

掘削に伴う先受ルーフの支持機構と周辺地盤への影響に関する有限要素解析 “The finite element analysis of foregoing pipe-roof protection for excavation of grounds and bearing capacity of surrounding soils”

○外木場 康将*, 森田 修二*, 岡島 賢治**, 田中忠次**
Sotokoba Yasumasa, Morita Syuji, Okajima Kenji, Tanaka Tadatsugu

1. はじめに

農業用水路の構築手法の一つとして、鉄道や道路の直下にボックスカルバートを構築する先受ルーフ工法が提案されている(図-1)。本工法は、地盤に先受させたルーフとボックスカルバートを交互に推進することにより、浅土被り下においても地表面への影響を最小限に構造物を築造することができる。しかし、この工法の課題として先受ルーフと地盤の支持力の関係、地表

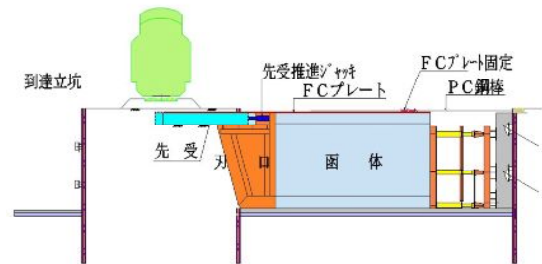


図-1 工法概要図

面や周辺地盤への影響を明らかにする必要がある。そこで、本研究では掘削に伴う微小変形から破壊までの連続的な解析に有効な数値解析手法を確立し、土質模型実験との比較から、先受ルーフ工法への数値モデルの適用性を検討する。

2. 土質模型実験の概要

模型実験装置を図-2に示す。実験装置は平面ひずみ条件下で、サイズは幅1.6m、奥行き0.4m、高さ1.3mである。地盤材料は5%含水比の豊浦砂を用い、平均相対密度が60%になるように土層を作成した。先受ルーフにはアルミニウム板を用い、厚さが0.5mm、土層への先受長は10cmとした。上載荷重は、鉛の散弾を4.14 kN/m²になるように均一に設置し、掘削は箱を引抜くこ



図-2 土質模型実験

とにより表現した。実験は、1) 土層・アルミ板を作成、2) 散弾を均一に設置、3) 箱を引抜き、応力を開放、4) 土層・アルミ板の変形および土層の破壊形態を測定の手順で行う。

3. 数値解析の概要

数値解析手法として、有限要素解析を実施する。図-3に計算メッシュ図を示す。計算は実験と同様に平面ひずみ条件下で、要素数は4773、節点数は4930である。今回、数値解析手法の適用性を検討するため、地盤のモデル化を

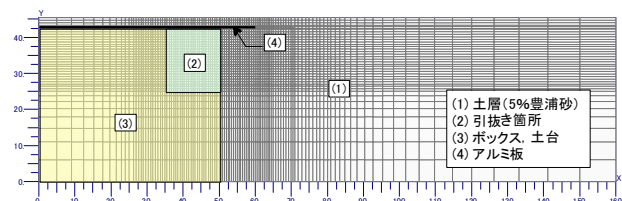


図-3 計算メッシュ図

Type-1: 弾完全塑性体 (ピーク内部摩擦角), Type-2: ひずみ硬化・軟化, 異方性を考慮した弾塑性体, Type-3: Type-2の条件にせん断帯を考慮した弾塑性体の3種類想定した。なお、降伏関数には Mohr-Coulomb 型モデルを、塑性ポテンシャルには Drucker-Prager 型モデルを採用し、有限要素は1点積分の4節点アイソパラメトリック要素を用いた。非線形解析は、implicit-explicit 混合型の動的緩和法とリターンマッピング法を結合させたものを

