

低土被りの風化岩におけるトンネル沈下抑制対策

(株)奥村組 正会員 ○外木場康将
 (株)奥村組 正会員 倉田 桂政
 (株)奥村組 正会員 塚本 耕治

1. はじめに

低土被りで地山が不良である区間のトンネル掘削は、トンネルの変形や沈下が大きくその影響が地表面に及ぶため注意が必要である。低土被りの風化岩におけるトンネル掘削区間において、トンネル全体の変形抑制や切羽安定に加え、高規格支保部材による支保効果の早期発現や施工時の支保工沈下抑制も考慮した対策工を実施した。さらにトンネルの各種計測結果とその数値解析により、実施した対策工の効果を確認した。

2. 対策工の概要

対策区間におけるトンネル支保ならびに補助工法の一覧を表-1に示す。ここでは、地山等級DⅡ相当の標準支保パターンに各種対策を追加した。その中でも特に、トンネル全体の変形抑制を目的とした1次インバートによる早期閉合、切羽安定を目的とした長尺先受け工、高強度吹付けコンクリートによる支保の早期強度発現と高耐力化、パイプ式ウイングリブによる施工時の支保工沈下抑制が主な対策である。1次インバートの早期閉合による対策では、150mm厚の吹付けコンクリートとH-200の鋼製支保工を併用し、上半切羽からの閉合距離を5mとした。長尺先受け工は、径76.3mm、長さ12.6mの注入式鋼管フォアパイリングを、天端を中心に120度の範囲に配置した。高強度吹付けコンクリートは標準配合の2倍以上の強度を発現する配合とし、1次インバートや鏡吹付けを含むすべての吹付けコンクリートに適用した。パイプ式ウイングリブは鋼製のコーンを鋼製支保工に取付け、内部を吹付けコンクリートで充填することで支保工脚部の支持面積の拡大を図った。図-1に対策工の施工状況を示す。

3. 対策工の効果の確認

(1) 数値解析による効果の確認

二次元非線形弾性FEM解析により対策工の効果の検討を行った。解析モデルを図-2に示す。解析は対策工有りのケースと対策工が無い標準支保パターンのケースの2ケースを実施した。1次インバート完了時の変形モードおよび鉛直沈下コン

表-1 トンネル支保ならびに補助工法一覧

鋼製支保工	H-200×200×8×12
パイプ式ウイングリブ	h=563mm, t=3.2mm
吹付けコンクリート	36N/mm ² , t=25cm
金網	φ5×150×150
ロックボルト	STD510, TD24, L=4.0m
インバート鋼製支保工	H-200×200×8×12
インバート吹付けコンクリート	36N/mm ² , t=15cm
早期閉合距離(上半切羽～)	5.0m
注入式鋼管先受工法	φ76.3, t=4.2mm, N=23本
注入式鋼管鏡補強工	φ76.3, t=4.2mm, N=11本
鏡吹付けコンクリート	36N/mm ² , t=3cm



図-1 対策工の施工状況

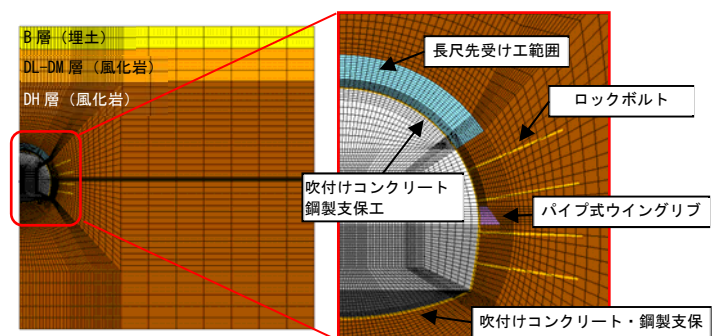


図-2 解析モデル図

キーワード 山岳トンネル, 低土被り, 風化岩, 鋼製支保工計測

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 (株)奥村組 TEL:03-5427-8041 FAX:03-5427-8114

ターを図-3 に、地盤の塑性域の分布状況を図-4 に示す。図-3 より対策を実施したケースでは無対策の場合と比べて、変形ならびに沈下が抑制されていることがわかる。支保工天端沈下に着目すると、無対策時は45.3mm に対し、対策時は10.1mm と78%の低減効果が確認できる。さらに、図-4 から、ゆるみが抑制されたことにより塑性化領域が縮小したことも確認できる。

(2) 現地計測による効果の確認

計測は光波測距儀による水平・鉛直・内空変位測定と鋼製支保工にひずみ計を設置して鋼アーチ支保工応力測定を行った。なお、計測器は表-1 に示す全ての対策工を実施した位置に加え、パイプ式ウイングリブと高強度吹付けコンクリートを実施しない位置にも設置し、結果の比較を行った。

