

新幹線トンネルにおける高規格支保工の検証 ―九州新幹線俵坂トンネルでの施工―

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 ○直江 久永 中嶋 啓太
正会員 外山 真 上野 光

1. はじめに

高規格支保工は、支保材料の強度などの性能を高めることにより、剛性の課題はあるが、部材の大きさや厚みを小さくしても標準的な支保工と同程度の耐力を得ることができる。新幹線トンネルは、道路トンネルに比べトンネル形状がより円形に近く、支保内圧効果を優位に利用することができると考えられる。本稿では、施工中の新幹線建設中のトンネルで実施した標準支保工と高規格支保工について、施工計画および計測を含む試験施工結果を報告する。

機構では九州新幹線(西九州ルート)の武雄温泉，長崎間（延長 67km）で建設工事を現在進めている。

試験施工を実施した俵坂トンネルは佐賀県と長崎県の県境に位置し（図-1），全長 5.7km を 2 工区に分割施工している。トンネルは古第三紀の泥岩よりなる杵島層群を基盤とし，上位を新第三紀～第四紀の火山岩類が覆う地質構造（図-2）である。

試験施工を実施した西工区においては，地山中に局所的に挟在する破碎した泥岩による切羽崩落，地山の塑性流動化に伴うトンネル内空への地山の押出しによって最大 500mm 程度の内空変位が生じた。このため，トンネル施工にあたっては，これら内空への押出しを防止し，経済的かつ迅速な施工が可能な，長期的に安定性の確保できる支保工（支保パターン）の設定が課題であった。

2. 施工計画

(1) 地質評価

試験位置はコアボーリングによる切羽前方探査で地山状況を確認し決定した。実施位置では，劣化した泥岩および破碎性泥岩が頻繁に挟在されており，切羽不安定化やトンネル内空への大きな押出しが懸念される「IS～特S地山」が連続する地山状況と判断した。なお，試験施工位置の土被りは 50m 程度であった。

(2) 施工および計測の評価

今回の標準支保工と高規格支保工は，支保内圧算定式による検討で同程度の耐力を有する（表-1）。両者の実施工での性能比較は，実施



図-1 俵坂トンネル位置

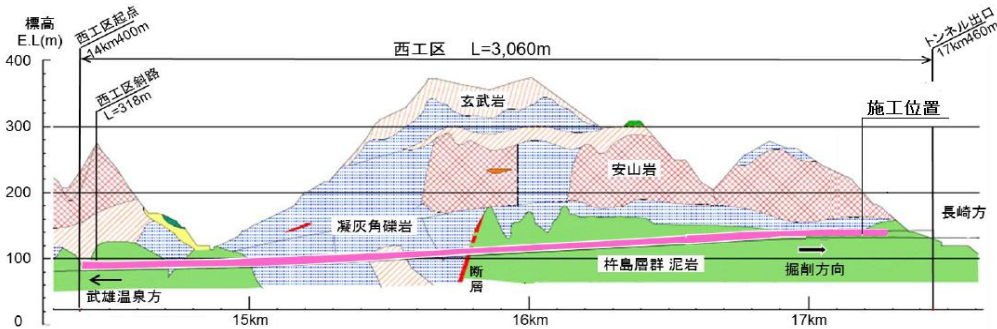


図-2 俵坂トンネル西工区地質縦断

表-1 支保パターン

支 保	標準支保工	高規格支保工
鋼製支保工	H200×200×8×12 (SS400) CTC1.0m	HH154×151×8×12 (HT590) CTC1.0m
吹付けコンクリート (分割練り混ぜ方式)	18N/mm ² (厚 25cm)	36N/mm ² (厚 15cm)
ロックボルト	上) 4.0m×14 本 下) 4.0m×8 本 (SD345)	上) 4.0m×14 本 下) 4.0m×8 本 (SD345)
支保内圧(比率)	1.00	1.19
経済性(比率)	1.00	0.92

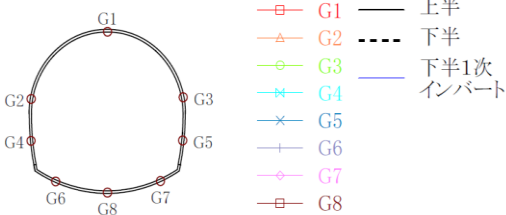


図-3 計測位置および凡例

キーワード 山岳トンネル，泥岩，計測，高規格支保工，支保パターン

連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 (横浜アイランドタワー) (独) 鉄道・運輸機構 TEL045-222-9075

工時の吹付けコンクリート強度，サイクルタイム，内空変位計測（A計測）および吹付けコンクリート応力，鋼製支保工軸力（図-3：箇所/断面）などの計測結果により検討することとした．吹付けコンクリートは両支保工とも分割練り混ぜ方式を採用する当機構の高品質コンクートをを使用した．

