

掘削底面を低強度に改良した土留め工の安定解析

(株)日建設 (正) 石井 武司
 電源開発(株) 茅ヶ崎研究センター (正) 東 健一
 (独)港湾空港技術研究所 (正) 高橋 邦夫
 (財)石炭利用総合センター 小笹 和夫

1. はじめに

フライアッシュを主要な安定材とするF G C深層混合処理工法は低強度の地盤改良を均質に行えるので、軟弱地盤の土留め工事において矢板の打設が可能な程度の強度に掘削底盤を改良できる¹⁾。その反面、低強度であるがゆえにヒーピングに対する安定性の確保にも注意を払わなければならない。その安定性の評価方法は極限平衡法の考え方に基づく建築学会修正式などが良く使用されるが、軟弱な原地盤と改良体という著しく剛性が異なる組み合わせの場合、すべり面形状の仮定に関する妥当性が問われる。そこで、すべり面形状を仮定しないせん断強度低減法³⁾を用いてヒーピングの安全率を算定し、建築学会修正式と比較すると共に、掘削幅の影響を検討した。

2. 解析モデル

解析対象はヒーピングに対する安定性を検討するために実施した図-1の遠心模型実験とした²⁾。掘削は水溶液を排水することで表現した。

数値解析にあたって、原地盤および改良体は弾完全塑性体とし、水溶液は山留め壁と地盤面に作用する水圧でモデル化した。数値解析の手法は動的緩和法を用いた有限差分法(FDM)である。このモデルで遠心模型実験をシミュレーションしたところ、測定結果と良い対応を認められた³⁾。そこで、せん断強度低減法を導入してヒーピングに対する安全率をFDMで算定した。

計算手順は、掘削時の応力状態の算定、せん断強度低減法による安全率の算定である。掘削時の応力状態は、図-2に示すように、初期応力状態から掘削側の荷重を除くことで表現した。数値計算にあたり、形状の対称性から左半分を図-2のようにモデル化した。また、山留め壁については、建築学会修正式と同様に、最下段の切梁位置を回転支点としてその下端が掘削側へ回転し、それより上部には土圧が作用しないと考える、最下段の切梁位置より下の部分のみを梁要素で取り扱った。

計算ケースは次の3つである。なお、実験結果によると、ケース1は掘削深さが1.2mを、ケース2は1.4mをそれぞれ超えると、掘削底面の鉛直変位が急増し、ヒーピングが生じたと判断された。

- ケース1：未改良地盤（掘削深さ1.2m）
- ケース2：改良強度 $q_u=110\text{kN/m}^2$ （掘削深さ1.4m）
- ケース3：改良強度 $q_u=368\text{kN/m}^2$

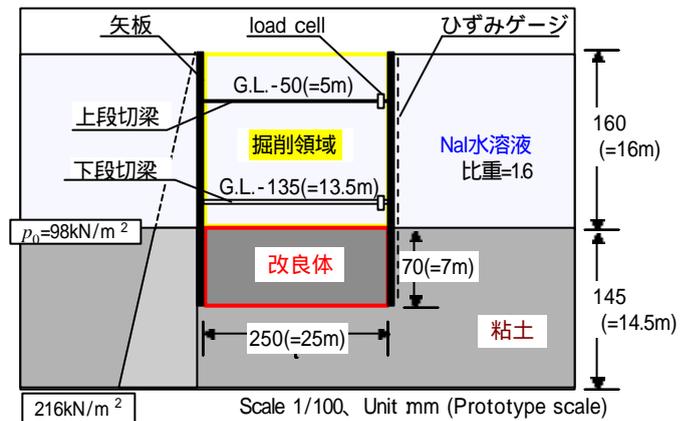


図-1 解析対象のモデル

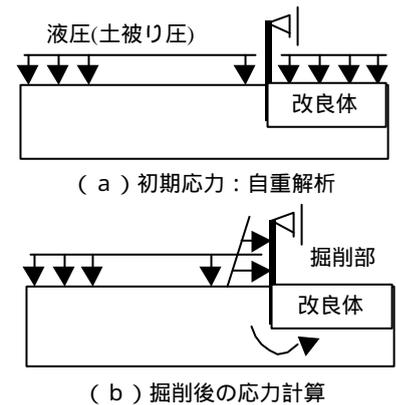


図-2 掘削状態のモデル（左半分）

表-1 地盤の物性値

	一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	ヤング率 E_{50} (kN/m ²)
粘土地盤	60 ~ 132	$89.5 \cdot q_u$
改良体(ケース2)	110	48,900
改良体(ケース3)	368	7,210

キーワード：山留め、掘削、地盤改良、石炭灰、数値解析

〒112-8565 東京都文京区後楽2-1-3

.03-3813-3361

Fax.03-3817-0517

3. 計算結果

遠心模型実験のモデルは掘削深さHが16m，掘削幅Bが25mである。掘削底面から基盤までの深さを14.5mに固定して，次の掘削幅で安全率をせん断強度低減法で算定した。()内はH/Bの比である。また，比較のため建築学会修正式でも安全率を求めた。

$$B=48\text{m}(1/3), 32\text{m}(0.5), 25\text{m}(0.64) \\ 16\text{m}(1.0), 8\text{m}(2.0)$$

