

付加体の押出し性蛇紋岩における二重支保（地芳トンネル第2工事）

200220690 清水建設(株) 土木事業本部技術第2部 正会員 ○多川 博章 山本 和義
清水建設(株) 四国支店土木部 正会員 大原 誠
国土交通省 四国地方整備局 宮脇 工

1. はじめに

四国カルスト直下の地芳トンネルで、押出し性の著しい角礫状～粘土状蛇紋岩の断層に遭遇した。当該箇所は土被りが250mあるため、強大な土圧が作用し、変形の抑制と支保の健全性を確保するため、我が国で最も支保剛性の大きな支保パターンが要求された。支保パターンは二重支保工 H-250+H-250、吹付けコンクリート 30cm+30cm=60cm（高強度 36N/mm²、鋼繊維補強）、長尺フェイスボルト（L=12m）、注入式長尺鋼管フォアパイリング（L=12m）、仮インバート（H-250、吹付け 30cm）、変形余裕量 50cm が必要となった。本稿は、計測データを中心として、押出し性地山における二重支保の効果について述べるものである。

2. 蛇紋岩の物性値

断層に遭遇した箇所の土被りは250mであり、地質は多少のメランジェが認められるが、大部分は葉片状～粘土状蛇紋岩である。事後の地質調査結果は、変形係数 150MPa 以下、粘着力約 50kN/m²、内部摩擦角 20～30°と非常に小さな値を示している。また、掘削時の状況としては湧水がほとんどなく、かなり低い含水比であった。岩の色調としては葉片状蛇紋岩では暗緑色、粘土状蛇紋岩では淡緑色を示した。また、粘土状蛇紋岩では水により瞬時に溶解した。蛇紋岩を構成している鉱物は蛇紋石（50%）、滑石（20%）、緑泥石（20%）、その他方解石と磁鉄鉱であり、粘土鉱物が90%を占めていた。そのうちス멕タイト類は20%である。

3. 内空変位の特性

地芳トンネルでは蛇紋岩の断層の前に、破碎されたメランジェでも大きな変位が計測されている。切羽3m時点の変位と最終変位の関係を図-1に示す。蛇紋岩に突入した段階でそれまで3m変位は20mm以下だったものが65mmまで急激に増加した。この部分は最終的には320mmとなり、縫い返しを余儀なくされた。なお、当該箇所の支保はH-200（75cmピッチ）、吹付け25cm、フォアパイリング120°範囲の高剛性のものであった。

