

脆弱泥岩地山におけるトンネル施工について

国土交通省関東地方整備局 正会員 竹渕俊和

大成建設(株) 正会員○一枝俊豪 大塚勇 市田雄行 小原伸高

正会員 吉野兼央 山岡尊則 田端大人

1. はじめに

城山トンネルは、静岡県静岡市～長野県小諸市を結ぶ中部横断自動車道のうち、富沢IC～六郷IC間に位置する二車線道路トンネルである。基質岩盤である醍醐山累層は凝灰岩、砂岩を主体とし、泥岩を伴う(図-1)。土被りが80mを超えた付近より粘性の高い非常に脆弱な泥岩が出現し、トンネルに想定以上の大変形が生じた。このため、支保工の高強度化や早期閉合により変位の抑制を図り掘削を進めたが(図-2)、強大な地圧により支保が変状し(写真-1)、支保の増強と対策・縫い返しが余儀なくされた。また、切羽で実施した水平ボーリングの結果より、その後も同様な地質が続くことが確認され、かつ土被りも大きくなるため、当該区間の特殊支保パターンを設計した。具体的には、変状区間の計測変位を元に地山物性値を再現解析により同定し、大土被り区間の支保パターンを予測解析により設定した。

2. 再現解析

二次元 FEM 逐次掘削解析により、変状区間における A 計測結果を再現し、地山物性値を同定した。変状区間における代表的な計測結果を図-3、解析モデルおよび同定した物性値を図-4 に示す。計測結果より、上半掘削時の初期変位が非常に大きく、長期間変形が続いている。これは、支保の剛性が不足し、強大な地圧に支保が耐え切れず変状した結果である。再現解析では、上半掘削時・下半掘削時・インバート掘削時の計測結果を再現した。

計測値と解析値の変形モードの比較を図-5 に示す。これより、全測点が内空側へ変位している計測結果を精度良く再現できている。

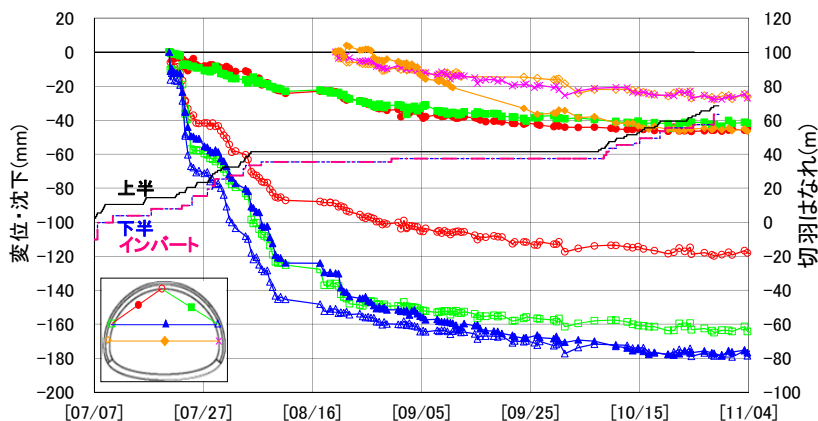


図-3 計測結果(再現解析断面)

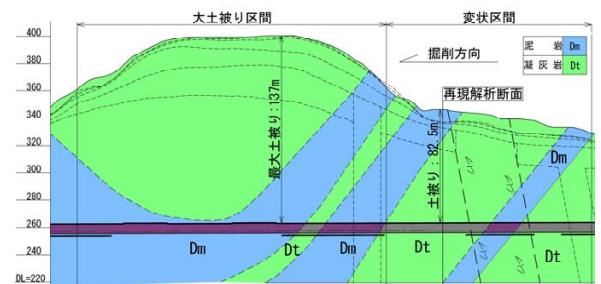


図-1 地質縦断面(変状区間・大土被り区間)

