上載荷重等を考慮した泥水掘削溝壁の安定計算結果について

中央大学大学院　学生会員　○岡田　亮平
中央大学　正会員　斎藤　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には極限平衡法（LEM）に基づく計算手法が用いられている。しかし、提案されている計算方法は、どれも信頼性に難があり、複数の手法が同時に並列して使用されている。そのため、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。このため、泥水掘削溝壁の安定性に影響を及ぼす要因を的確に評価できる方法が求められ、その評価方法の一つとして、せん断強度低減有限要素法（SSR-FEM）が提案されている。ここでは、実務的な計算方法として主に使用されている既往の 4 手法とせん断強度低減 FEM（SSR-FEM）を用いて、溝壁形状、水位差および上載荷重を変化させ、安定性に及ぼす影響を調べた。

2.計算条件

LEM の 4 手法、SSR-FEM において、上載荷重、溝形状を表-1 のような条件を設定して解析を行った。なお、既往の 4 手法に対する安定計算には、商用の「溝壁の安定計算プログラム」を使用した。

また、SSR-FEM による解析モデルが図-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/m² を与えた。

LEM の 4 手法、および SSR-FEM の計算結果を統一的に比較する必要があるため、それぞれの計算より求められた安全率や安全係数に設定されている基準値を用いて正規化した正規化安全率$(F_s)_n$を導入した。

$$(F_s)_n = \frac{\text{算出した安全率　or安全係数}}{\text{推奨する基準安全率　or安全係数}} \quad \cdots(1)$$

つまり、すべての計算手法において、正規化安全率$(F_s)_n \geqq 1.0$が安定を意味する。

表-1 安全率比較のための計算ケース

箇所	項目	条件
溝形状	溝長さ L (m)	3,6,9,12
	溝深さ D (m)	10,15,20,30,40
施工条件	安定液の単位体積重量 γ_m (kN/m³)	10.3
	安定液の水位差 ⊿H (m)	2.0
	上載荷重 Q (kN/m²)	0,9,18,27,36,45
地盤条件	飽和単位体積重量 γ_{sat} (kN/m³)	18
	内部摩擦角 φ'(°)	30
	ポワソン比 ν	0.333
	ヤング係数 E (kPa)	67500

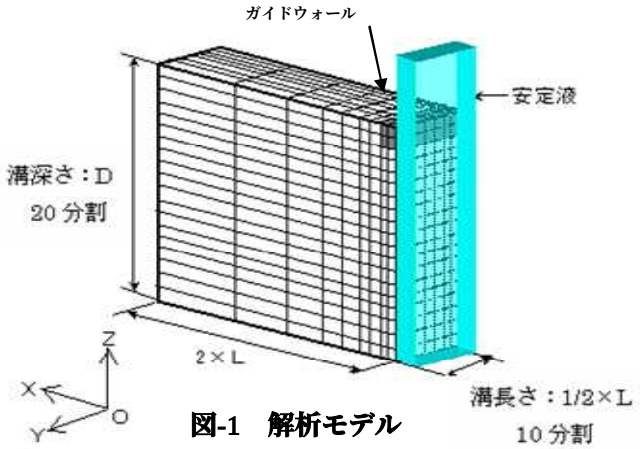

図-1　解析モデル

泥水掘削溝法　せん断強度低減有限要素法（SSR-FEM）極限平衡法（LEM）

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

3.計算結果

3.1　溝深さ

図-2 は、上載荷重のない砂質土地盤に構築した泥水掘削溝について、４つの極限平衡法（LEM)、およびせん断強度低減有限要素法（SSR-FEM）で計算した正規化安全率と溝長さの関係である。プロトジャコノフ法、３次元円筒すべり法は溝長さの増加に比例することなく、概ね一定の正規化安全率を示す。しかし、他の３手法は溝長さの増加に伴い正規化安全率は漸減する傾向が認められる。また、それぞれの手法は、異なる正規化安全率となった。つまり、同条件下で$(F_S)_n \geqq 1$ であったり $(F_S)_n < 1$ となる不都合が認められた。