*株式会社奥村組, Okumura Corporation, **東京大学大学院, The University of Tokyo

用いた。地盤には explicit 型の要素, アルミ板とボックスには implicit 型の要素を適用した。解析に使用した各物性値を表-1 に示す。

表-1 各物性値

	弾性係数 (kN/m ²)	せん断弾性係数 (kN/m ²)	ポアソン比	単位体積重量 (kN/m ³)	平均相対密度 (%)	粘着力 (kN/m ²)	ピーク内部摩擦角 (deg)	残留内部摩擦角 (deg)	せん断帯幅 (mm)
地盤(豊浦砂)	6.00E+04	2.31E+04	0.3	15.0	60	1.00E+02	50	34	3
アルミ板	7.10E+07	2.96E+07	0.2	27.5	-	-	-	-	-
ボックス	2.50E+07	1.04E+07	0.2	24.5	-	-	-	-	-

4. 実験結果と解析結果

地盤崩壊直後(開口距離 67.5mm)の地表面の沈下量について、実験及び解析結果を図-4 に示す。各解析結果より Type3 が最も実験値に近いことがわかる。しかし、Type3 と Type2 の結果の差はわずかである。これは、今回の検討では、地盤崩壊部のメッシュサイズが 4.5×4.5mm と小さく、豊浦砂のせん断帯幅 3mm と大きさに違いがないからといえる。しかし、実現場へ数値モデルを適用

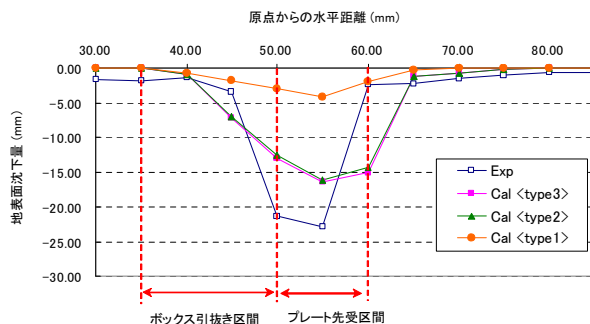


図-4 地表面沈下量一覧

する際には、メッシュサイズが大きくなるため、せん断帯の発生に起因するメッシュ依存性に注意を払わなければならない。以上のことを踏まえ、Type3 のせん断帯の影響を考慮したひずみ硬化・軟化モデルが最も適用性があるといえる。なお、同図より Type3 及び Type2 での解析結果が、実験結果に比べ広範囲にわたり沈下している。これは、実験での土層-アクリル板間に働く摩擦の影響と考えられる。

次に、Type3 での最大せん断ひずみ分布と実験でのせん断帯の発生機構について比較する。図-5 は箱を 67.5mm 引抜いたとき(地盤崩壊直後)の実験及び解析結果である。図-5(左)より、せん断帯はループの先端から土層境界面に

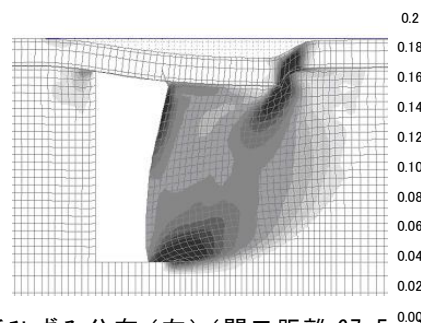
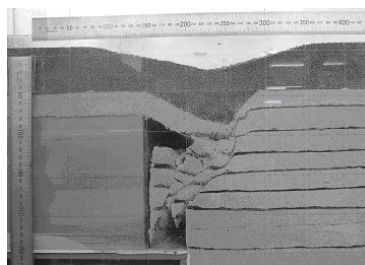


図-5 せん断帯(左)と最大せん断ひずみ分布(右)(開口距離 67.5mm)

沿って発生しているのが伺える。一方、図-5(右)より解析結果にも同様の傾向がみられる。これより、解析結果は、せん断帯の発生機構をある程度模擬できており、本数値モデルの有効性が確認できた。

5. まとめ

本研究では、先受ループ工法の地盤挙動解析に有効な解析手法の確立を目的に、各種有限要素解析と土質模型実験を実施した。結果、せん断帯を考慮したひずみ硬化・軟化モデルが最も適用性があることがわかった。今後、スケール効果の検討、施工に則した模型実験、3次元解析の実施などから、精度のよい解析手法の確立を目指したい。

参考文献

・田中忠次, 阿部剛士: 斜面崩壊実験の弾塑性有限要素解析, 農業土木学会論文集, No237, pp21-30, 2005