

III-437

ジオテキスタイルの補強効果に関する数値実験・簡易室内実験

前田建設工業（株） 正員○相木 克介 梨本 裕
正員 伊藤 雅夫 伊藤 明

1. はじめに

ジオテキスタイルは排水、引張補強、材料分離などいろいろな機能を有しており、これらが複雑にからみ合って補強効果を発揮する。これらの効果が大いことは試験工事や実際の工事で確認されている。しかし、定量的な把握はされておらず、FEM等の数値解析においても補強効果を表現する方法は確立されていないという現状である。

そこで、この現状を打破する一助になればと考えて、ジオグリッドを地表面に敷設する盛土補強を対象に単純なモデルを設定し、FEMによる数値実験と室内実験を実施したので、その概要について報告する。

2. 数値実験

ジオグリッドの力学的な補強効果をFEM解析において表現する方法を検討した。

(1) 解析条件

図-1に示す解析モデルに対し、平面ひずみ状態の弾性解析を行なった。地盤材料と補強材料の物性値は表-1に示す通りとし、前者は四角形の面要素後者は次の3種類の線要素で表現した。

- ① 線要素a：軸方向のみの剛性を有するトラス材とする。この要素の剛性マトリックス $[K_a]$ は要素の長さ方向の軸力と変位に対して次式により表わされる。

$$[K_a] = \frac{EA}{L} \cdot \begin{Bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{Bmatrix} \quad \begin{array}{ll} E: & \text{補強材の弾性係数} \\ A: & \text{断面積} \\ L: & \text{長さ} \end{array}$$

- ② 線要素b：線要素aを用いて幾何学的非線形性を考慮する。ここでは、荷重を数多くのステップに分けて作用させ、各ステップ毎にすべての節点座標を修正する。さらに、前ステップで生じた補強材の伸びから張力を計算し、これを外力として補強材を構成する節点に作用させる。

- ③ 線要素c：軸方向の剛性とせん断剛性を有し、曲げ変形は生じない線材とする。この要素は剛性マトリックス $[K_c]$ は、要素の長さ方向とその

直角方向の軸力、せん断力および変位に対して次式により表わされる。

$$[K_c] = \frac{EA}{L} \cdot \begin{Bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & h & 0 & -h \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -h & 0 & h \end{Bmatrix} \quad \begin{array}{ll} h = G/(kE) & G: \text{せん断弾性係数} \\ k: & \text{形状係数} \end{array}$$

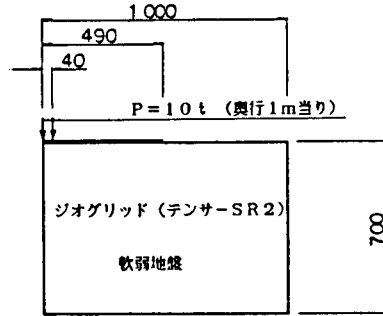


図-1 解析モデル図

表-1 物性値

	E (t/m ²)	G (t/m ²)	ν 又は A (m ²)
軟弱地盤	300	107	ν=0.4
ジオグリッド	400,000	143,000	A=0.000297

ν：ポアソン比

(2) 解析結果

解析は4ケース行なった。各ケースにおける最大沈下量と補強材の張力を表-2に示す。

表-2 解析結果

	ジオグリッド	最大沈下量	補強効果	張力 (せん断力)
Case 1	なし	22.3 mm	----	----
Case 2	線要素a	22.2 mm	0 %	-2.3~0.4
Case 3	線要素b	17.1 mm	23 %	13.5~1.6
Case 4	線要素c	10.0 mm	55 %	-0.9~0.6 (13.4~3.2)

これらの結果より、次のことが言えると思われる。

- ① 線要素aを用いただけでは、ジオグリッドの補強効果（最大沈下量に関する抑制効果）を表現できない。しかも、軸力が圧縮となり現実には合わない。
- ② 線要素bを用いると比較的大きな補強効果が表現できる。しかし、この補強効果も引張が破断強

