

Ⅲ - B178

二層地盤に構築された泥水掘削溝壁の三次元FEMによる安定性評価

日建設計中瀬土質研究所 正 ○ 石井 武司、斎藤 邦夫
 東日本旅客鉄道(株) 正 相沢 文也、増田 達
 群馬大学工学部 正 鵜飼 恵三、于 玉貞

1. はじめに

泥水を用いた掘削溝壁の安定性を評価する手法として、せん断強度低減法を援用した弾塑性FEM(以下、SSR-FEMと呼ぶ)の適用を一般的な砂あるいは粘土から成る模型地盤に対して検討してきた^{1),2)}。しかしながら、実際の地盤は砂層と粘土層の互層から成り、それぞれの強度特性は著しく異なる。このような場合の溝壁の破壊形態は一般的な地盤とはかなり異なることが考えられる。そこで、本研究では、粘土-砂から成る二層地盤中の二次元および三次元泥水掘削溝壁に対する遠心模型実験に対して、SSR-FEMを適用して解析を行なったので、その結果を報告する。

2. 解析モデル

検討対象とした溝壁の形状は、長さ $L=6\text{m}$ 、幅 $B=1\text{m}$ 、深さ $H=15\text{m}$ である。遠心模型実験では溝壁の対称性より1/4モデルを採用しており、これに対応させて図-1のようなメッシュで解析した。この他、溝壁の長さに関する影響を比較

表-1 解析で使用する物性値

材 料	物 性	設定値
砂 ($c=0$)	単位体積重量: γ	18.4 kN/m ³
	摩擦角: ϕ	39°
	せん断抵抗角: ψ	39°
	ダイラタン角: ψ	39°
上部粘土 ($\phi=0$)	単位体積重量: γ	17.7 kN/m ³
	ヤング係数: E	$400 \cdot c_u$
	粘着力: c_u	19 kN/m ²
下部粘土 ($\phi=0$)	単位体積重量: γ	17.7 kN/m ³
	ヤング係数: E	$400 \cdot c_u$
	粘着力: c_u	21 kN/m ²
泥水	比 重	1.05

するため、2次元溝壁($L=\infty$)の実験に対しても計算を行なった。実験の地盤材料は弾完全塑性体として、破壊基準にMohr-Coulomb式、塑性ポテンシャルにDrucker-Prager式を適用した。使用した地盤と泥水(安定液)の物性値は表-1に示す。砂層の変形係数 E は、大気圧を Pa として、 $E=204 \cdot \text{Pa} \cdot (\sigma_3/\text{Pa})^{0.592}$ で与えた。

3. 泥水溝壁の破壊条件と破壊形状

遠心模型実験においては、溝壁の変形(壁面から実物換算で2.7m離れた地表面の沈下)が大きくなりはじめるところを見出し、これを溝壁の破壊条件と定義した。これらの実験に対してSSR-FEMで泥水位と溝壁全体の安全率を算定し、その関係から破壊条件を求めた。実験結果に加えて、数値解析結果を図-2に示す。数値解析による破壊時の泥水位は、二次元溝壁の数値解析による破壊時の泥水位は実験結果とほぼ一致するが、三次元溝壁の場合には実験結果よりも0.26m高い。しかし、模型実験の縮尺が1/60であることを考慮すると、破壊条件に関する数値解析結果と実験結果の差は小さく、概ね良い対応を示すと判断できる。

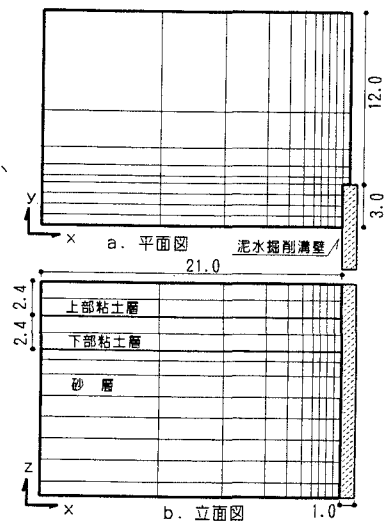


図-1 模型の外形状(実物換算)とその三次元FEMメッシュ(単位 m)

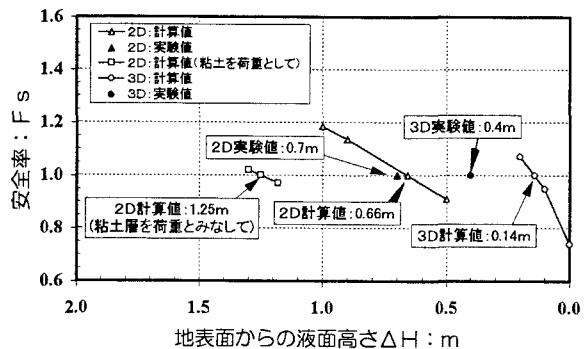


図-2 泥水の液面高さ(実物換算)と溝壁全体の安全率との関係

キーワード: 泥水掘削、安定性、多層地盤、弾塑性FEM、三次元問題

連絡先: 〒211 川崎市幸区南加瀬4-1 1-1 Tel. 044-599-1151 Fax. 044-599-9444

次に、数値解析で安全率が1.0、すなわち溝壁が破壊した時点におけるせん断ひずみの分布と遠心模型実験で得られた地盤の変位ベクトルの比較を図-3に示す。せん断ひずみの分布図で色の濃い部分はひずみが大きい箇所である。せん断ひずみの大きい部分は砂層内で、溝壁底部から下部粘土層との境界面までこの層をえぐるように線状に分布する。これがすべり面と考えられる。その形状は実験結果のすべり土塊形状とほぼ一致しており、破壊形状についても数値解析結果を実験結果を再現したと言える。

