の式で ϕ を推定すると、 $\phi = 22^{\circ} \sim 36^{\circ}$ となる。そこで補助工法なしで施工できる地盤条件として $\phi = 35^{\circ}$ の一様砂地盤を本研究での基本モデルとした。地盤の単位体積重量と弾性係数は、この N 値 27 から「手引」に基づいて設定した。安定液の単位体積重量は、一般的に用いられるものとした。

3)溝形状（溝長さ と溝深さ）と安定液水位

実態調査では、溝長さは概ね 3m~10m、溝深さは概ね 40mが多い。これより、数値実験に用いる溝形状を表-2 のように設定した。地下水位は地表面と一致させ、安定液水位は地表面より上に設定し、1.0m の水位差 ΔH を与えた。また、「手引」に示された安定の目安が $F_s = 1.30$ であることから、その安全率が得られる安定液水位を試行錯誤によって求めた。

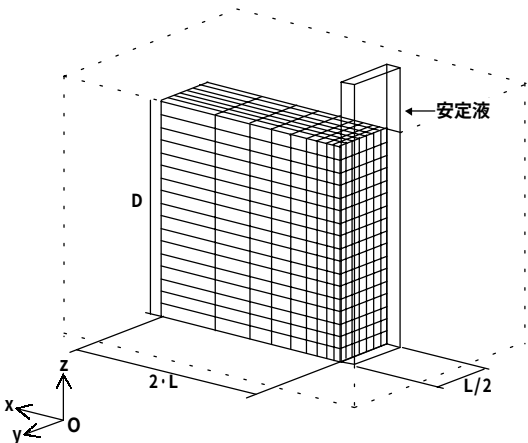


図-1 解析モデル

表-1 地盤と安定液の物性値

材 料	物 性	設定値
地 盤	単位体積重量: γ	18 kN/m ³
	弾性係数: E	67,500 kN/m ²
	ポアソン比: ν	0.333
	粘着力: c	0.0 kN/m ²
	内部摩擦角: ϕ	35°
安定液	単位体積重量: γ_m	10.3 kN/m ³

表-2 数値実験の条件

内部摩擦角: ϕ	35°
溝長さ: L(m)	3, 6, 9, 12
溝深さ: D(m)	10, 15, 20, 30, 40

キーワード：せん断強度低減 FEM、泥水掘削溝壁、安全率

連絡先 ：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL 03-3817-1812

3. 結果と考察

1) 「水位差を一定とした場合の安全率と溝形状」の関係

図-2 に、水位差 $\Delta H=1.0\text{m}$ を与えた場合の安全率 F_s と溝深さ D の関係を、溝長さ L ごとに示す。図中には比較のために 2 次元 FEM による結果も併せて示した。いずれの溝長さでも安全率は、溝が深くなるにつれて低下しつつ、安全率が収束していく傾向が認められる。また、溝長さ L が大きくなるのにしたがって安全率は相対的に小さくなっている。

図-3 は水位差 $\Delta H=1.0\text{m}$ の時の安全率と溝長さの関係と溝深さ別に表したグラフである。溝長さ L に伴い安全率が一樣に低減している。特に、溝が浅くが 3m から 6m の範囲で安全率が大きく低下し、それ以降は溝長さの増分に対する安全率の低下の割合が小さい。また、溝深さが 20m 以上では、溝長さ安全率の関係がほぼ同じである。これより、溝長さ、溝深さが大きくなるにつれて安全率が低下していくことがわかる。また、図-2 と図-3 を比較すると、溝深さの変化による安全率の低下よりも溝長さの変化に対する安全率の低下の方が大きいことが認められる。

2) 「 $F_s=1.30$ を得る時の水位差と溝長さ」の関係

図-4 は、安全率 F_s が 1.30 となる水位差と溝長さの関係を、溝深さ別に表したグラフである。溝長さが大きくなるにつれて、 $F_s=1.30$ を満足する水位差が大きくなる。同じく、溝深さが大きくなっても、所定の安全率を確保するのに必要な水位差も大きくなる。一方、施工の現場では、溝壁の安定性を確保するためには安定液と地下水位との水位差を 2m 以上にすることが必要と言われている⁴⁾。図-4 を見ると $F_s=1.30$ となる水位差はほとんどのケースで 2m 以下となる。これより、本研究の条件においては、2m の水位差を確保できれば、安全に施工ができることが根拠付けられる。

