

Ⅲ - B176

3 次元泥水掘削溝壁の最終崩壊形状と安定性について

東日本旅客鉄道㈱

正会員 ○相沢 文也 増田 達

群馬大学

正会員 鶴飼 恵三

日建設計中瀬土質研究所

正会員 斎藤 邦夫 片桐 雅明

1. まえがき

これまで著者らは、砂地盤及び粘土地盤の単一層をモデルとした遠心模型実験¹⁾²⁾やせん断強度低減法に基づく弾塑性 FEM 解析³⁾により泥水掘削溝壁の泥水位低下時の安定条件や崩壊形状等について調べ、極限平衡法を基本とする簡易安定評価法を提案してきた⁴⁾。しかし、それらは単一層の地盤かつ溝壁近傍に上載荷重が無い、最もシンプルな条件下での検討であり、実フィールドでの適用には課題が残されている。

そこで、簡易安定評価法の適用範囲等を明確にするために、砂地盤中の溝壁側近に上載荷重がある場合、及び粘土-砂の互層地盤の場合に対して行った遠心模型実験での崩壊形態等について調べ、既往の安定評価法で推奨している最終崩壊形状や安全率について実験値と比較したので以下に報告する。

2. 実験概要

実験試料は、表-1 に示す物理・力学特性を有するけい砂7号及び川崎粘土である。模型地盤は、1/60 の縮尺とし、擬似溝壁としてゴムパックを用いて溝壁中心を4分割した 1/4 モデルを作製した。また、安定液には、比重：1.05g/cm³ の塩水を使用した。遠心場における崩壊実験は、60G の遠心力を加え、地盤を完全に飽和させた後、排水条件が満足される速度で安定液を低下させ、崩壊させた。尚、本報告の実験シリーズは、表-2 のとおりである。

表-1 実験試料の物理・力学特性

		けい砂7号	川崎粘土
土粒子密度	g/cm ³	2.639	2.704
最大密度	g/cm ³	1.583	—
最小密度	g/cm ³	1.201	—
ϕ'	度	39.2	38.2
c	kPa	0	68.6
液性限界	%	—	52.8
塑性限界	%	—	29

2.1 上載荷重がある砂地盤中の泥水掘削溝壁(図-1(a))

上載荷重については、線路近接での泥水掘削溝壁を想定し、軌道重量と列車荷重を考慮することとし、それぞれ設計値相当の荷重（軌道：1.0tf/m²、列車：2.5tf/m²）を与えた。模型地盤上では、これらの重量及び荷重を鉛散弾（直径：1.5mm、単位体積重量：7.5g/cm³）を敷き詰めることにより再現した。

2.2 粘土-砂地盤中にある泥水掘削溝壁(図-1(b))

粘土と砂の互層地盤は、粘土層の下に砂地盤があるという構成で、その比率を約 1 : 2 とした。各層は、これまで行ってきた単一層の模型地盤¹⁾²⁾に合わせ、粘土地盤の予圧密圧力は、上部が 0.5、下部が 0.65kgf/cm² であり、砂地盤は、相対密度 50% で作製した。

3. 既往の安定計算法との最終崩壊形状の比較

3次元模型実験の地盤条件及び安定条件（降伏時の泥水位と地盤内水位差）を与え、既往の安定計算法から得られた崩壊形状と実験結果による最終崩壊形状を比較したものを図-2 に示す。但し、平面形状は、遠心場での崩壊後、装置を停止する間に溝壁近傍の表層部が変形したことから、GL-5m の位置における平面形状で比較した。尚、互層地盤（SC-2）のケースについては、粘土地盤を上載荷重とした単層の砂地盤（Z=10.2m）として安定計算を行った。

上載荷重がある場合（S-S-2）の平面形状は、実験結果と比較し、半円形すべり法（以下：a 法）及び指数

キートン 泥水掘削溝壁、安定計算、遠心模型実験、上載荷重、互層地盤

〒151 東京都渋谷区代々木 2-2-6 TEL 03(5351)4735 FAX 03(5351)4736

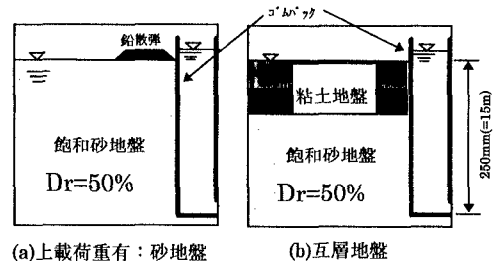


図-1 模型地盤概要図

曲面すべり法⁵⁾（以下：c法）とは相似性が認められるものの崩壊領域は全く異なるものであった。

また、深度方向の形状も実験結果ではほぼ鉛直なすべり線であり、各計算法で推奨している崩壊形状とは異とするものであった。この実験結果の崩壊領域が狭い理由は、上載荷重の影響により地盤の応力状態が変化し、拘束圧が増加したため、無載荷状態に比べ、より顕著な3次元効果が現れたためと推定される。しかし、既往のa法では崩壊幅を $X_0=L$ （溝長）/2とし、また、プロトジヤコフ法（以下：b法）では、地盤種別によるパラメータ f を用いて崩壊幅を $X_0=L/2f$ とし、それぞれ一義的に崩壊形状を規定しているだけで、上載荷重の大きさに依存するパラメータがないために、このような条件下では実際より大きな崩壊形状を示したものと考えられる。

