

既設構造物に近接した泥水掘削溝壁の安定性の評価方法に関する一考察

(株)日建設シビル

(正) ○ 石井 武司

中央大学 理工学部

(正) 斎藤 邦夫

群馬大学 工学部

(正) 鶴飼 恵三

東日本旅客鉄道(株)

(正) 渡邊 明之

1. はじめに

泥水掘削溝壁の安定性を評価する場合、必要に応じて近接する構造物の影響を考慮する必要がある。しかしながら、これまでに提案されてきた極限平衡法に基づく安定性評価手法は、近接荷重に対する適用性が経験的にしか示されていないのが現状である。そこで、三次元弾塑性 FEM を用いて近接荷重の影響を解析し、実験結果と対比させ、その安定性評価手法としての有効性を示す。

2. 溝壁の安定性に及ぼす上載荷重の影響

構造物に近接して泥水掘削を行うと、泥水溝の壁面には自重に基づく土圧のほか、構造物荷重による土圧も考慮する必要がある。また、溝壁の安定性はより厳しいものになると考えられる。また、荷重の大きさや分布によっては、系全体の安定性に対する影響の度合いが、溝壁の形状や泥水圧よりも大きくなることもあり得る。一方、既設構造物側では、溝の掘削によって支持地盤が緩み、支持力の低下を生じる。図-1 はこのような相互作用を模式的に示す。

このように、系全体の安全率は、既設構造物の荷重による溝壁の崩壊と既設構造物側の支持力低下による破壊のいずれかによって決まるものと考えられる。

3. 安定性の評価手法

従来、泥水掘削時における溝壁面の安定性は、すべり面の形状を仮定した上で極限平衡法によって安全率を計算することで評価されている。よく使用される手法は、半円形すべりの方法、三次元円筒すべりの方法、プロトジャコノフの方法、指数曲面すべりの方法がある。しかし、これらは、すべり面の形状が手法ごとに異なり、得られる安全係数の解釈にも統一性がない。また、いずれも上載荷重のない条件下ですべり面の形状を決定している。そのため、従来の手法は、既設構造物や施工機械などの荷重が溝壁の安定性に与える影響評価の妥当性が経験的にしか示されていないのが実状である。

このように、様々なすべり面形状の仮定が存在する上に、すべり面形状に与える上載荷重の影響も十分に検討されているとは言い難い。そこで、筆者らは、応力状態からすべり面形状が求まる三次元弾塑性 FEM にせん断強度低減法を導入して、系全体の安全率も同時に計算できるせん断強度低減 FEM (SSR-FEM) による安定性評価手法を提案した¹⁾。せん断強度低減法は強度安全率の考え方にに基づき、地盤のせん断強度パラメータの c' と ϕ' を、仮想的にそれぞれ次のように低減係数 F_r で c_r' と ϕ_r' に低減する。弾塑性計算は修正

