

III-565

補強土の大型平面ひずみ試験シミュレーション

東京電力(株) 福島 啓介 矢野 康明
佐藤工業(株) 中嶋 智樹 山口 勝弘

1. はじめに

現行の補強盛土の設計は極限釣合法によって行われているが、補強土工法を重要な永久構造物に利用している場合、変形量の推定が必要となる場合が多く、現状では有限要素法による変形解析が考えられる。ここでは土および補強材に対し簡易なモデル化を行い、FEM解析によって実験結果¹⁾²⁾のシミュレーションを行い、その精度および問題点について検討した結果について報告する。

2. 解析モデルおよび解析ケース

解析は2次元FEM解析を用いた。土要素はDuncan-Changモデルにせん断剛性の平均拘束圧依存性およびダイレタンシー効果を考慮した双曲線モデルを用いた(モデル化の詳細は文献1)に示す)。また、補強材(格子状燐青銅)は別途実施した引張試験結果³⁾よりTri-linear弾性のばねとしてモデル化をした。解析モデルを図-1に、解析に用いた各パラメータを表-1に示す。解析ケースは側圧 $\sigma_c=0.8\text{kgf/cm}^2$ 、圧密時の側圧係数 $K=0.2, 0.4$ の2ケースとした。圧密応力としては、ほぼ K_0 圧密状態であった側圧係数 $K=0.4$ では全要素に等しい応力($\sigma_3=\sigma_c$, $\sigma_1=\sigma_c/K$)を与え、補強材力を0とした。側圧係数 $K=0.2$ のケースについては、実験結果で、せん断開始時の応力状態が、圧密中の応力経路によらず、主応力比で定義できた³⁾ことから、側圧係数 $K=0.4$ のせん断過程における主応力比 $R=5.0$ の時を圧密終了時の応力状態とした。

3. 解析結果および考察

・応力比一軸ひずみ関係、体積ひずみ一軸ひずみ関係

解析結果と実験結果の比較のうち、主応力比一軸ひずみ関係、体積ひずみ一軸ひずみ関係を図-2,3に示す。図には、無補強の場合の実験結果と解析結果も示してある。解析と実験では、破壊付近で差がでているが、せん断過程の応力比一ひずみ関係がよい対応を示している。また、体積ひずみ一軸ひずみ関係も比較的良好な対応を示し、補強材によって、横方向のひずみが拘束されている現象をよく表している。

・補強材に発生する引張力の分布

せん断過程での補強材引張力分布の実験結果と解析結果の比較を図-4に示す。図の横軸は補強材中心からの水平距離を示し、縦軸は補強材に生じた引張力を表している。図より、2ケースとも実験値の方が、大きな引張力を示している。この理由として次のようなことが考えられる。

- 1)実験後の補強材は、部分的にたわんだ状態が確認されており、ピーク前からたわんでいるとすれば補強材に発生する引張力が過大に評価されている可能性がある。
- 2)解析では補強材を形状、剛性とも水平方向に一樣としてモデル化しているが、実験で使用した補強材はリブ(局部的に剛性が高い)を有する格子状をしている。実験値はリブ間の変形が集中しやすいストリップ部に貼付たひずみゲージの出力より求めているため、解析より引張力が大きくなった可能性がある。

・せん断中における $\Delta\sigma_3$ の分布

図-5に、シミュレーション結果によるせん断中の σ_3 の増分($\Delta\sigma_3$)を等高線表示したものを示す。また表-2には、シミュレーションによる $\Delta\sigma_3$ の平均値と実験で得られた補強材力 T から $\Delta\sigma_3=T/\Delta H$ として求めた結果を示す。表-2では、応力一ひずみ関係が良くあっているにも関わらず、補強材力から求めた $\Delta\sigma_3$ がシミュレーション結果より大きく、応力比が大きいほどその差が大きくなっている。

4. おわりに

補強効果におよぼす圧密条件(側圧係数)の影響をFEM解析によってシミュレーションした結果、次のような結果が得られた。

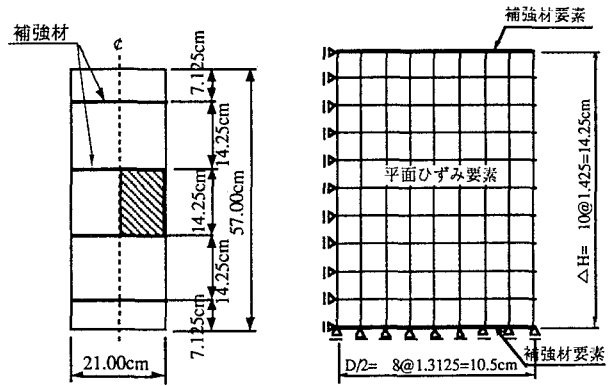
- 1)Duncan-Changモデルのような簡易で比較的参数少ないモデルでも、剛性の平均拘束圧依存性およびダイレタンシー特性を考慮することによって、応力比一ひずみ関係および体積ひずみが実験結果を比較的良好に再現できた。特に、破壊付近までは、補強盛土の変形を比較的精度よくシミュレートできる可能性がある。
- 2)補強材力は実験と解析でよい対応は見られなかったが、補強材の形状の影響も考えられる。また、実験時の補強材力からもとめた $\Delta\sigma_3$ は、シミュレーション結果より大きい。補強材のモデル化の影響も考えられるが、解析では土要素の強度を高めに評価している可能性があり、今後の課題である。