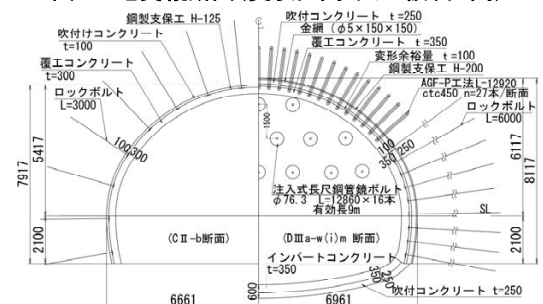


図-2 変状区間標準断面図(左:当初 右:実施)



写真-1 インバート吹付の変状

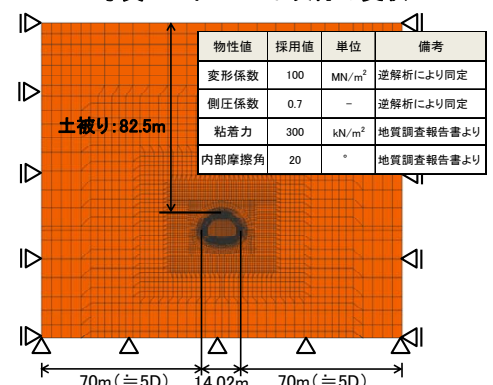


図-4 解析モデル

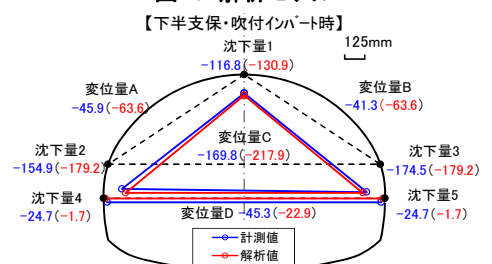


図-5 再現解析結果(変形モード比較)

キーワード 大土被り, 脆弱地山, 二重支保工

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 (新宿センタービル) 大成建設(株) 土木設計部 TEL 03-5381-5296

4. 大土被り区間の予測解析

変状区間にて同定した物性値を用いて、最大土被り断面(土被り137m)における予測解析を実施した結果、二重支保工の採用に至った。

大土被り区間の施工サイクルを図-6に、設定した支保パターンを図-7に示す。以下にその概要を列挙する。

- ・掘削は補助ベンチ付き全断面工法とし、切羽後方6mでインバートストラットによりリング閉合する際、同時に二次支保工を施工し、早期断面閉合を図った。
- ・剛性の高い高強度吹付コンクリート ($\sigma'_{ck}=36\text{N/mm}^2$) および高耐力ロックボルト (SP24, $L=6.0\text{m}$, 降伏荷重 297kN 以上) を採用した。
- ・隅角部への応力集中による支保の変状を避けるため、過去の施工事例を参考に、インバート半径比は1.5とした(当該断面の地山強度比は約0.3)。
- ・施工時の切羽作業の安全性確保から、上半および下半に長尺鏡ボルトを採用した。

二重支保工の施工状況を写真-2に、土被り約100mの断面におけるA計測結果を図-8に示す。二重支保工の採用により、内空変位は80mm程度で安定しており、支保工の変状も生じていないため、支保全体の健全性が確保されているといえる。

今後、さらに土被りの大きな断面において、地山内部や一次・二次支保工の挙動を把握し、採用した支保構造が地山と適合しているか判断するため、詳細な計測工を実施する予定である。