4. まとめ

せん断強度低減 FEM を用いた数値実験で、泥水掘削溝壁の溝形状が安全率に与える影響を調べた結果、次のことがわかった。

- 1) 溝長さ、溝深さが大きくなるにつれて安全率は低下する。
- 2) 溝深さよりも溝長さの変化の方が安全率を低下させる影響が大きい。
- 3) 「2m の水位差を確保すれば安全」という現場の経験則は、本研究で設定した条件の範囲では満たされる。

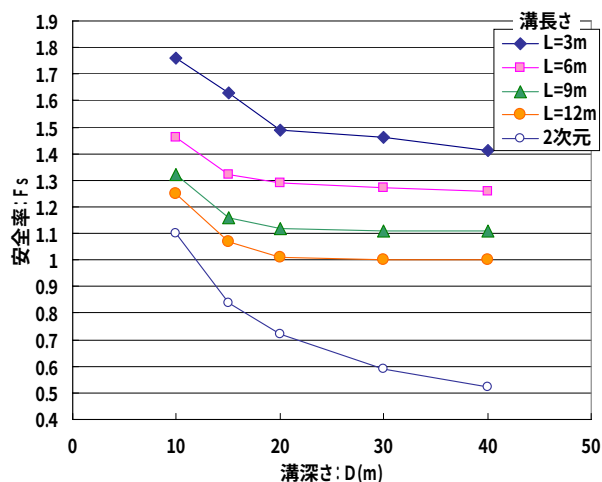


図-2 $\Delta H=1.0\text{m}$ の安全率と溝深さの関係

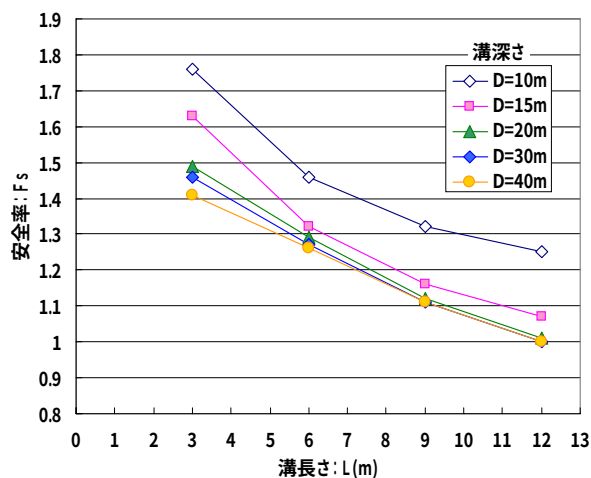


図-3 $\Delta H=1.0\text{m}$ の安全率と溝長さの関係

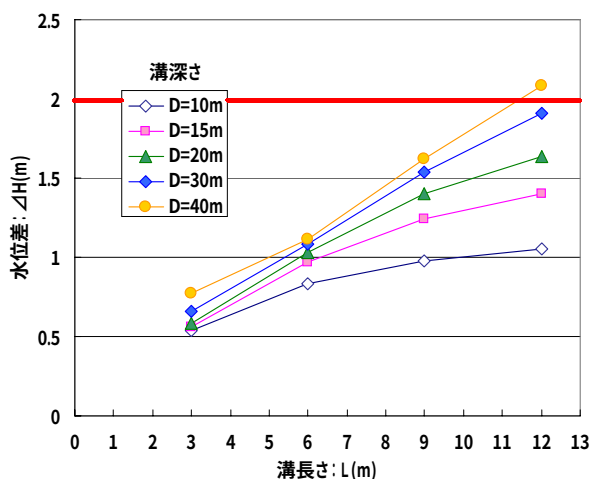


図-4 $F_s=1.30$ の水位差と溝長さの関係

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関する研究,学位論文 2) 東日本旅客鉄道編(2003):地下連続壁の溝壁安定の設計施工の手引き,日本鉄道施設協会 3)片山・石井・斎藤(2004):事例に基づく泥水掘削工法の適用性に関する一考察,土木学会第 59 回年次学術講演会 4) 多田・大志万・岡原 監修(1991):地中連続壁基礎工法ハンドブックー施工編ー,総合土木研究所