4. 砂層の破壊に及ぼす粘土層の影響

遠心模型実験のケースでは、まず溝壁の破壊が下部の砂層で生じ、その破壊が引金となって上部の粘土層の破壊を招いた。そこで、この砂層の破壊に対する上の粘土層の影響を把握するため、表-2のように安全率が1.0となった泥水の液面高さ0.14mの条件下で、粘土層の物性を変えて安全率および破壊形状の変化を調べた。破壊形状を図-4のせん断ひずみ分布として示す。まず、粘土層の変形係数Eを小さくして砂地盤の変形に追従させてみた。E/2のケース2では安全率および破壊形状とも基本ケースと変わらない。さらに1/10にしたところ安全率は0.79となる。破壊は砂層の浅い部分で生じる。さらに、粘土層を砂層に対する上載荷重とみなすと、破壊は溝壁上部の縁で生じ、安全率の値は非常に小さくなる。これらの結果から、上部の粘土層は、砂層にサーチャーシ的な効果を与えつつ、粘土-砂境界では砂層に発生するすべりを拘束する効果を合わせ持つと考えられる。なお、粘土層を砂層に置き換えると、安全率はケース3とほぼ同程度となるが、破壊の形態は異なる。

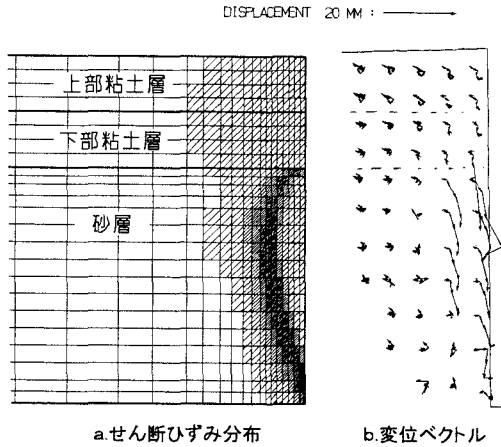


図-3 数値解析のせん断ひずみ分布と実験の地盤変位ベクトル

表-2 粘土層のモデルと溝壁全体の安全率

粘土層のモデル	安全率
ケース1：基本モデル(表-1の物性)	1.00
ケース2：粘土層のEを1/2とする	0.97
ケース3：粘土層のEを1/10とする	0.79
ケース4：粘土層を上載荷重と見なす	0.54
ケース5：粘土層を砂層に置換える	0.77

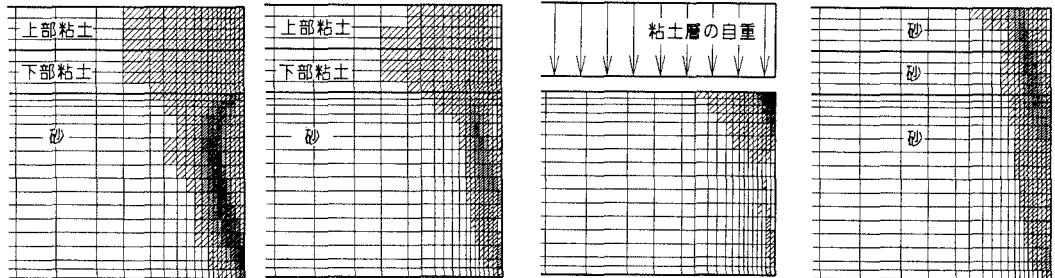


図-4 粘土層の変形係数およびモデル化による破壊形状の比較

5. まとめ

粘土-砂から成る二層地盤中の二次元および三次元泥水掘削溝壁に対する遠心模型実験に対して、SSR-FEMによる解析を行なった。その結果、溝壁の破壊条件およびその破壊形状に関して、数値解析結果が実験結果と概ね良い対応を示すと判断できた。さらに、粘土層の物性を変えて計算したところ、この層は砂層にサーチャーシ的な効果を与えつつ、粘土-砂境界では砂層に発生するすべりを拘束する効果を合わせ持つと考えられた。

参考文献：1) 石井 武司 他(1996)：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性評価，第31回地盤工学研究発表会
2) 石井 武司 他(1996)：粘土地盤における二次元泥水溝壁の安定性評価に対する弾塑性FEMの適用，土木学会第51回年次学術講演会