

補強土の変形解析におけるモデリングに関する一考察

熊本大学工学部 正 ○ 大谷 順
 熊本大学工学部 学 野又政宏
 三井石化産資 正 平井貴雄
 九州大学工学部 正 落合英俊

1. まえがき

今日、ジオグリッドを用いた補強土工法は、盛土や擁壁を代表として、多くの適用例を見るに至っている。また、補強材が土中で伸びを生じながら土の変形と共に変位するという補強土のメカニズムについてもかなり厳密に明らかにされてきた。一般に土構造物の挙動は、変形から破壊が連続的に起こるわけであるが、今日までの設計法は、破壊する時の力の釣合いを仮定してその極限値を求め、これに安全率というアーティフィシアルな係数を掛けて設計値を決定するいわゆる許容応力度設計法である。しかし、前述したように、補強土構造物は変形することにより、その効果が現われ、その履歴の後に破壊に至るため、変形を無視できない構造物であると言える。これはまた、今日世界的に土質工学の分野において注目されている限界状態設計法の導入についても大きく関与するものであると考える。

本研究は、このような現状を考え、盛土を対象とした、補強土の変形特性を定量的に評価可能な数値解析手法を開発することを主目的とするものである。本報告では、特に今日まで著者らが提案してきた有限要素解析に導入するモデリングについてその妥当性および改善する点等について考察したものである。

2. 数値解析モデル

2.1 土のモデル：著者らは、すでに土のダイレイタンスー特性が補強土に及ぼす影響は大きいことを指摘して、Drucker-Prager型の降伏関数に非関連流れ則を導入した弾塑性モデルの適用を提案しているが、ここでもこのモデルを用いている。

2.2 補強材のモデル：空气中において長さ40 cm、幅2 cmのグリッドの引張り試験を実施し、引張り荷重と伸びの関係より、その断面は変化しないという仮定の基に、その接線剛性の非線形特性をトラスモデルの弾性定数で評価した。この試験結果を図-1に示す。

2.3 土-補強材間の相互作用モデル：本解析ではダイレイタンスーを考慮しないジョイント要素でモデル化した。そのパラメータとして、鉛直剛性、 k_n については、その適合条件を満足させるようにかかなり大きな値を設定する。また、せん断剛性、 k_s については、図-2に示す一面せん断試験結果の初期剛性とピーク時のせん断応力を用いて、弾完全塑性モデルを仮定した。

3. 引き抜き試験の解析

本解析モデルの検証を行うために、九州大学において実施された、引き抜き試験の解析を行った。実験の詳細については省略する。試験は変位制御で行っており、解析についても外荷重として変位を与えている。また、実験で得られる結果は、先頭の引き抜き変位、引き抜き力および各グリッド節点の変位である。図-3は、3つの

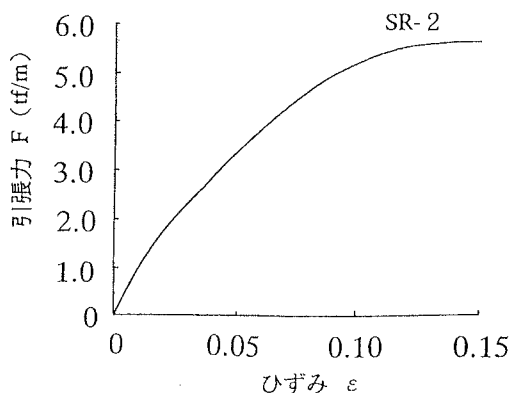


図-1 一面せん断試験結果 (SR 2)

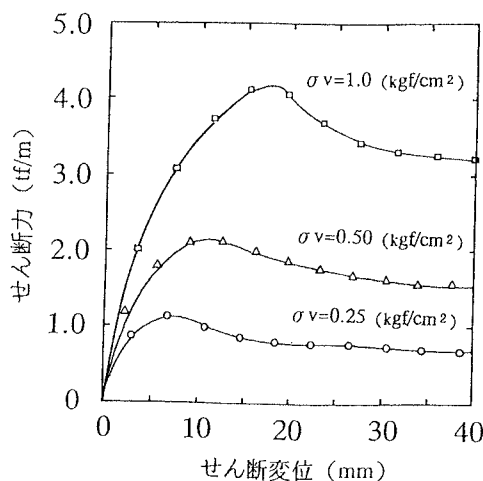


図-2 ジオグリッドの引張力とひずみの関係

異なる引き抜き変位段階での各グリッド節点での変位を実験結果と共に示したものである。解析結果は、実験結果を比較的良好に説明しているが、引き抜き変位が大きくなるとグリッド後端でその差が大きくなる。しかし、引き抜き力の比較については、全く異なり、モデルは実測値をうまく評価していない。またこの時の、補強材の軸応力およびジョイント要素のせん断応力分布を図-4、5にそれぞれ示す。これらは、先頭より後端に向かって単調に減少している。実際の挙動は、そのピークが補強材内にあり、これが引き抜き変位と共に後端に移動すると考えられ、本モデルではこれを評価していない。

