

2 層砂地盤における層厚比に着目した泥水掘削溝壁の安定計算結果の比較について

中央大学

学生会員

○安藤 健介

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

泥水掘削溝壁の安定性評価は、極限平衡法（LEM）による簡便式が多く適用されている。しかし、実際には LEM 既往 4 手法によって得られる安全率がそれぞれ異なるため溝壁の安定性を精度良く評価できていないという問題がある。また、その LEM 既往 4 手法は、単層地盤の模型実験の結果などを基に開発されてきたが、実地盤のほとんどは多層地盤であり、その層構造考慮して評価しなければならない。本研究では多層地盤の一番シンプルな層構造である二層地盤を対象とし各パラメータ（層厚比 β 、溝深さ D 、溝長さ L ）が安全率に及ぼす影響の分析を試みた。また、LEM 既往 4 手法と泥水掘削溝壁の全体安全率を計算できるせん断強度低減法有限要素法（SSR-FEM）との比較を行った。

2. 極限平衡法（LEM）とせん断強度低減有限要素法（SSR-FEM）

地盤中に築造された泥水掘削溝壁の安定性評価には、地中連続壁協会が紹介している極限平衡法（LEM）の 4 手法（半円形すべり法、三次元円筒すべり法、プロトジャコノフ法、指数関数）がある。これら 4 手法は、それぞれ特定のすべり土塊形状を近似して安全率を計算するものである。また、せん断強度低減有限要素法 SSR-FEM は、系全体の安全率を算定するためにせん断強度低減法を有限要素法に組み込んだ手法である。その適用の妥当性は既往の模型実験や現場実験の結果に対する再現解析との対応から確認されている。

3. 解析条件

LEM の 4 手法、SSR-FEM の比較を表-1 に示すような条件で比較を行った。溝深さ D 、溝長さ L については図-1 に示すとおりである。また 2 層地盤各層厚を数値で表現するために層厚比 β を用い図-1 のように定義した。また、LEM の 4 手法および SSR-FEM の解析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率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 $(F_s)_n$ ¹⁾ を導入した。つまり、正規化安全率 $(F_s)_n \geq 1.0$ が安定となる。その際用いる基準安全率として、LEM の基準安全率を地中連続壁基礎協会²⁾が推奨している基準安全率を採用し、半円形すべり法を 2.0、三次元円筒すべり法を 1.2、プロトジャコノフ法を 1.0、指数関数法を 1.2 とした。また、SSR-FEM の基準安全率は、すべり線形状の類似から円弧すべりの斜面安定で用いられている許容安全率 1.2 を採用した。

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

4. 解析結果の比較

(1) 単層地盤における溝深さ D と溝長さ L の安定性に及ぼす影響

図-2 は、砂質土地盤内に構築した泥水掘削溝における、LEM 既往 4 手法と SSR-FEM で解析を行ったときの正規化安全率と

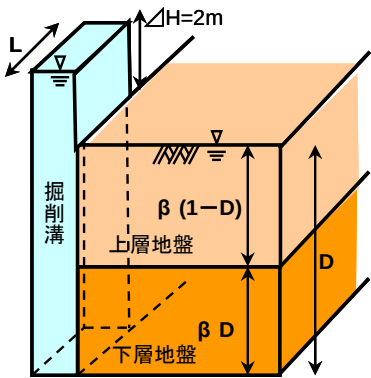


図-1 掘削溝壁の概略図

表-1 解析条件

箇所	項目	条件
溝形状	溝長さ(m)	3,6,9,∞
	溝深さ(m)	10,20,30,40
地盤条件	層厚比	0.1/4.1/2.3/4.1
	飽和単位体積重量(kN/m ³)	18
	内部摩擦角(°)	30,35,40
	粘着力(kPa)	0
	ボワソン比	0.333
施工条件	安定液の単位体積重量(kN/m ³)	10.3
	安定液の水位(G.L.m)	G.L.+2.0m
	地盤内水位(G.L.m)	G.L.+0.0m

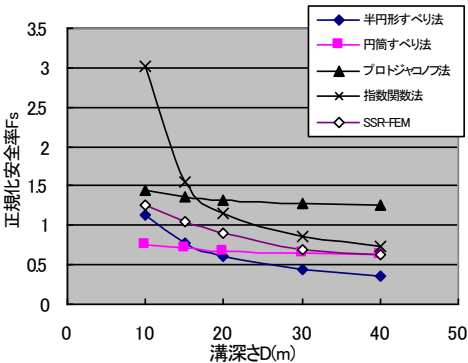


図-2 溝深さと正規化安全率の関係

キーワード 泥水掘削溝壁 極限平衡法(LEM) せん断強度低減有限要素法(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 TEL03-3812-18

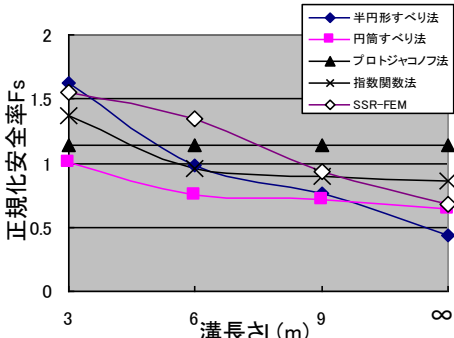


図-3 溝長さと正規化安全率の関係

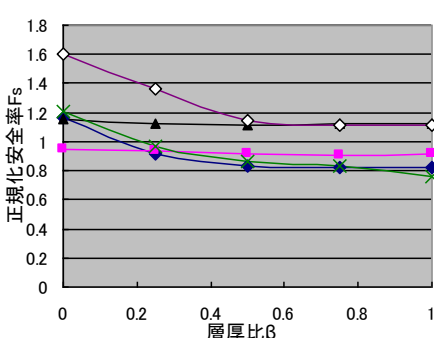


図-4 層厚比と正規化安全率の関係(1)

