

非開削函体築造工法における地盤掘削に関する現場実測と有限要素解析 “The Actual Measurements and Finite Element Analysis about Excavation of Grounds in The Trenchless Box Culvert Construction Method”

外木場 康将* , 岡島 賢治** , 田中 忠次**

SOTOKOBA Yasumasa, OKAJIMA Kenji and TANAKA Tadatsugu

1. はじめに

農業用排水路の大規模化において、既設線路や道路を供用したまま直下にボックスカルバートを構築するケースが増加している。代表的な工法の一つに、非開削函体築造工法がある。しかし、本施工法に従来の設計手法を適用した場合、1)地盤と構造物の相互作用、2)掘削による地盤の支持力の評価、3)現場計測のフィードバックを表現できず新たな計算手法が望まれている。これまで、当課題に対して、地盤の特性を考慮した弾塑性有限要素解析を採用し、非開削函体築造工法を模擬した模型実験と実験の再現計算を行い、計算手法の有効性の検証を実施してきた¹⁾。そこで今回、実験レベルから現場レベルへ規模を拡大し、施工を再現した数値計算を実施する。計算結果と施工時の現場計測を比較し、現場レベルでの数値解析手法の有効性を確認し、さらに実現場での施工の安全性を判断する。

2. 現場実測の概要

非開削函体築造工の一つであるR&C工法を代表し、現場実測を行う。図-1に工法概要図を示す。函体の寸法は、幅19.3m×高さ7.6m×長さ18.0m(鉄道盛土直下延長10.4m)で、土質条件は、主にローム層と粘土混じり砂礫から構成される。計測はこれまでの研究結果¹⁾をもとに、地表面沈下計、箱型ルーフ内部に傾斜計と土圧計を設置し、施工縦断方向に3箇所、横断方向に3箇所の計9箇所設置する。図-2に計測配置縦断面図、図-3に土圧計・傾斜計の設置状況を示す。なお、土圧計に関しては、ルーフ下面から下向きに受圧面を設置することでルーフに作用する土圧を測定する。

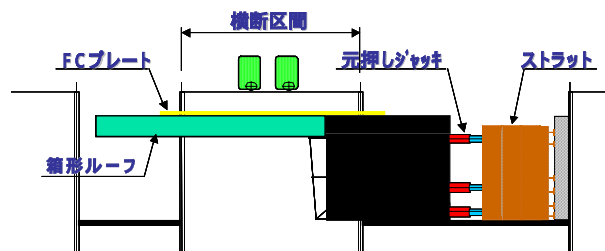


図-1 工法概要図
 Figure of Construction Method

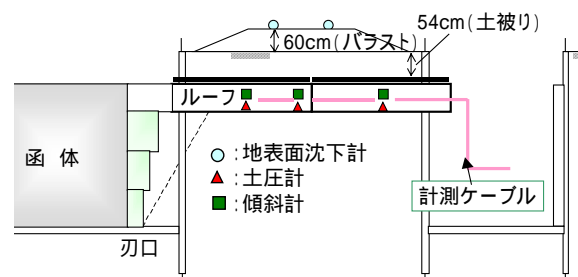


図-2 計測器配置縦断面図
 Arranging Measurement Equipments

3. 数値解析の概要

解析には2次元弾完全塑性有限要素法を用い、構成式として降伏関数にはMohr-Coulomb型モデルを、塑性ポテンシャルには平面上に特異点を持たないDrucker-Prager型モデルを適用し、さらにせん断帯の影響を考慮する。地盤は弾完全塑性体で平面ひずみ要素を適用し、土質試験結果をもとに材料特性値を設定する。ルーフ・函体は弾性体の平面ひずみ要素でそれぞれ鋼材・コンクリートの一般的な値を用いる。解析モデルならびに地盤の物性値を図-4に示す。



図-3 土圧計と傾斜計の設置
 Earth Pressure Gauge and Clinometer

*株奥村組, Okumura Corporation, **東京大学大学院, The University of Tokyo

解析は 1)自重と列車荷重 (180kN:M-18 の各軸重に相当) により初期応力を設定, 2)施工のルーフ推進に相当するルーフの推力 (300kN) を作用, 3)掘削に相当する要素の応力値を節点外力に作用 (切羽の掘削長 0.5m の応力開放に相当), 4)切羽土留めのジャッキ圧に相当する荷重 (50kN) を載荷, の手順で行う. なお, 非線形解析には, 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使用する.