3. 施工結果

(1) 施工状況

施工位置の切羽は，破碎性泥岩部分が少なかったことに加え湧水も少なく，切羽の自立性は比較的良好であったが，亀裂面に沿って岩塊の抜け落ちや小崩落が発生した．

高規格支保工は標準支保工と比べて鋼製支保工の重量および吹付け厚ともに小さく，掘削土量の低減およびサイクルタイムの短縮を確認できた．

(2) 計測結果

計測結果の最大値を示す（表-2）．内空変位・沈下量は標準支保工，高規格支保工ともにほぼ同じ値となっているが，吹付けコンクリートや鋼製支保工にかかる応力は高規格支保工のほうが小さい．

①吹付けコンクリート応力計測結果

通常支保工および高規格支保工の吹付けコンクリート応力測定結果を示す（図-4，図-5）．期待した値より小さなものでばらつきも大きい，概ね双方で発生した応力はほぼ同程度であった．双方とも掘削直後より応力は緩やかに増加傾向を示す．一次インバート併合後の上下半部の経時変化に注目すると，標準支保工では徐々に応力が増加（0.3(N/mm²/日)）しており未収束だが，高規格支保工は併合後7日程度で応力増加速度（0.2(N/mm²/日)）がやや低下し，ほぼ収束している．

②吹付けコンクリート強度試験結果

高規格支保工の36N/mm²の吹付けコンクリートは，18N/mm²に比べて，3時間，24時間，28日後の実強度が，いずれも10%～20%程度大きかった（表-3）．

③鋼製支保工軸力計測結果

鋼製支保工にかかる軸力は，最大値を計測した位置はいずれも天端(G1)であり，吹付けコンクリート応力最大値の位置とずれが生じたが，吹付けコンクリートとほぼ同様の経時変化を示した．

4. おわりに

各種測定応力結果により，発生した応力や変位に多少バラつきはみられるものの，高規格支保工と標準支保工は，ほぼ同様の支保性能を有していると判断できる．また，高規格支保工では吹付けコンクリート応力の変位収束傾向がより早く認められており，吹付けコンクリート強度の早期発現が掘削直後の地山の変形領域を低減した結果と考えられる．なお，計測は今後，本インバート施工後も継続して実施し，長期的なトンネル安定性を含めた高規格支保工の性能評価を継続していく予定である．さらに，支保工の剛性の評価，ロックボルトの規格等を検討し，新幹線トンネルへの適用について深度化する所存である．

表-2 計測結果(最大値)

支 保	標準支保工	高規格支保工
天端沈下	4.2mm	4.8mm
上半内空変位	11.1mm	11.4mm
吹付けコンクリート応力 (計測位置)	5.7N/mm ² (G2 圧縮)	4.4N/mm ² (G3 圧縮)
鋼製支保工軸力 (計測位置)	330kN(G1 圧縮)	290kN(G1 圧縮)

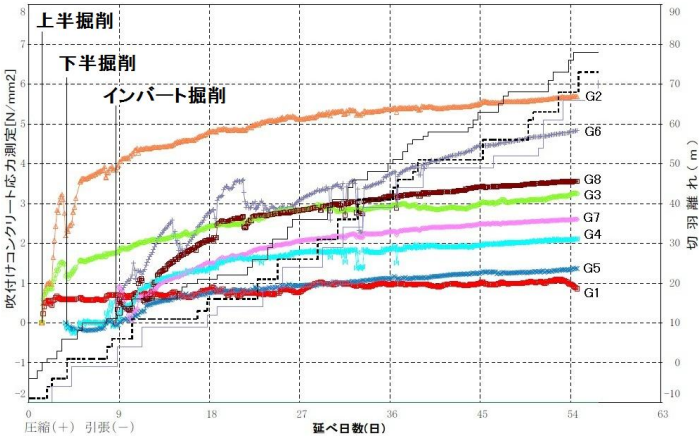


図-4 吹付けコンクリート応力（標準支保工）

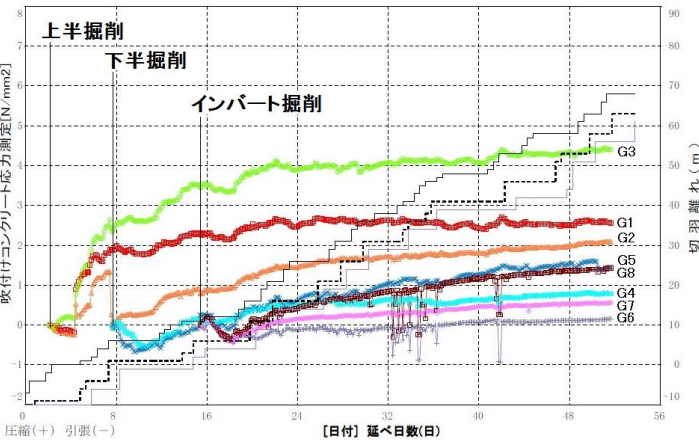


図-5 吹付けコンクリート応力（高規格支保工）

表-3 吹付けコンクリート強度試験結果

経過時間	強度試験結果(N/mm ²)	
	標準支保工	高規格支保工
3時間	3.1	2.6
24時間	11.2	11.4
28日	25.1	39.2