参考文献

- 1) 吉田 望ら:「多次元解析に用いる簡易な構成則 その2 ダイレタンシーの考慮」、第48回土木学会年次学術講演会概要集第3部、1993.9
- 2) 福島 啓介ら:「補強土の補強効果に及ぼす異方圧密の影響」、第48回土木学会年次学術講演会概要集第3部、1993.9
- 3) 福島 啓介ら:「異方圧密した補強土に生じる補強材力について」、第48回土木学会年次学術講演会概要集第3部、1993.9

表-1 解析パラメータ

ばね要素	ばね定数 k (kgf/cm)	3520
	剛性の第一変化点 P_1 (kg)	18.48
	初期剛性に対する比 α_1	0.4444
平面ひずみ要素	剛性の第二変化点 P_2 (kg)	24.64
	初期剛性に対する比 α_2	1×10^{-8}
	内部摩擦角 ϕ (deg)	49.0
平面ひずみ要素	Rf	0.89
	初期せん断剛性 G_0 (kgf/cm ²)	170
	n	0.47
	初期体積弾性定数 k (kgf/cm ²)	365
	m	0.47
	変相時の応力比	0.52



大型平面ひずみ試験供試体寸法 解析モデル形状
図-1 解析モデル

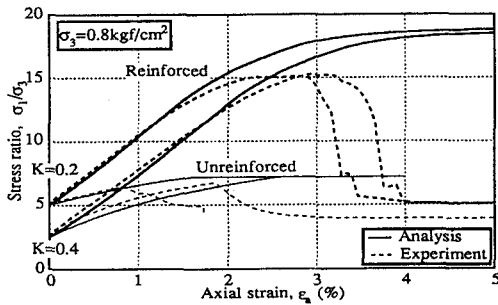


図-2 主応力比-軸ひずみ関係の比較

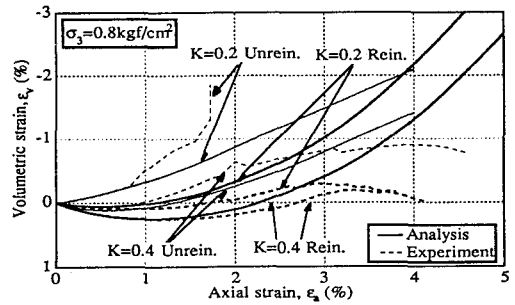


図-3 体積ひずみ-軸ひずみ関係の比較

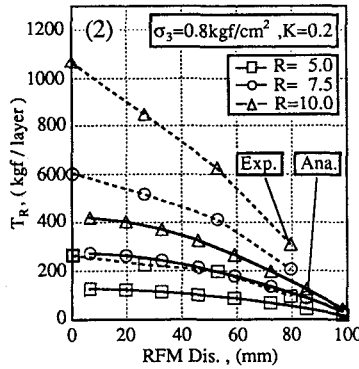
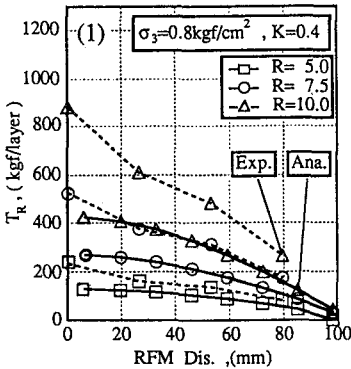


図-4 (1),(2) 補強材力の比較

表-2 補強による $\Delta \sigma_3$ の増分 (K=0.4)

応力比 R	シミュレーション結果	補強材力からの推定値
5.0	0.24 kgf/cm ²	0.37 kgf/cm ²
7.5	0.50	0.83
10.0	0.75	1.32

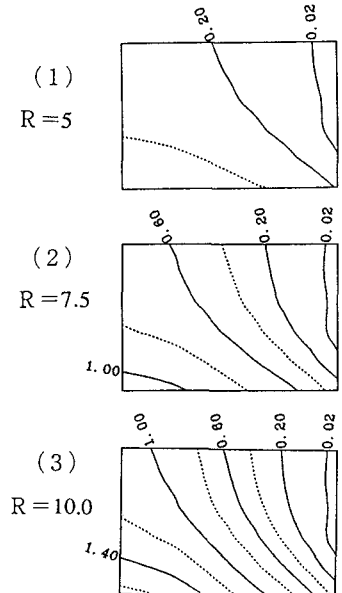


図-5 (1),(2),(3) $\Delta \sigma_3$ の分布
(シミュレーション結果)