4. 各モデルに関する検討：

4.1 土：補強土においてダイレイタンス特性は、土自身を強くさせる、すなわちダイレイタンスを抑える効果として重要であり、それをより定量的に取り込んだ非関連流れ則を用いた構成則の適用は妥当であると考えられる。しかし、現状ではこれを一定の特性としてのみ評価しており、収縮・膨張の両方を考慮していない点に今後の課題を残す。

4.2 補強材：グリッドは曲げ剛性が小さいことより、トラスモデルを導入するケースが多いが、そのパラメータは材料の試験結果より決定しており、その寸法効果が、実構造物の解析の場合どのように影響するかという点がいまだ明らかにされていない。また、補強材自身はクリープ特性を有するが、これをどのように評価するかという点、弾塑性解析ではこの引き抜き速度の影響が無視されている点等についても今後の課題である。

4.3 土-補強材間の相互作用：実際の挙動において、どこまでを相互作用と考えるかであるが、本報告では、補強材表面と土との摩擦特性のみを一面せん断試験結果より評価している。引き抜き試験結果よりこれを決定する方法もすでに提案されているが、得られるパラメータに境界条件が含まれることから、実構造物の解析を考えると、そのパラメータの妥当性に疑問が残る。数値モデルとしては、ジョイント要素に変わり、薄層要素を用いた例もあるが、現象論からのモデリングの妥当性という点についてはまだ明らかではない。

5. あとがき

本報告では、盛土を対象とした、補強土の変形特性を定量的に評価可能な数値解析手法を開発することを目的として、その数値解析モデルの妥当性について考察した。今後は、上述した問題点を加味して、より有効なモデルを組み込んだ解析手法の開発に取り組むと共に、そのモデルに導入するパラメータをどのような試験で求めるべきかという点についても再度考えて行きたい。

変位量 (cm)	実験値 (kgf/cm)	解析値 (kgf/cm)
0.50	34.0	44.7
1.50	48.0	96.8
2.50	55.0	109.0

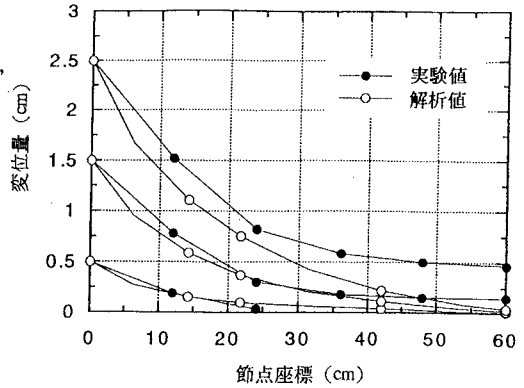


図-3 各引き抜き変位量におけるジオグリッドの変位分布

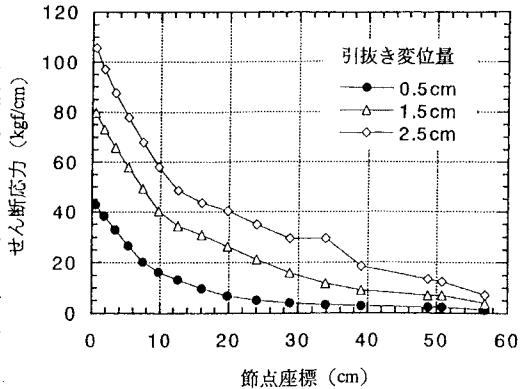


図-4 各要素におけるジョイント部分のせん断応力

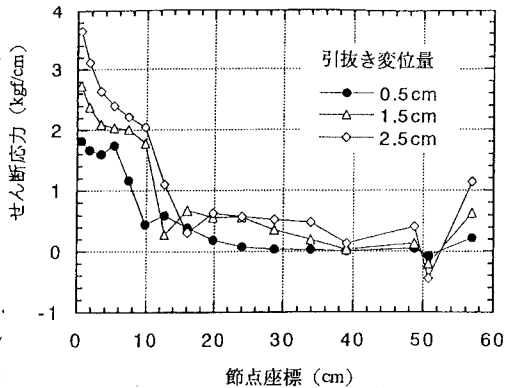


図-5 各要素におけるジオグリッドのせん断応力