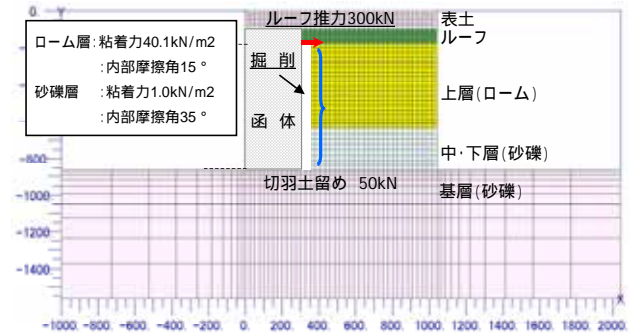


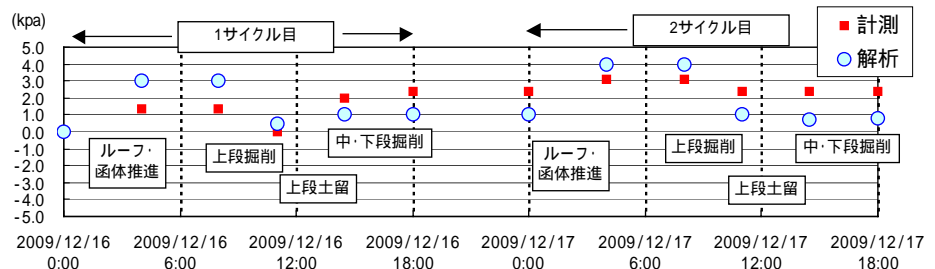
図-4 計算メッシュ
Finite element mesh

4. 結果の比較

図-5 に土圧計測値の変動量と同箇所における解析結果の土圧変動量を示す. 同図より, 土圧変動量には若干の差異は生じているが, 「ルーフ推進時の土圧増加」, 「上段掘削時の土圧減少」, 「中下段掘削時に土圧変動量がほとんど生じない」, などに解析結果と実測結果に同様の傾向が見られる. 次に, 図-6 に解析結果における図-5 の 2 サイクル目の掘削完了時の最大せん断ひずみ分布を示す. 同図より, ローム層と砂礫層の土層層境部の切羽面から地表面に向けて, ひずみが集中していることがわかる. また, 切羽上面から下方へ向かうひずみの集中も見られる. さらに, 砂礫層にはひずみがほとんど生じていないことがわかる. これは, 砂礫層は平均 N 値が 38 で, 内部摩擦角が 35° と比較的安定した土層であるためといえる. 上層ローム層の切羽下部に局部的に最大せん断ひずみが集中しているが, ルーフに伸展するひずみは 5% 程度であり, 破壊に至るものではなく安全と判断できる.

5. まとめ

地盤の特性を考慮した有限要素解析手法を R&C 工法における地盤の掘削～ルーフ・函体推進の現場実証試験



に適用した. 解析結果は, 計測結果の施工ステップに応じた土

図-5 ルーフに作用する土圧変動 (現場実測と解析結果)
Earth Pressure to Roof (Measurement and Calculation)

圧変動を一定評価できており, 実現場への適用性が確認できた. 今後, 詳細な土質調査・試験を行い, ひずみ硬化・軟化則や相対密度などを反映できるより土の特性を考慮した構成式を用いた計算を行い, 精度の良い解析手法の確立する必要がある.

参考文献

1) 外木場康将, 森田修二, 岡島賢治, 田中忠次: 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研究, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会, 616-617, 2009.

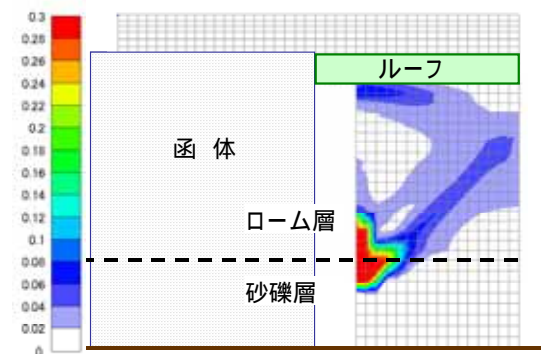


図-6 最大せん断ひずみ分布 (掘削完了時)
The computed maximum shear strain contour line