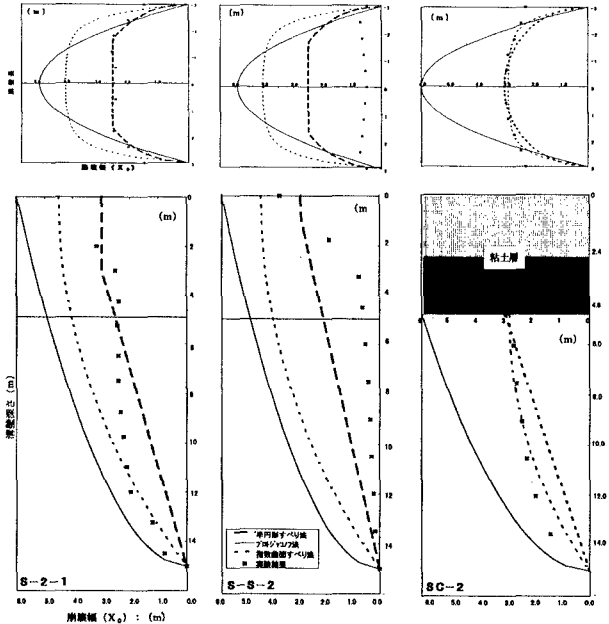


図-2 実験結果と既往の計算法による最終崩壊形状の比較

粘土-砂の互層地盤（SC-2）での崩壊形状を実験結果と比較すると、粘土層を上載荷重と仮定した場合の平面形状は、a法及びc法と良く近似しており、深度方向の崩壊領域はc法と近い結果となっている。さらに、全層を砂地盤と仮定する場合は、S-2-1と比較することにより評価でき、既往の計算法から得られる崩壊形状が実験値と大きく異なり、粘土の下層に砂地盤がある場合は、粘土を上載荷重として評価した方が最終崩壊形状は類似するようである。

4. 安定条件

各実験から得た降伏時の安定条件を既往の安定計算法に与えて算定した安全率を表-2に示す。各計算法毎に許容する安全率の目安値は異なるが、全体的に小さ目の安全率となっており、溝壁の安定性を過少に評価している結果となっている。これは、上記の計算上仮定している崩壊形状の違いと3次元効果による中間主応力の影響が各計算法に加味されていないためと推定される。

図-4は、粘土-砂の互層地盤の取り扱い方として、全層を砂地盤と仮定した場合と粘土層を上載荷重と仮定した場合の安定条件と安全率の関係を示したものである。全層を砂地盤と仮定した方が実験から得られた安定条件には近い結果となっているが、かなり安定性を過少評価する結果となっている。

5. あとがき

泥水掘削溝壁の安定性を評価する場合、崩壊土塊形状やすべり深さを仮定せず、しかも中間主応力も含んだ応力状態を加味した評価手法でなければ実状に合わないことがわかった。これらを考慮した評価手法が構築されれば、広い適用範囲で、より現実合った溝壁の安定性評価ができると考えている。

表-2 既往の安定計算法による安全率

実験シリーズ	S-2-1		S-2-2		SC-2	
	1	6	6	6	6	6
溝壁寸法						
Z	m	15	15	10.2		
施工条件						
γs	t/m ³	1.05	1.05	1.05		
ΔH	m	0.78	1.18	0.33		
土質条件						
αd	t/m ²	0	0	0		
$d d$	*	39	39	39		
$\gamma c = \gamma_{sat}$	t/m ³	1.876	1.876	1.876		
上載荷重						
α	t/m ²	0	3.5	3.84		
安定検討結果						
曲面すべり法		1.015	0.943	0.39		
プロトジヤコフ法		0.856	0.899	0.753		
曲面すべり法		0.938	0.881	0.566		

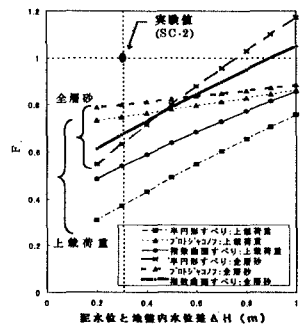


図-3 互層地盤の安定条件と安全率

1)相沢ら 砂地盤における泥水掘削溝壁の崩壊形状及び安定性について 土木学会第51回年次講演会。2)片桐ら 表層が過圧密な粘土地盤中の泥水掘削溝壁の崩壊動形状 第32回地盤工学研究会。3)石井ら せん断強度低減法を用いた弾塑性FEMによる泥水掘削溝壁の安定評価。第31回地盤工学研究会 4)于ら Stability analysis method for slurry trenches constructed in sandy ground. 土木学会第51回年次学術講演会。5)樋口ら 砂地盤に築造される泥水掘削溝壁の新しい計算方法 土と基礎, Vol.42, No.3。