計算結果をヒーピングに対する安全率とH/Bの関係で整理すると図-3のようになる。なお，建築学会修正式は掘削幅を考慮することができないので，安全率が一定である。未改良地盤(ケース1)および改良体の一軸圧縮強度が粘土地盤と大差がないケース2は，掘削幅を変えてもほぼ安全率が1.2前後で，建築学会修正式とほぼ同じ値である。せん断ひずみ分布をみると，すべり面の形状も建築学会修正式と一致する。また，遠心模型実験ではケース1およびケース2よりも深く掘削すると，掘削底面の鉛直変位が急増したことから，許容安全率を1.2とすることは妥当と思われる。

改良体の強度が高いケース3については，安全率はH/Bが1.0以下の範囲ではほぼ同じであるが，掘削幅が狭いH/B=2.0ではそれらよりも高くなる。H/B=0.5と2.0の場合でせん断ひずみ分布を比較すると，H/B=0.5は建築学会修正式で考えられているような円弧すべりであるが，H/B=2は掘削部分が上に抜け出すようなすべり形状である。安全率を建築学会修正式と比較すると，H/Bが1.0以下の範囲では10%程度小さい。すなわち，建築学会修正式は掘削底盤を改良した土留め工の安定性を過大に評価する可能性があることを示唆している。

4. まとめ

建築学会修正式の考え方に沿ったモデルで，せん断強度低減法を用いたFDMで安全率を算定し，掘削幅の影響や計算手法による安全率の違いを調べた。その結果，次のことがわかった。

- ・ 設定された土留め工の条件下では，安全率はH/Bが1.0以下の範囲ではほぼ同じである。
- ・ 未改良地盤や改良強度が低い場合，建築学会修正式とせん断強度低減法の安全率はほぼ一致する。
- ・ 改良強度が高いと，建築学会修正式はせん断強度低減法よりも安全率を大きく見積もる。

なお，本研究は通産省石炭生産利用技術振興補助事業の一環として実施した。また，ご指導をいただきました(独)港湾空港技術研究所，(財)沿岸開発技術研究センター他関係者各位に深甚の謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 東,他(1998): フライアッシュを用いた地盤改良工法の山留め工法への適用について,根切り・山留めの設計・施工に関するシンポジウム
- 2) K.Ohishi, et al(1999): Deformation behavior and heaving analysis of deep excavation, IS-Tokyo'99, pp.693-698
- 3) M.Katagiri, et al (2001): Stability analysis of braced excavation with base improvement, 10th IACMAG

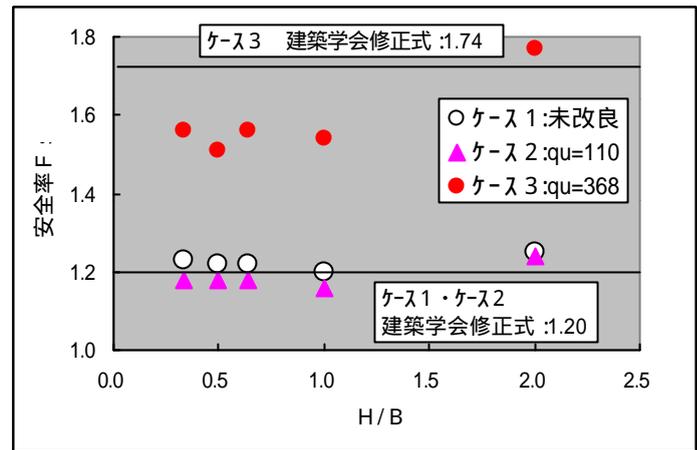


図-3 安全率とH/Bの関係

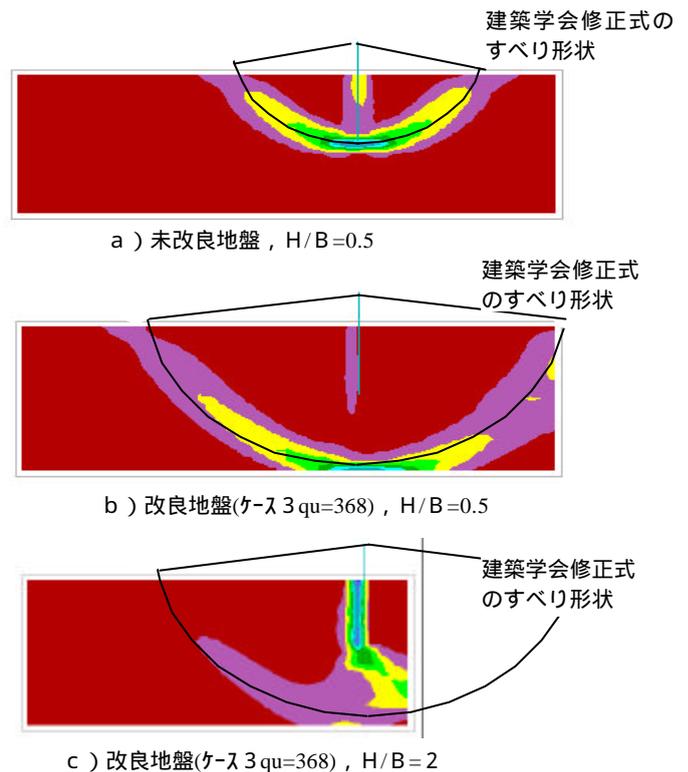


図-4 破壊時のせん断ひずみ分布