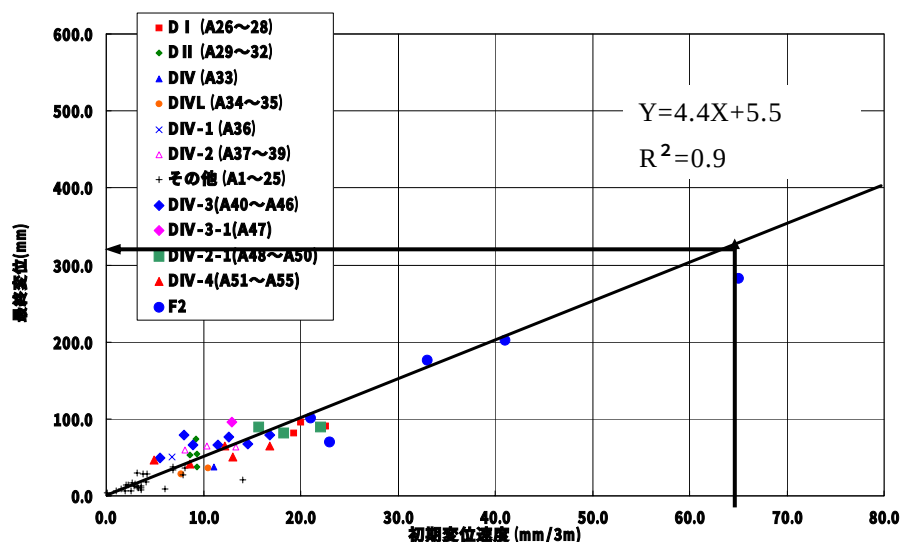


図-1 3m変位と最終変位の相関（内空変位）

4. 高剛性二重支保

本トンネルでは、内空変位が60mmに達するとロックボルトが変状し、120mmに至ると吹付けの剥脱が発生していた。最終変位の予測値から同定解析した結果は、変位の抑制は困難であり、部材応力は特に鋼製支保工で極限応力を上回ることが予測された。その対策として支保剛性をあげると共に、吹付けコンクリートを高強度鋼繊維補強とし、吹付けコンクリートにも曲げモーメントを負担する支保構造を設定した。図-2に設定した支保パターンを示す。

キーワード 押出し性地山、二重支保、高強度鋼繊維補強吹付け、インバート応力

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 清水建設(株) 土木事業本部 技術第2部 TEL03-5441-0567

支保としては、鋼製支保工 H-250+H-250@750、吹付けコンクリート 30+30=60cm (36N/mm^2 、鋼繊維補強)、先行支保として長尺鋼管フアハ°リング (150°範囲)、フェイスボルト 13 本 (L=12m)、変形余裕を上半で 50cm、下半 25cm とし、閉合を早める意味でインバートストラット(H-250)、インバート吹付け(25cm)の我が国最大級の支保を実施した。施工方法としては外側の支保を 2.25m 先行し、その後内側の支保を施工した。掘削工法としては上半先進で 2 シフト (18m) 掘削した後、1 シフト (9m) の下半および仮インバートおよび本設インバートを施工する方式で早期閉合を図った。

5. 計測結果

上半水平変位は、最大で 205mm、天端沈下は 120mm 程度発生したが、インバートの施工により収束した。

外側の吹付けコンクリートは外側支保施工時には圧縮を示したが、内側支保を設置しインバートを施工すると両肩部は引張りに転じた。鋼製支保工の曲げモーメントの分布と整合できている。また、中立軸が内側と外側の中間に移行していることを示唆している。吹付けコンクリートも鋼製支保工も内側の軸力が大きく、内側支保は有効に作用していることが確認できた。(図-3)

地中内変位は両肩部では 3m 付近から急激に増大し、天端ではほとんど発生していない。内空変位から実施した逆解析結果と非常に良い対応を示した。(図-4)

吹付け応力は最大で 12N/mm^2 、鋼製支保工応力は 115N/mm^2 であり、いずれも極限応力の 1/2~1/3 であり、支保の健全性は確認できた。

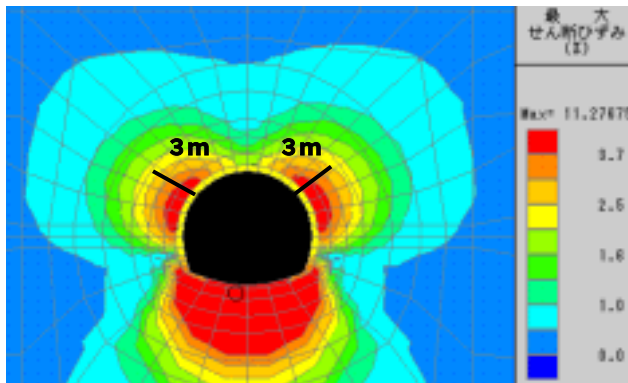


図-4 逆解析せん断ひずみ分布

6. おわりに

押出し性山地での二重支保については、縫い返しの先取りの安全性の確保と、支保の健全性の確保の 2 つの視点がある。現実には真の土圧を負担できる支保の健全性の確保が重要である。

