

二重支保工および早期閉合の適用による脆弱な粘板岩地山内のトンネル貫通事例

国土交通省東北地方整備局 大矢 剛

鹿島建設(株) 正会員 ○北村 義宜 西川 幸一 川野 広道 井上 勇太

1. はじめに

新区界トンネル(仮称)は、岩手県宮古市と盛岡市を結ぶ復興支援道路である宮古盛岡横断道路のうち、区界峠を貫く全長約5kmの長大トンネルである。本トンネルは貫通点の手前113mにて粘板岩破碎帯が出現したため、支保パターンをDIIに変更し、全断面早期閉合により掘削を行った。しかし、貫通点の手前24mにて著しく脆弱な地山が出現したため、起・終点両切羽から長尺先受け工を施工するだけでなく、全断面早期閉合と二重支保工を併用することにより、脆弱な地山内でトンネルを無事貫通させた。本報文では、貫通点周辺における二重支保工の適用経緯と貫通までの施工手順について紹介する。

2. 支保変状の概要

No.244+0付近を支保パターンDIIで掘削中に切羽後方15m付近のNo.244+15.6(図-1参照)にて天端部において鋼製支保工の座屈が確認された(写真-1)。当該位置ではトンネル支保工に作用する荷重が支保耐力を上回り、鋼製支保工と吹付コンクリートの双方が降伏に至ったと推察されたため、不足する支保耐力を応急的に増吹付けコンクリートにより補い、トンネルの崩壊を防止する措置を取った。



写真-1 天端部における鋼製支保工の座屈

3. 支保発生軸力の推定

支保の作用荷重が支保耐力に達したNo.244+15.6は、掘削の進捗に伴い作用荷重がさらに増加すると予想されたため、以下の手順により坑内変位収束時の発生軸力を推定した。

手順① No.245+1.6における切羽離れと坑内変位の関係を図-2に示す。同図より、切羽離れ15mで発生した変位量は全変位量の66%に相当すると推定されたため、切羽後方15mに位置するNo.244+15.6においても、坑内変位の収束までに現時点から作用荷重が52%(=34%/66%)×100増加すると予測した。

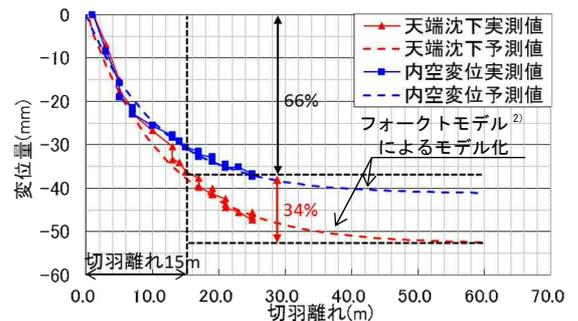


図-2 切羽離れと坑内変位の関係(No.245+1.6)

手順② 鋼製支保工と吹付けコンクリートの双方が降伏した時点で支保の発生軸力が表-1に示す支保パターンDIIの耐力に到達したと考え、下式により収束時の発生軸力Npを予測した。

表-1 支保パターンDIIの耐力計算結果

仕様	断面積 (mm ² /m)	降伏応力 (N/mm ²)	支保耐力 (KN)
鋼製支保工 H-200	6353	245	1556
吹付けコンクリート t=25cm	250000	36	9000
合計			10556

$$N_p = 10556 \text{ (kN/m)} \times 152 \text{ (\%)} \approx 16000 \text{ (kN/m)} \quad \text{式(1)}$$

