

せん断強度低減有限要素法を用いた泥水掘削溝壁の安全率に関する簡便式について

中央大学 学生会員 ○岡田亮平
 中央大学 大学院 学生会員 大谷謙太
 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

泥水掘削溝壁の安定性の評価の計算手法は数多く提案されているが、どれも信頼性に難があり、複数の手法を併用しているのが現状である。このような背景から、実際の施工にあたっては経験と実績が優先されており、条件によっては、実際の安全率を過小に評価し、過度な崩壊対策による施工期間の延長や工事費の増加を招いている可能性もある。したがって、経験則や信頼性の低い安定性評価手法に頼らず、泥水掘削溝壁の安定性に影響を及ぼす様々な要因を、精度よく的確に評価できる手法が必要となる。その評価方法の一つとして、せん断強度低減有限要素法 (SSRFEM) が提案されている¹⁾。同手法による泥水掘削溝壁の安全率に関する簡便式を構築することができれば、従来よりも合理的な安定性評価が可能になると考える。そこで、本研究では簡便式の精度を安全率関数 g に着目し、既往の実験結果と比較し検討した。

2. 実験概要

2.1 計算条件

今回、泥水掘削溝壁の安定性に関わる溝形状、安定液水位と地下水位の差及び上載荷重が、それぞれ表-1に示す条件を想定して解析を行った。また、地下水位は地表面に一致させた。

2.2 泥水掘削溝壁のモデル化

本研究における解析モデルが図-1である。解析は、その対象性から1/4モデルとした。X軸方向の解析領域は、発生するすべり線に影響を与えない範囲として掘削長さの2倍、Y軸方向は掘削長さの1/2、Z軸方向は掘削深さとした。メッシュ分割は、溝壁からX軸方向に間隔を徐々に広げながら10分割、Y軸方向は10分割、Z軸方向は20分割とした。なお、上部隅角部にガイドウォールを想定して粘着力 30kN/m^2 を与えた。

3. 安全率関数 g について

既往の研究成果によって、3次元泥水掘削溝壁の安全率 F_s は $\tan \phi'$ に比例することが分かっており、その関係は下記ようになる。

$$F_s = g(L, D, \Delta H, \gamma_{\text{sat}}, \gamma_m, Q) \times \tan \phi' \cdots (1)$$

ここに、

L : 掘削長さ D : 掘削深さ ΔH : 水位差 γ_{sat} : 砂の単位体積重量 γ_m : 安定液の単位体積重量 Q : 上載荷重 ϕ' : 内部摩擦角
 である。また、上式における関数 g を安全率関数と呼ぶ。

箇所	項目	条件
溝形状	溝長さ (m)	3, 6, 9, 12
	溝深さ (m)	10, 15, 20, 30, 40
地盤条件	飽和単位体積重量 (kN/m^3)	18
	内部摩擦角 ($^\circ$)	30
	粘着力 (kPa)	0
	ボワソン比	0.333
	ヤング係数 (kPa)	67500
施工条件	安定液の単位体積重量 (kN/m^3)	10.3
	水位差 (m)	0.5, 1, 1.5, 2
	上載荷重 (kN/m^2)	0, 9, 18, 27, 36, 45

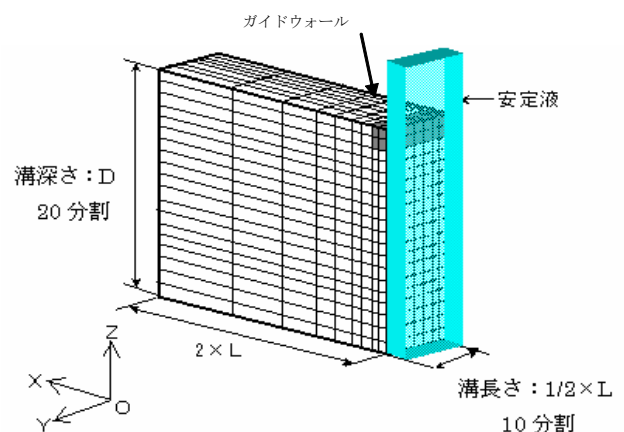


図-1 解析モデル

4. 既往の遠心模型実験結果の解析

表-2は樋口らが実施した遠心模型実験²⁾の実験条件とそれに SSRFEM を適用して求めた安全率 F_s 、及び安全率関数 g の値である。ただし、地下水位より上に位置する土の重さを、上載荷重として示した。

表-2 遠心模型実験条件と安全率

溝長さ (m)	溝深さ (m)	水位差 (m)	内部摩擦角 (°)	上載荷重 (kN/m ²)	安全率 F_s	安全率関数 g
9	20	0.9	42	12.6	1.2	1.33