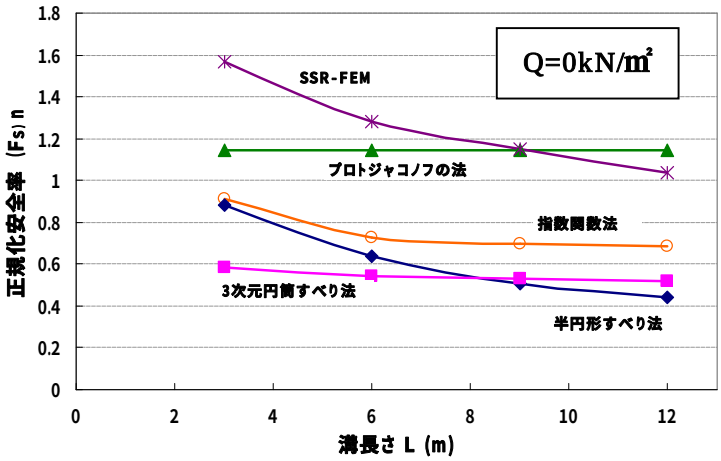

図-2　砂地盤における溝長さと正規化安全率の関係

図-3 は上載荷重27kN/m²を与えた場合の正規化安全率と溝長さの関係である。図-2 の上載荷重を与えていない場合と比べると正規化安全率は全体的に低くなることが認められる。また、半円形すべり法は溝長さの増加に対しても一定の正規化安全率を示す傾向になり、SSR-FEM は溝長さに比例して正規化安全率が減少する傾向が確認できるが、他の３手法は図-2 の曲線関係と変わらず酷似している。

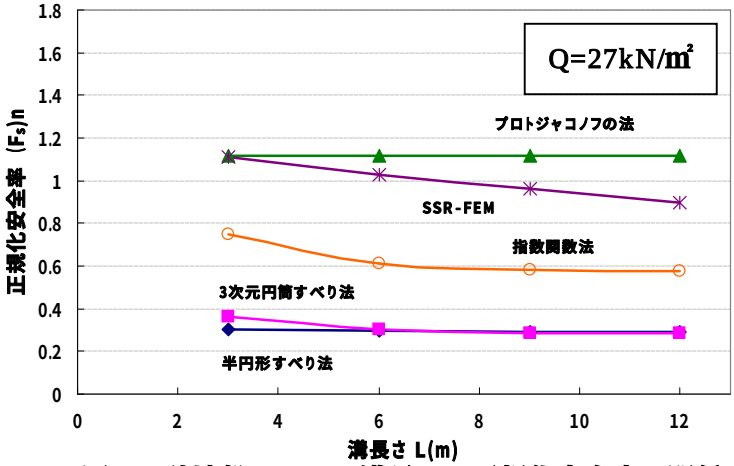

図-3　砂地盤における溝長さと正規化安全率の関係

3.2　上載荷重

図-4 に各手法により計算した溝長さ L=6m における、上載荷重と正規化安全率の関係を示す。上載荷重が大きくなるにしたがって正規化安全率は低下する。SSR-FEM と LEM の正規化安全率の減少傾向が異なっていることが確認できる。

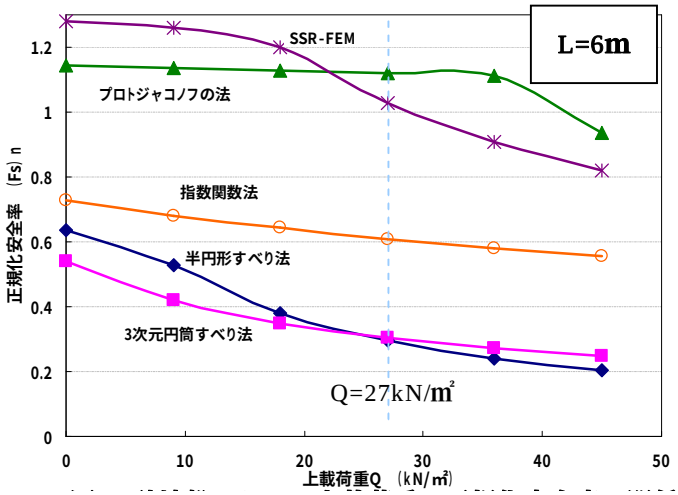

図-4　砂地盤における上載荷重と正規化安全率の関係

4.まとめ

極限平衡法(LEM)、せん断強度低減有限要素法(SSR-FEM)の安全率の比較から、以下の知見を得た。

1) 上載荷重、および溝形状は泥水掘削溝壁の安定性に影響を与え、また、安全率と溝長さ、および安全率と上載荷重の関係は、それぞれの手法で異なる。

2) 同条件で求めた正規化安全率は、計算手法ごとに異なる結果となった。

3) 上載荷重をかけることですべての手法の正規化安全率が低下した。また、SSR-FEM と LEM の正規化安全率傾向は異なることが認められた。

参考文献

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

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、pp.21-41,2004