

三波川帯低強度地山の山岳トンネル掘削について

中日本高速道路㈱ 豊川工事事務所

大嶋健二

清水建設㈱ 名古屋支店

正会員

○野村洋人

児玉泰樹

清水建設㈱ 地下空間統括部

正会員

楠本太

1. はじめに

鳳来トンネルは、トンネル壁面離隔が19mの双設トンネルで中央構造線の南側1.5kmに位置し、地質は中生代白亜紀前期の三波川帯に属している。図-1に上り線の地質縦断図を示すが、その岩質は泥質の黒色片岩、塩基性の緑色片岩が主体であり、全線にわたって湧水量は比較的少ない。この中のSTA.491+20付近からトンネル軸方向約730mにわたって、自立性の低い粘土質の大規模な地質不良部が出現した。ここでは、土破りが約150mと大きく、地山強度比が1を下回り押し出し性を有する低強度地山の山岳トンネル掘削について報告する。

2. 補強工およびパターン変更による対応

泥質な黒色片岩が占めるSTA.491+40(TD587)付近は、表-1に示すCⅡ-a-B(H)、DⅠ-a-B(H)を用いての補助ベンチ付き全断面工法の爆破掘削となっていた。STA.490+80付近より滑石(粘土)を伴う変質帯が出現し、初期変位速度は10mm/dayを超えるようになった。このため、既掘削部はロックボルトの増打ちによる補強工を、新規掘削部は変形余裕量を10cmや15cmとするDⅡパターンを設計し対応した。しかし、変形は収まらず、図-2に示すようにDⅡ部の初期変位速度は20mm/dayを超え、トンネル内空変位も100mmを超えるようになった。その後も収束傾向は見られず、必要内空断面の確保が困難となり、トンネル支保構造部材の一部は変状し、縫返し施工を余儀なくされた(写真-1)。

表-1 標準パターンCⅡ、DⅠ支保構造仕様

支保パターン名	CⅡ-a-B(H)	DⅠ-a-B(H)
1 掘進長	1.20m	1.00m
変形余裕量	—	—
支保部材	吹付け厚	10cm
	圧縮強度(f'_{ck})	36N/mm ²
	鋼アーチ支保工	H-125
	ロックボルト	L=4m,290KN,14本
		L=6m,290KN,17本

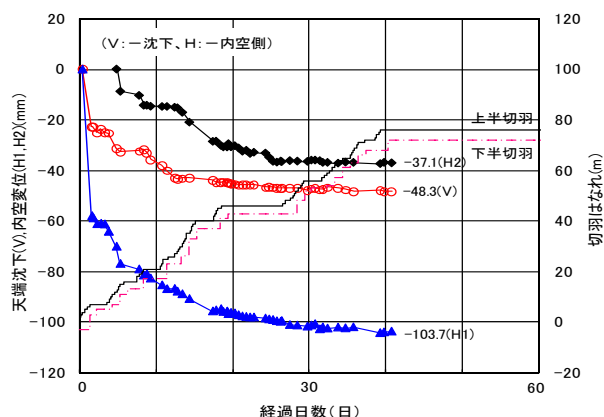


図-2 トンネル変位経時変化



写真-1 トンネル支保構造の変状

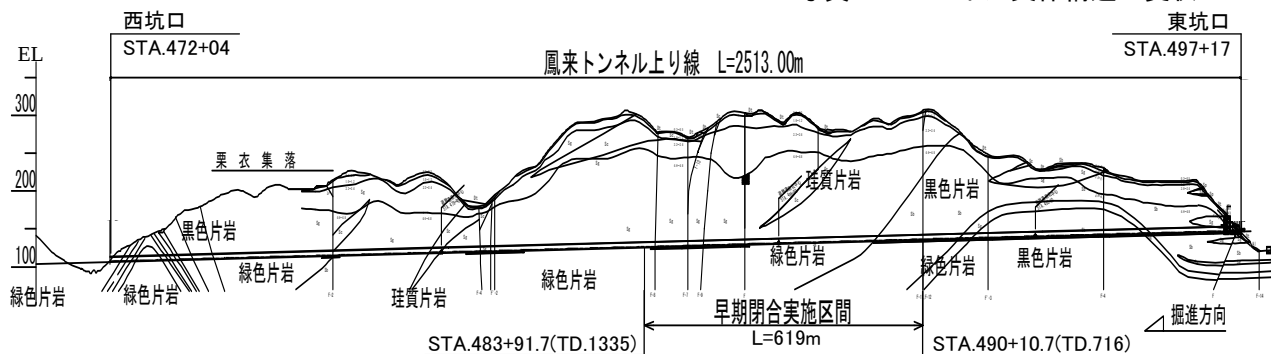


図-1 地質縦断図(鳳来トンネル上り線)

キーワード：山岳トンネル，低強度地山，早期閉合，箱抜き掘削，変形余裕量，高速道路
連絡先：441-1325 愛知県新城市長篠字今銭前 16 Tel.050-3532-5310 Fax.0536-32-0257

3. 早期閉合による施工

吹付けコンクリートに作用する土圧を推定，厚肉円筒理論を用いて必要支保耐力を算定し，図-3に示す高耐力のトンネル支保構造を設計した¹⁾²⁾。さらに，変位抑制のためインバート早期閉合による対策を検討した。