度（8t/m）を越えている割には小さい。

- ③ 線要素cを用いると大きな補強効果が表現できる。しかし、軸力がほとんど発生せず、代って大きなせん断力が発生しており、今後検討が必要である。

3. 簡易室内実験とシミュレーション解析

ジオグリッドの力学的な補強効果を簡易室内実験により確認し、シミュレーション解析を行なった。

（1）簡易室内実験

直径15cmの円筒型鋼製容器に乾燥密度 1.8kg/cm³の砂を深さ14cmまで4層に分けて自然落下させ振動を与えて締め固めた。この試料の上部にジオグリッド（ネトロンZ32）を敷設する場合としない場合に分け、直径 5cmの鋼製載荷板を用い、図-2に示すような、載荷実験を行なった（載荷速度 1mm/min, 実験回数各2回）。

この実験から得られた荷重-沈下量（中心部）曲線を図-3に示す。

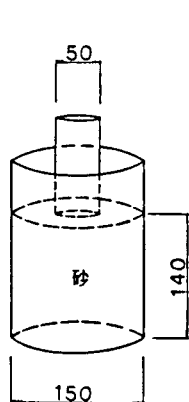


図-2 実験装置

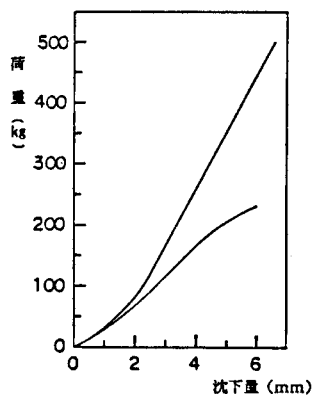


図-3 荷重と沈下量(実験結果)

ジオグリッドの補強効果が大きく表われて、図の直線部の傾きはジオグリッドを敷いた場合、敷かない場合の2倍（補強効果50%）になっている。また、耐力もジオグリッドを敷設したことによって 2.5倍以上になることも確認できた。

（2）シミュレーション解析

ジオグリッドを敷設しない場合の実験結果に対して、シミュレーション解析（FEMによる軸対称弾性解析）を行ない物性値を定めた。

次に、モデルを軸対称状態から平面ひずみ状態に置き換え、この物性値と前記線要素b、線要素cを

用いてシュミレーション解析を行なった。ただし、モデルの置き換えは試料の地表面と載荷面の面積比が等しくなるように行なった。これは線要素b、線要素cと同等の性能を持つ面要素が開発されていないためである。この結果を表-2に示す。

表-2 解析結果

	ジオグリッド	荷重-沈下曲線の勾配 (kg/mm)	補強効果
Case A	なし	220	—
Case B	線要素b	220	0 %
Case C	線要素c	300	28 %

線要素bを用いた場合補強効果はほとんどなく、線要素cを用いた場合は28%で、実験結果よりは小さくなった。

これは、次の点に問題があったためと考えられる。

- ① 解析モデルを軸対称から平面ひずみ状態に置き換えている。
- ② 土質材料を均一な連続弾性体と仮定している。
- ③ ジオグリッドの物性値として、空中で実施された引張試験値を用いている。

4. おわりに

簡易室内実験を行なった結果、ジオグリッドの補強効果が非常に大きいことが確認できた。しかし、情報の不足もあり、FEM解析における補強効果の表現方法についての十分な検討ができなかった。

今後は、今回の実験および解析結果を踏まえた上で土質材料、補強材の種類、さらには、載荷条件、試験体のスケール等を変えて、試験および解析を継続していきたいと考えている。

尚、本研究は建設省土木研究所との共同研究の一環として実施したものである。また、金沢大学の太田教授には多くのご助言をいただき、三井石油化学工業㈱からは材料を提供していただいた。上記の関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1)建設省土木研究所他：ジオテキスタイルの土中での挙動とその効果に関する研究報告書、1985年。
- 2)土質工学会編：補強土工法。
- 3)山岡、西形、坪井：ジオテキスタイルによる軟弱路床の補強に関する模型実験と数値解析結果、第30回土質工学シンポジウム。
- 4)R.kerry Rowe, M.ASCE: Reinforced Embankments (Analysis and Design)