5. 実験結果

図-2は溝深さ $D=20\text{m}$ で上載荷重 $Q=9\text{kN/m}^2$ のときの水位差 $\Delta H=1.0\text{m}$ 及び 0.5m のときの溝長さ¹⁾と安全率関数 g のグラフに遠心模型実験の結果をプロットしたものである。遠心模型実験結果の上載荷重 Q が 12.6kN/m^2 で水位差 1.0m の場合の安全率関数 g の値よりも低く、水位差 0.5m の安全率関数 g の値の中間に位置すると考えられる。

一方、図3は溝深さ $D=20\text{m}$ で水位差 $\Delta H=1.0\text{m}$ のときの上載荷重 $Q=9\text{kN/m}^2$ 及び 18kN/m^2 のときの溝長さ¹⁾と安全率関数 g のグラフに遠心模型実験結果をプロットしたものである。遠心模型実験結果は、上載荷重 $Q=9\text{kN/m}^2$ と $Q=18\text{kN/m}^2$ の解析値の中間に位置し、良い対応が認められる。

また、上載荷重の対応から、溝長さ 9m における上載荷重 9kN/m^2 と 18kN/m^2 結果を直線で結んでみると図-4のようになった。この直線式は

$$y = -0.049x + 1.972 \quad \dots (2)$$

となる。この式に遠心模型実験結果の上載荷重 12.6kN/m^2 を代入すると安全率関数 $g = 1.355$ を得ることができた。この結果から表-2の安全率関数 $g = 1.33$ と近い値を得ることができた。

6. まとめ

今回の試験と結果から以下の知見を得た。

- (1) SSRFEM から得た安全率関数 g の値と遠心模型実験の安全率関数 g を比較したところ、上載荷重、及び水位差の関係は良い対応を示すことがわかった。
- (2) 図-4 から SSRFEM と実験値の安全率関数の対応が良いことから簡便式構築の見込みがあるといえる。

今後の課題として、さらに多くの実験結果、及び崩壊事例と簡便式を比較することで問題点を確認し、より簡便式の精度を高める必要がある。

参考文献

- 1) 石井武司 3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
- 2) 樋口雄一 砂地盤における泥水掘削溝の安定性評価に関する研究
- 3) 倉持祐介 溝壁の安定計算手法の比較と特徴 2007 地盤工学会関東支部

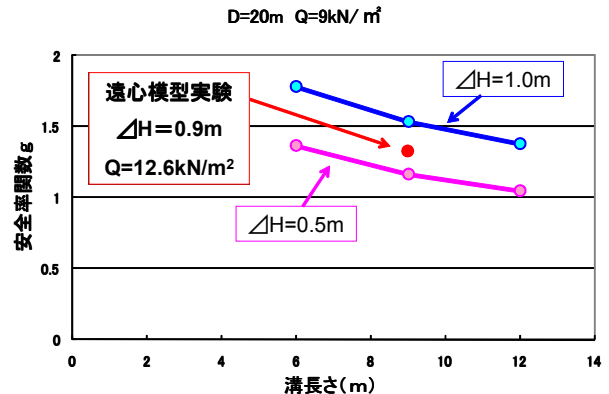


図-2 溝長さ¹⁾と安全率関数の関係

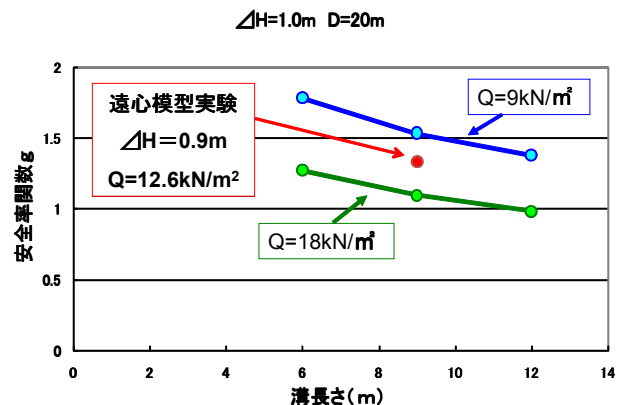


図-3 溝長さ¹⁾と安全率関数の関係

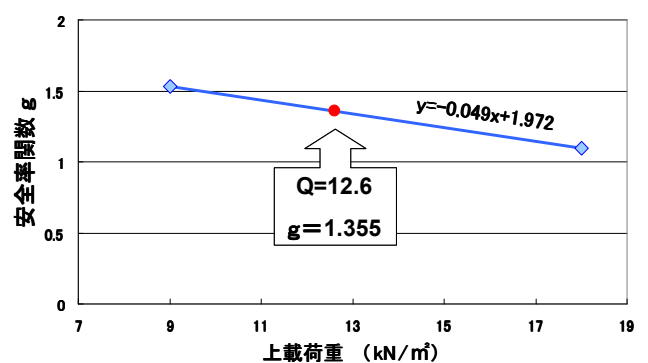


図-4 上載荷重と安全率関数の関係