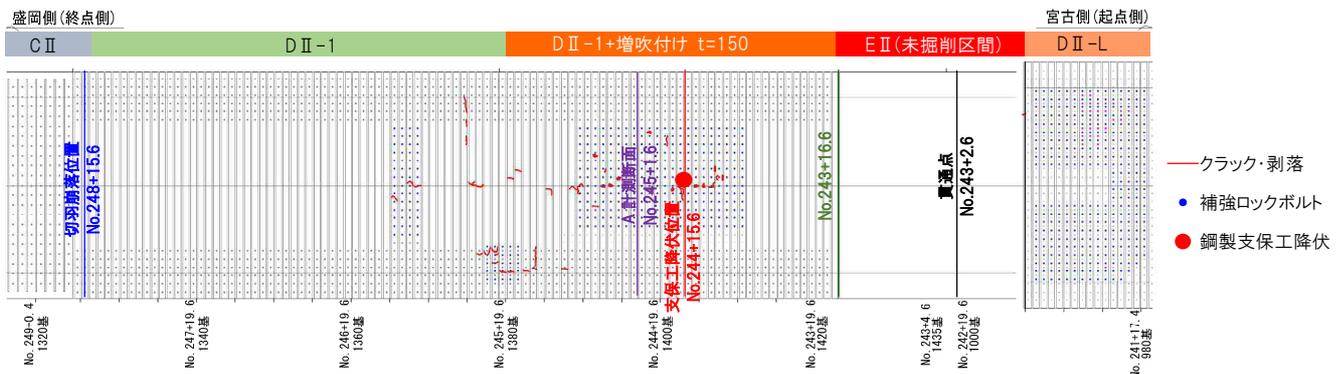


図-1 支保変状および貫通点位置と適用した支保パターン

キーワード：粘板岩、破碎帯、早期閉合、降伏、二重支保工、貫通掘削
連絡先：〒107-8502 鹿島建設(株)土木設計本部 東京都港区赤坂 6-5-30

Tel : 03-6229-6754

4. 貫通点までに適用する支保構造

未掘削区間である No.243+16.6 から貫通点までは、収束までに要する距離や吹付コンクリート圧縮強度のばらつき等を考慮し、式(1)に示した収束時の軸力予測値に対して支保耐力に一定の余裕を与えることとした。

二重支保の設置を考慮した掘削を行うとともに、表-2 は支保パターン E I (吹付けのみ二重支保)と支保パターン E II (吹付け+鋼製支保二重支保)を対象として、支保耐力と収束時の軸力予測値 N_p との比率(安全率 F_s)を求めた結果を示している。吹付けコンクリート指針(案)²⁾では、吹付けコンクリートの圧縮強度に対する安全係数 γ_c は一般のコンクリートと同様に 1.0~1.3 とされている。貫通点までの未掘削区間では収束時の発生軸力に対して 1.3 に近い安全率を確保できる支保パターンを採用するのが望ましいと判断し、図-3 に示すより耐力の大きい支保パターン E II を採用した。

表-2 支保パターン E I と E II の耐力計算結果

支保パターン	支保仕様			支保耐力 kN	安全率 F_s
		鋼製支保工	吹付けコンクリート		
E I	一次側	H200	t250	17756	1.11
	二次側	—	t200		
E II	一次側	H200	t250	19313	1.21
	二次側	H200	t200		