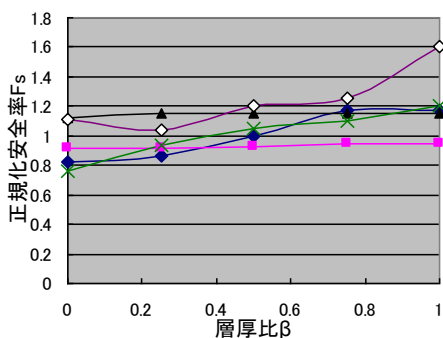


図-5 層厚比と正規化安全率の関係(2)

溝深さの関係のグラフである。地盤は内部摩擦角 ϕ' が 35° の単層であり、溝長さは無限大の2次元を条件とした。LEM 既往4手法と SSR-FEM は溝深さ D が大きくなるとともに安全率は小さくなっていることがわかる。しかし、解析手法によって得られる安全率と異なり、ひとつの現象に対して複数の安全率の解釈が存在してしまうことが確認された。また、図-3 は地盤の内部摩擦角 ϕ' を 35° で単層、溝深さ D を 30m として各解析を行ったときの溝深さと安全率の関係を表したものである。ここで、横軸の溝長さは 3m, 6m, 9m, ∞ の4 ケースとした。プロトジャコノフ法を除く4つの解析方法では溝長さの増加に伴い正規化安全率は減少するが、プロトジャコノフ法は、溝長さが安全率に与える影響は極めて低いと言える。溝深さ L に対しても解析手法によって安全率の値は異なることが認められた。

(2) 2層地盤における層厚比 β の安全率に及ぼす影響

図-3 は下層の内部摩擦角が 30° 、上層の内部摩擦角が 40° と内部摩擦角差を大きくした2層砂地盤における層厚比と安全率の関係を表したグラフである。同様に、図-4 は下層と上層の内部摩擦角を入れ替えた地盤を対象としたものである。溝形状は施工事例から実際に多く使われている形状を採用し、溝深さ 30m、溝長さ 6m とした。また図-5 は同様の溝形状で、内部摩擦角と安全率の関係を表したグラフである。

図-5 から見てわかるようにプロトジャコノフ法と三次元円筒すべり法は内部摩擦角の影響が極めて少なく、図-3、図-4 のように層厚比を変化させても安全率はほぼ一定の値をとった。また、半円形すべり法、指数関数法は、SSR-FEM は図-3 から見てとれるように、その変化傾向は概ね一致し、層厚比が1に近づくにつれ安全率は一定値に収束していることが確認された。続いて図-4 の下層が密で上層が緩い地盤の場合、図-6、表-2 はその際のひずみ増分図とそれぞれの解析のすべり線の発生する位置を示したもののだが、SSR-FEM のひずみ増分図からわかるように、SSR-FEM 解析によるとすべり線の分岐や層境界からすべり線が出ることで安全率が図-4 のように規則性のない挙動を示すと考えられる。また、表-2 のLEM 既往4手法によるすべり線の発生位置は各解析手法で異なることが確認された。

5. まとめ

各解析手法に関して解析を行い、溝深さ、溝長さが安全率に与える影響を比較した。その結果、それぞれ得られる安全率は各解析手法によって異なることが確認された。また2層地盤を対象とし層厚比に着目し比較した結果、上層が緩い地盤の場合、解析の条件によっては層境界からのすべり線の発生位置が異なることが確認された。

参考文献

1) 岡田 良平：溝壁の安定計算手法の比較と特徴 第3回地盤工学会関東支部 Geo-Kanto2007
2) 総合土木研究所：わかりやすい地中連続壁工法

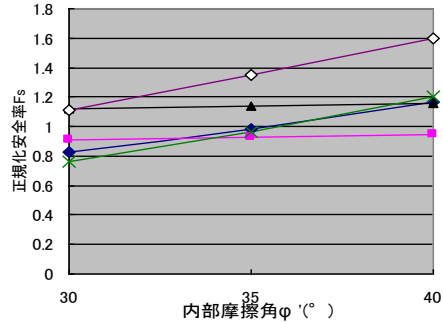


図-6 内部摩擦角と正規化安全率の関係(2)

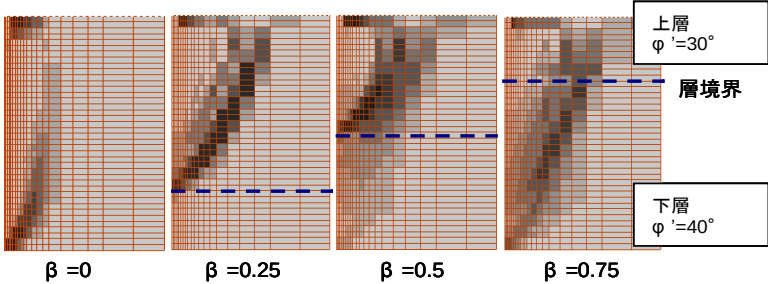


図-6 SSR-FEMによるひずみ増分図

表-2 LEM既往4手法のすべり線の発生位置

層厚比	SSR-FEM	半円形すべり法	円筒形すべり法	プロトジャコノフ	指数関数法
0	下端から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生
0.25	層境界から発生	層境界から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生
0.5	層境界から発生	層境界から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生
0.75	下端から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生
1	下端から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生	下端から発生