

三次元 FEM 解析で用いるジオシンセティックのモデル化検討

エターナルプレザーブ(株) 正会員 ○水取 和幸
エターナルプレザーブ(株) 正会員 久保 幹男
(株)NOM 正会員 松本 正士
(株)NOM 正会員 大河内保彦

1. はじめに

深層混合処理工法を低改良率で軟弱地盤に適用する場合、改良体と未改良部との不同沈下量の抑制を目的としてジオシンセティックが併用されることがある。ジオシンセティックには大きな変形が生じるため、この時の沈下低減効果を微小変形理論に基づく一般的な三次元 FEM 解析で評価するには、ジオシンセティックのモデル化に工夫が必要となる。今回、大変形解析に対応した二次元 FEM とこれに対応していない一般的な三次元 FEM 解析を組み合わせる方法でジオシンセティックをモデル化し、その沈下低減効果を検討したので紹介する。

2. ジオシンセティックモデル化の問題点

FEM 解析でジオシンセティックをモデル化する場合、二次元では、引張剛性 EA のみで変形に抵抗するトラス要素が用いられることが多い。トラス要素は微小変形理論で定式化されているため、軸方向の伸びに対してのみ抵抗力が発揮でき、実現象で生じるハンモック形状の斜め方向の伸びには全く抵抗しない(図-1)。

改良地盤では、改良体間の相対変位は比較的小さく、ジオシンセティックの斜め方向の伸びが卓越する。この状況を表現するため、ソリッド要素(平面または立体)を用いてモデル化した。

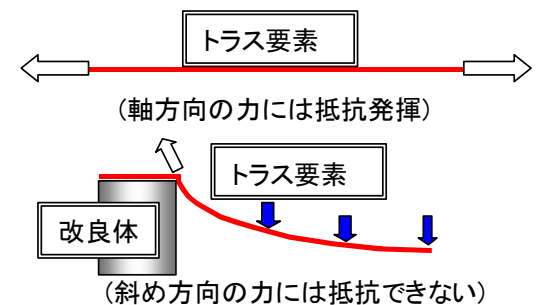


図-1 トラス要素でのモデル化の問題点

3. 二次元弾性 FEM 解析を用いた沈下量の算定

検討対象は図-2 に示す正方形配置の改良体(直径 1m)の上面にジオシンセティックを敷設する併用工法である。未改良部の沈下が最大となる中心を通る断面のジオシンセティックをモデル化した。二次元のソリッド要素でモデル化する際に、厚さが大きくなると曲げ剛性の影響が無視できなくなるため厚さを 1cm と薄めに設定した。

MIDAS を用い、ジオシンセティックの EA と最大沈下量との関係を求めるため、ジオシンセティックの表面に盛土相当の分布荷重を与える方法(図-3)で二次元の弾性 FEM 解析を実施したところ、数 m レベルの非現実的な沈下量が計算される結果となった。

このため検討条件を再度見直したところ、今回の载荷条件ではジオシンセティックに大きな伸びが発生するため、用いた FEM 解析コードが前提とする微小変形理論では対応できないレベルの変形問題となっていることが原因と考えられた。そこで、解析コードを大変形解析が可能な PLAXIS に変更し、同一モデルの計算を行った。代表的な計算結果を図-4 に示すが、力の釣合から計算される伸び量とほぼ類似の沈下が得られ妥当な結果となることが確認された。そこで、この解析手法を用いて、ジオシンセティックの EA と沈下量との関係を改良体の設置間隔(2

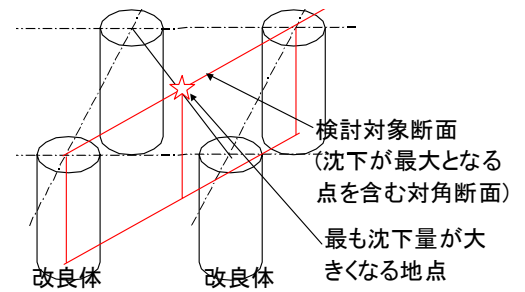


図-2 検査対象断面の抽出

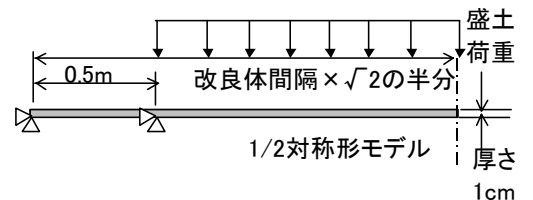


図-3 ジオシンセティックのモデル

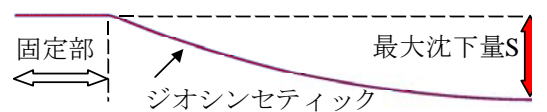


図-4 大変形解析結果の一例(変形図)

～6m)毎に求め直した。計算結果を表-1 にまとめて示す。この計算結果をリファレンスとして、微小変形理論に基づく三次元 FEM コード MIDAS を用いて、この沈下量を再現する方法について検討した。

4. 三次元弾性 FEM 解析によるモデル化検討

二次元 FEM で対象とした平面ひずみ問題を図-5 に示すように単位奥行き
の三次元問題に置換え、二次元 FEM と同様に表面荷重を加え沈下量を求めた。なお、ジオシンセティックを表現