早期閉合距離 L_f は，上半切羽から1D(Dは掘削幅)以内の $L_f=9\sim 12\text{m}$ である。早期閉合施工単位 L_c は，施工性と施工速度を考慮し， $L_c=3\text{m}$ とする。上・下半掘削は，補助ベンチ付き全断面工法の爆破掘削とし，1掘進長1mで3m進行する。その後に，インバートを1度に3m掘削・整形，インバート支保工3基設置，吹付けコンクリート3間吹付け，掘削ずりでインバート部3mの仮埋戻しを行い，早期閉合を完了する。早期閉合と上・下半掘削は，交互施工とする。早期閉合施工概要を，図-4に示す。

4. 大型箱抜き掘削部の変状と対策

後行する下り線 STA.490+25 付近の消火栓箱抜き掘削の周辺約 19m 間において，早期閉合パターン D II-a-B(H)C に箱抜き掘削の影響があらわれた。トンネル軸方向最大約 5m の大型箱抜き掘削である消火栓位置において，図-5 に示す下半と鋼インバート支保工の継ぎ手付近で，最大約 20cm の鉛直上向き変位をともなう変状が生じた（写真-2）。また，先行する上り線においても消火栓箱抜き部の吹付けコンクリートにクラックが発生したが，これを除く箱抜き掘削箇所では，クラックや変状はみられなかった。

以上のことから，地山強度比が1を下まわる早期閉合トンネルの大型の箱抜き掘削では，トンネル支保構造体は不安定になり，過大な変位が発生，支保部材の一部は大きく変状，破壊することが分かった。

これらの対策として変状区間では，片側半断面を縫返し施工した（図-5）。また，これより以奥における大型箱抜き掘削では，箱抜き掘削部を包含する早期閉合トンネルを設計・施工し，力学的安定を確保した。

5. おわりに

三波川帯低強度地山におけるトンネル掘削について，施工結果を基に報告した。本報告が低強度地山などの地質不良部におけるトンネル掘削の設計・施工の参考になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 桐山・大嶋・神澤・浅野：三波川帯低強度地山を早期閉合などの工夫で効率的に施工，トンネルと地下，Vol.42, no.10, 2011.10
- 2) 桐山・大嶋・浅野・楠本：押出し性地山における早期閉合双設トンネルの地山挙動，トンネル工学報告集，第21巻，2011.11

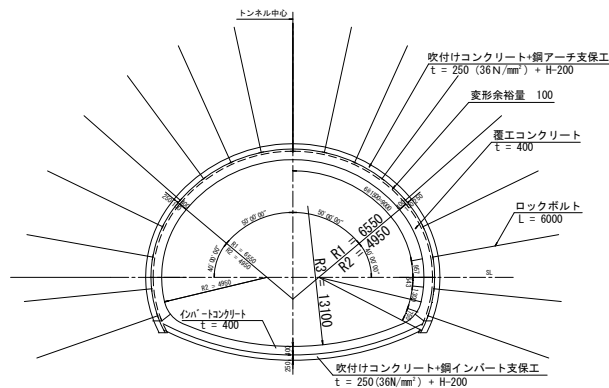


図-3 高耐力支保構造概要 (D II-a-B(H)C)

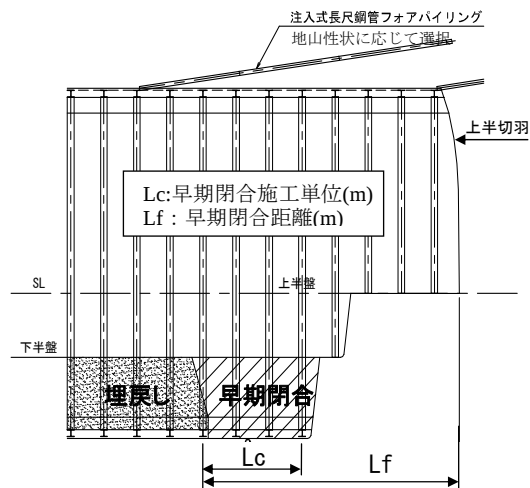


図-4 早期閉合施工概要



写真-2 箱抜き掘削部の変状（下り線，消火栓）

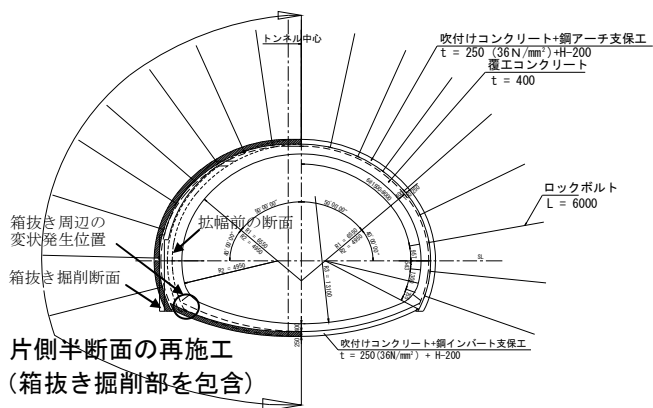


図-5 箱抜き掘削部を包含する早期閉合パターン