図-5 に支保工脚部の沈下量を、図-6 に支保工脚部に作用する軸力の経時変化を示す。なお、これらの図は、トンネル掘削の影響が強く表れる切羽から2D 通過時までの初期段階に着目し、計測開始から20 日間までの結果である。図-5 より、計測初期段階に、対策を全て実施した断面において、鉛直沈下量が少ないことがわかる。また、図-6 でも同様に計測初期において、対策を全て実施した断面の鋼製支保工に作用する軸力が2～3 倍程度大きいことも確認できる。図-7 は沈下量を横軸にそのときの鋼製支保工に作用する軸力を縦軸に計測値をプロットしたものである。同図より、鋼製支保工に作用する軸力が同じであれば、対策を全て実施したケースの沈下量が小さいことがわかる。これは、掘削時に発生する緩み土圧等の荷重の一部をトンネル支保が負担していると推測され、対策による効果を確認できた。

4. まとめ

数値解析と計測結果から、低土被りでの風化岩におけるトンネル沈下対策の効果が確認できた。今後、様々な現場で計測データを評価・分析し、施工性や経済性にも配慮した対策工を提案していく必要がある。

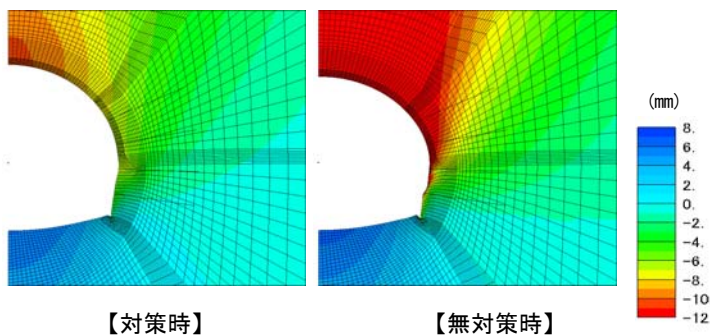


図-3 変形および鉛直沈下コンター図

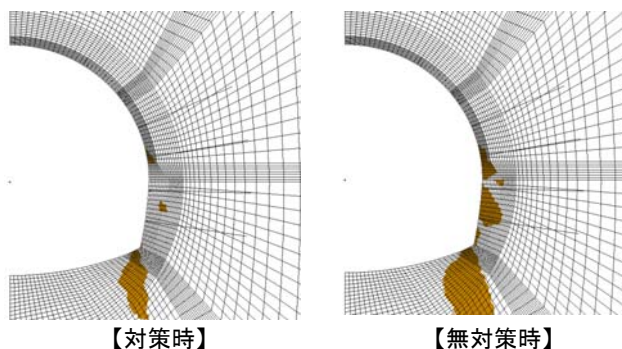


図-4 トンネル周辺地山の塑性化領域

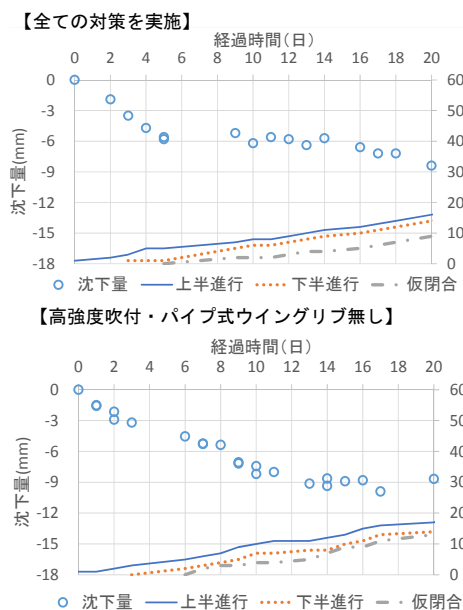


図-5 支保工脚部の沈下量

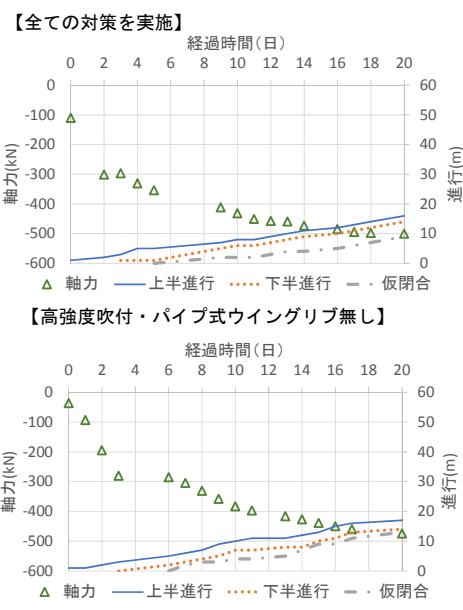


図-6 支保工脚部に作用する軸力

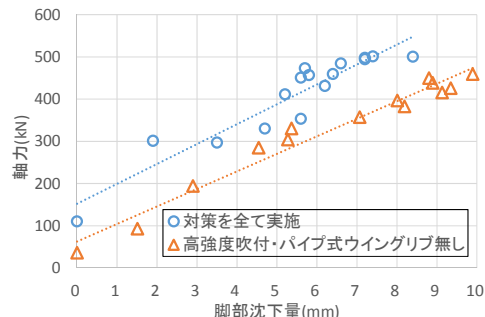


図-7 支保工脚部の荷重-変位関係