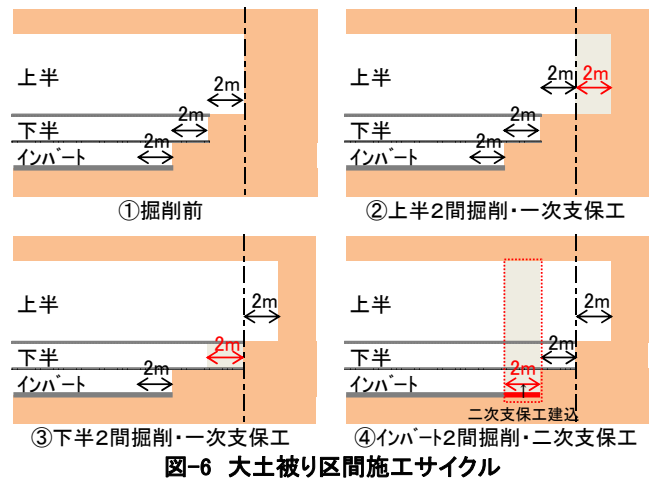
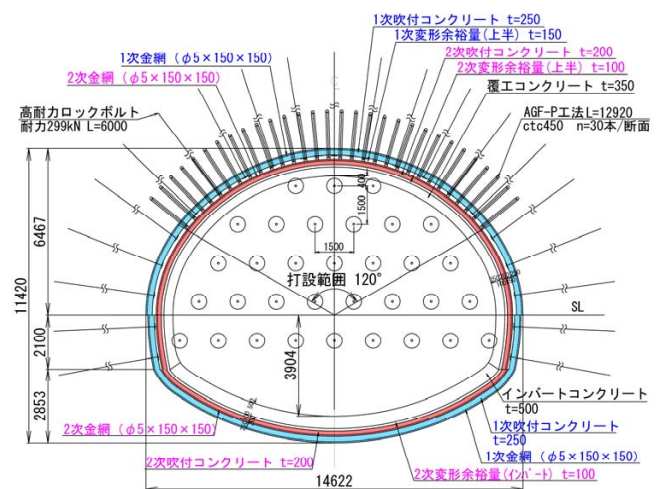


図-6 大土被り区間施工サイクル



項目	仕様	項目	仕様	項目	仕様
吹付けコンクリート 設計基準強度	36N/mm ²	構造半径比 Ri/Ru	1.5 (準円形)	上半	一次目: 150mm 二次目: 100mm
一次 支保工	上半 t=250 H-200 下半 t=250 H-200 インバート	二次 支保工	上半 t=200 H-150 下半 t=200 H-150 インバート	変形 余裕量	上半 一次目: 75mm 二次目: 100mm 下半 一次目: 0mm 二次目: 100mm

※ Ri: インバート半径
Ru: 上半半径

図-7 大土被り区間の支保パターン



写真-2 二重支保工施工状況

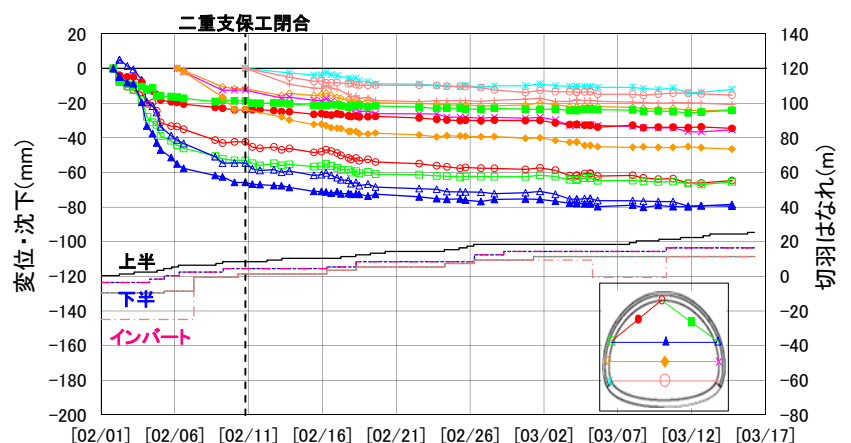


図-8 大土被り区間の計測結果(二重支保工)

5. おわりに

本トンネルにおいて現れた脆弱泥岩地山に対し、既施工区間における再現解析を元に予測解析を実施し、特殊支保パターンを設定した。現在、大土被り区間を二重支保工で施工中であり、計測結果や施工の詳細については再度報告する予定である。