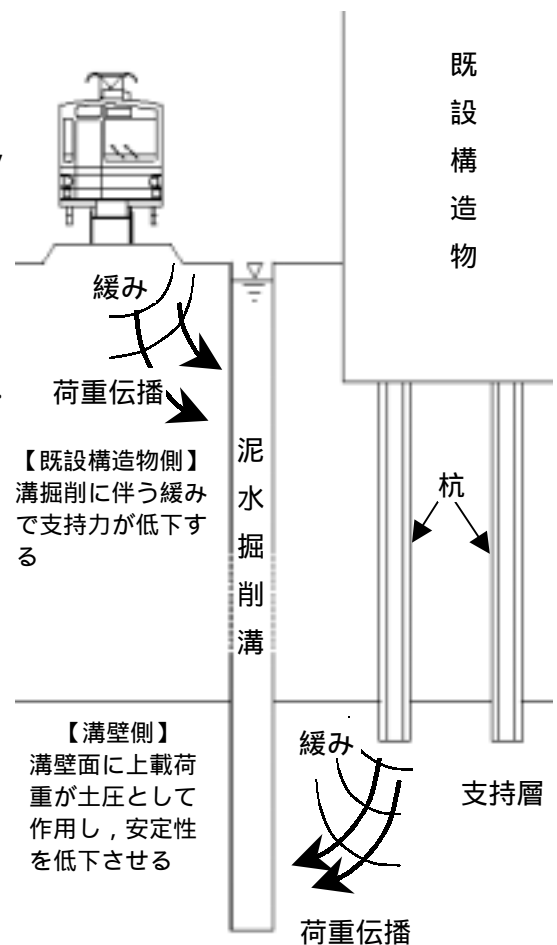


図-1 既設構造物に近接した泥水掘削溝壁の安定性に関する着目点

キーワード：泥水掘削，安定性，数値解析，弾塑性 FEM-

〒112-8117 東京都千代田区飯田橋 2-1 8-3

.03-5226-3070

Fax.03-5226-3075

Newton-Raphson 法で行う．

$$c_r' = c' / Fr, \quad \phi_r' = \arctan(\tan \phi' / Fr)$$

低減係数 Fr を徐々に大きくして、仮想的なせん断強度を低下させ、降伏域が溝壁面から地表面まで連続的に連なるすべり面を形成させる．この直前の低減係数 Fr を系全体の安全率とする．

4．遠心模型実験結果に対する計算結果

鉄道に近接した溝壁を対象として図-2 のような遠心模型実験を実施した．溝壁形状は、実物換算で、長さ 6m、幅 1m、深さ 15m である．実験では地盤内水位を地表面に一致させて、安定液を低下させた．詳細は文献 2) を参照されたい．

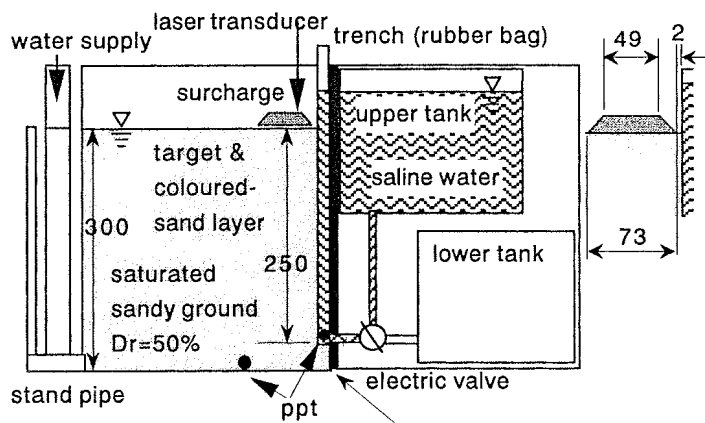


図-2 遠心模型実験の概要²⁾

SSR-FEM による計算結果を図-3 に示す．同図は、上載荷重なしとありの 2 ケースについて、遠心模型実験の破壊状況および破壊直前の Fr の八面体せん断ひずみ増分の分布を比較したものである．実験結果をみると、荷重なしの場合はすべり面が溝壁底部から地表面に達するが、荷重ありの場合はすべり面が浅い位置に発生する．これより上載荷重によりすべり形状が変化することがわかる．次に SSR-FEM の結果と比較する．荷重なしでは、せん断ひずみが大きい箇所（黒い部分）は、溝壁底部から地表面まで線状に分布する．その形状は模型実験のすべり土塊と対応し、これがすべり面であると認められる．荷重ありの場合は、せん断ひずみ増分の大きな箇所は溝壁底面よりも浅く、ここですべり面が発生したと考えられる．このすべり面も遠心模型実験の結果とほぼ対応しており、SSR-FEM は上載荷重の影響を評価することが可能と判断される．

5．まとめ

鉄道に近接した溝壁を対象とした遠心模型実験の結果を用いて、既設構造物の荷重が作用するような条件下の掘削溝壁の安定性評価に対して SSR-FEM が有効であることを示した．

【参考文献】 1) 東日本旅客鉄道編：地下連続壁の溝壁安定の設計施工の手引，日本鉄道施設協会，2003． 2) T.Ishii, et al： Estimation of global safety factor of slurry trenches by 3-D FEM, Proc.of 9th Conf. on Computer Methods and Advances in Geomechanics, pp.2513-2518, 1997．



(a) 上載荷重なし

(b) 上載荷重あり

図-3 遠心模型実験の破壊形状と数値解析結果の八面体せん断ひずみ増分（溝壁長さ 6m）