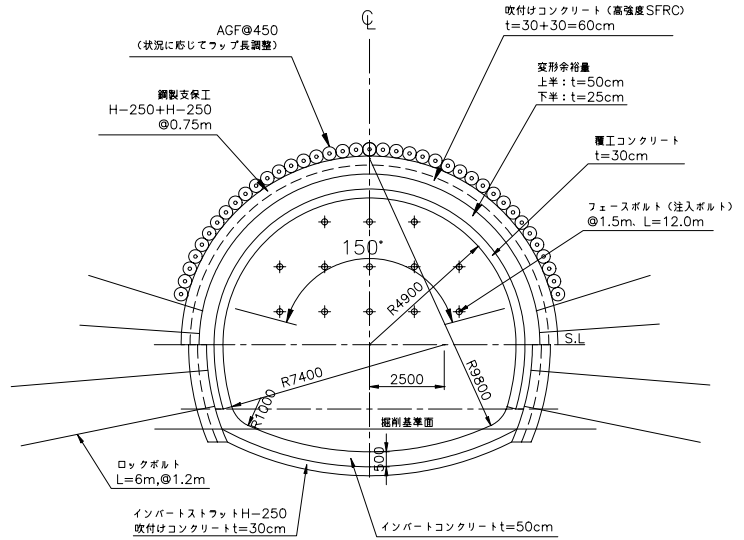


図-2 二重支保パターン図

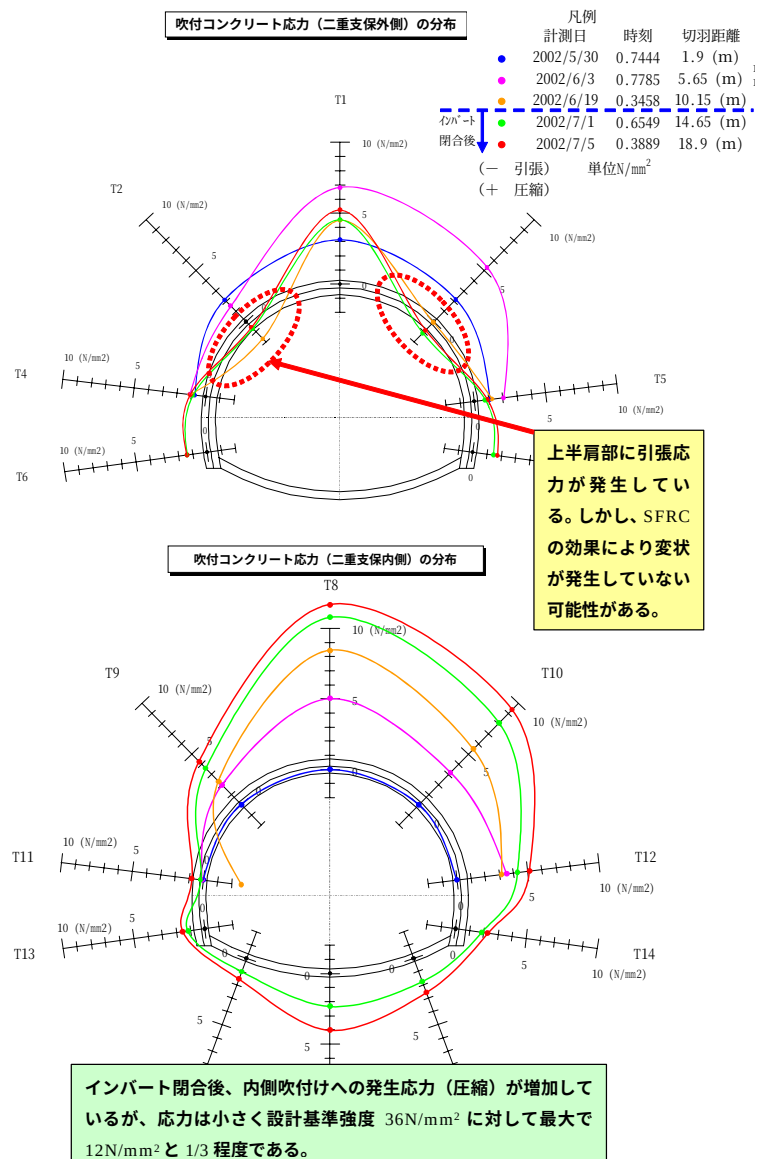


図-3 吹付けコンクリート応力分布