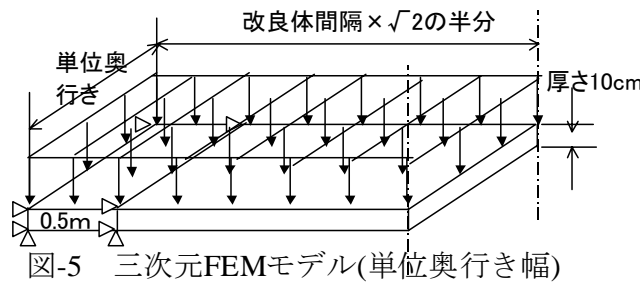


図-5 三次元FEMモデル(単位奥行き幅)

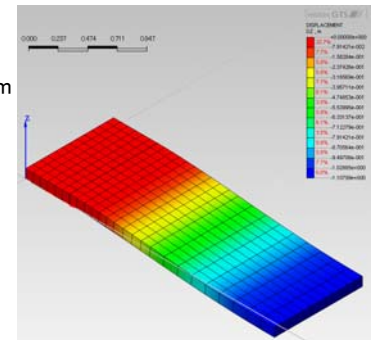


図-6 三次元解析の変形結果例

する立体要素の厚さは、曲げ剛性の影響を抑えるには薄く、計算精度の確保にはある程度の厚みが望ましいため、両者のバランスを勘案して厚さ 10cm に設定した。

改良体間隔毎に相当する形状の三次元モデルを構築し、表-1 に示した沈下量を再現するため、モデルの変形係数をパラメータとした試行検討を行った。厚さ 10cm のモデルで用いるべき変形係数を表-2 に示す。これより、ジオシンセティックの荷重載荷時のたわみを正しく表現するためには、モデル化する材料の EA が同一であっても、三次元解析で用いる変形係数 E を改良体間隔毎にそれぞれ設定する必要があることがわかる。

なお、この手順は、大変形解析ができない一般的な二次元 FEM 解析コードを用いる場合でも同様である。

表-1 二次元 FEM による沈下量算定(大変形解析)

改良体間隔(m)	ジオシンセティックの引張剛性 EA(kN/m)			
	400	1, 000	10, 000	50, 000
2	43.6cm	30.4cm	13.4cm	7.7cm
3	87.0cm	59.1cm	25.7cm	14.8cm
4	171.0cm	110.8cm	47.1cm	27.0cm
6	376.2cm	219.8cm	89.5cm	51.2cm

分布荷重 47.5kN/m² ($\gamma_t=19\text{kN/m}^3$ の盛土高 2.5m 相当)

表-2 三次元モデルの変形係数(kN/m²)

改良体間隔(m)	ジオシンセティックの EA(kN/m)			
	400	1, 000	10, 000	50, 000
2	27, 500	39, 900	90, 600	158, 100
3	83, 300	122, 800	282, 600	490, 300
4	239, 200	369, 100	869, 100	1, 513, 100
6	629, 100	1, 076, 700	2, 643, 200	4, 624, 800

※モデル層厚 10cm, 分布荷重 47.5kN/m²

5. 沈下低減効果の三次元 FEM 解析事例

三次元 FEM モデルで、改良体と未改良部との不同沈下量がジオシンセティックにより低減される効果を解析した事例を図-7 に示す。モデルは 4 本の改良体に囲まれた範囲の 1/4 対称形モデルである。盛土荷重により生じる不同沈下量(図-8)が所定のレベルにおさまるように、適切なジオシンセティックを選定する。

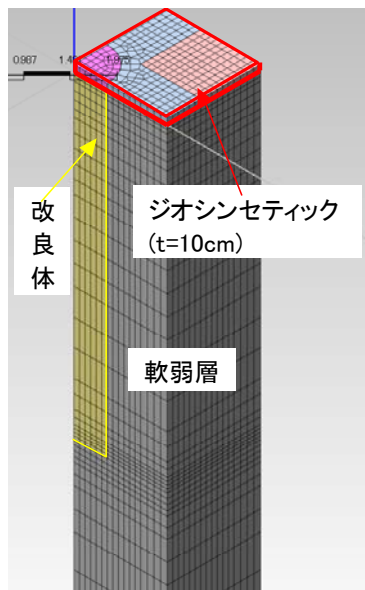


図-7 ジオシンセティックによる沈下低減検討モデル(1/4対称形)

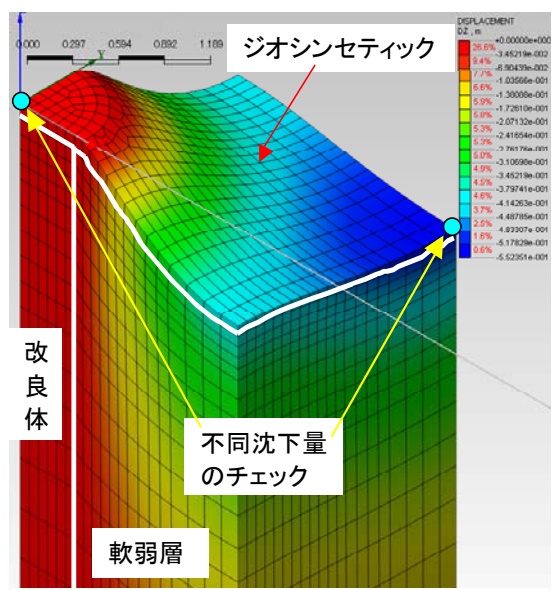


図-8 ジオシンセティックによる沈下低減の評価事例

6. まとめ

大変形解析ができない一般的な三次元 FEM を用いてジオシンセティックの沈下低減効果を評価するための便宜的な解析手法およびそのモデル化手順について紹介した。

今後は、ジオシンセティックの沈下低減効果をより簡便に表現する方法についても検討して行きたい。