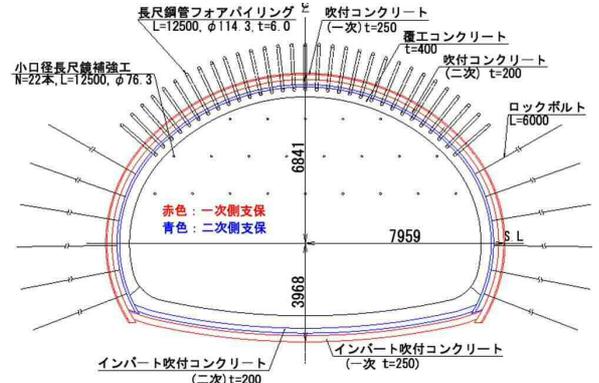


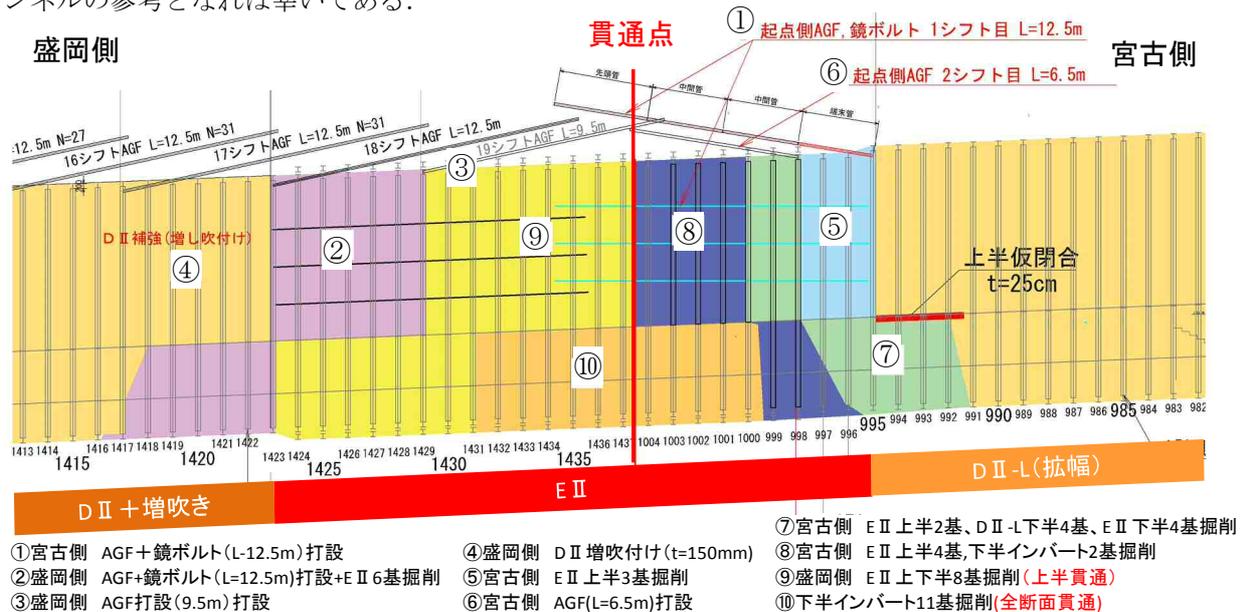
図-3 支保パターン E II 断面図

5. 貫通点までの施工方法

宮古側の地質は盛岡側と比較して良質な地山であったため、宮古側の支保パターンは D II-L(拡幅断面)にて掘削しており、当初の貫通点は拡幅断面を終えた位置を予定していた。しかし、その後の前方探査により、粘板岩破碎帯は貫通点の直前まで継続することが確認され、地質の変化部において断面積の大きい拡幅断面で貫通させれば支保工への作用荷重が大きくなるため、トンネルの安定性が低下するリスクが高いと判断した。このため、宮古側からも長尺先受け工と鏡ボルトで地山を補強するとともに、支保パターン E II を適用して標準部を約 10m掘削し、盛岡側と同様に剛性の高い支保パターンで貫通させた。貫通点付近の施工順序を図-4 に示す。

6. おわりに

貫通点の近傍にて著しく脆弱な地山が出現したため、起・終点両切羽から全断面早期閉合と二重支保工を併用して掘削を進め、脆弱な地山内でトンネルを貫通させた事例を紹介した。本報文が同様な状況で貫通を余儀なくされるトンネルの参考となれば幸いである。



- ①宮古側 AGF+鏡ボルト(L-12.5m)打設
- ②盛岡側 AGF+鏡ボルト(L-12.5m)打設+E II 6基掘削
- ③盛岡側 AGF打設(9.5m)打設
- ④盛岡側 D II 増吹付け(t=150mm)
- ⑤宮古側 E II 上半3基掘削
- ⑥宮古側 AGF(L=6.5m)打設
- ⑦宮古側 E II 上半2基、D II-L下半4基、E II 下半4基掘削
- ⑧宮古側 E II 上半4基、下半インバート2基掘削
- ⑨盛岡側 E II 上下半8基掘削(上半貫通)
- ⑩下半インバート11基掘削(全断面貫通)

図-4 貫通点付近の施工順序

参考文献

- 1) 鉄道建設・運輸施設整備機構編：山岳トンネル設計施工標準・同解説，pp. 447，2008
- 2) 土木学会編：吹付けコンクリート指針(案)[トンネル編]，pp. 19，2005