

VI-62

湧水区間におけるNATM施工について

鹿島建設(株)肥後トンネル工事(事)

藤田筆司

中拂昭史

井上 司

正 石橋弘志

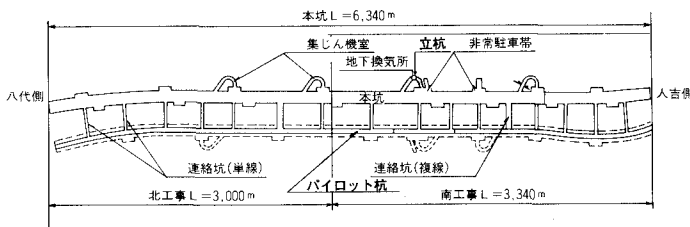
1. はじめに

多量の湧水下でのNATMトンネル施工においては、その重要な支保部材である吹付コンクリート、ロックボルトの施工が困難になるばかりでなく、品質の低下、さらには安全性も問題になってくる。

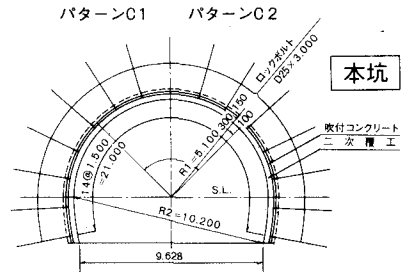
本文は、九州自動車道肥後トンネル南工事において、多量の湧水区間をNATMで施工する為に実施した対策工の中で、主に分離防止剤を用いた吹付コンクリートの施工とパイロット坑から本坑へ向けて行なった水抜ボーリングについて、その概要を報告するものである。

2. 工事概要

本工事は、九州縦貫高速自動車道網の一環として建設されるもので、熊本県八代～人吉間の肥後峠（標高850 m）の下をNATMで抜く全長6,340 mの長大トンネルの内南工区（人吉側）の本坑（延長3,340 m）と、これに約30m離れて先行施工したパイロット坑（延長3,340 m）、これを結ぶ連絡坑、機械設備坑、立坑（延長250 m）等の工事である。



(図-1) トンネル平面図



(図-2) 標準支保パターン図

3. 地形・地質

当地域は、九州山地の西端に当り、日本列島を縦断する中央構造線の南側に位置している。トンネル区間は、大坂間構造線（仏像線）をはじめとする数本の構造線と、これに平行する数本の断層を横切ることとなり、多くの破碎帯が出現した。地質は主に古生代の石灰岩、砂岩、粘板岩、チャートから成り、実際の

の破碎帯は主にこの内の粘板岩を主体とした区間で遭遇し、ここではたびたび多量の突発湧水に悩まされた。

4. 湧水区間における問題点

坑口より、パイロット坑で1,000 m、本坑で1,680 mで湧水区間に入り、主に次の様な問題が発生した。

(表-1) 湧水区間での問題点と対策工

	問 題 点	主 な 対 策 工
ロ ッ ク ボ ル ト	(1) 全面接着タイプの充填モルタルが流出し、所定の品質確保が困難 (2) 孔壁が崩落し、さっ孔、ロックボルトの挿入が困難	●パイロット坑では、NATMから矢板工法へ変更 ●ロックボルトの定着方式を先端固定レジンへ変更 ●ドレーン材で集水し、吹付後にグラウト注入
吹付コン クリート	(1) 付着した吹付コンクリートの品質低下 (2) 不完全付着により、吹付コンクリートがまとまって崩落し不安全	●新支保パターンによる施工 ●分離防止剤を用いた吹付コンクリートの施工 ●パイロット坑から本坑への水抜ボーリングの実施

5. 分離防止剤を用いた吹付コンクリートの施工

当初、湧水区間での吹付コンクリートの施工では、急結剤の添加量を増す、あるいは薄肉多層吹付で対応していたが、より確実に所要の品質を確保し、施工性、安全性に優れた当吹付工法を採用した。

(1) コンクリートの使用材料

コンクリートの使用材料は(表-2)に示す通りである。

(2) コンクリートの配合

コンクリートの配合は(表-3)に示す通りであり、混和材料を除けば通常用いる吹付コンクリートと同一である。

(表-3) 配合表

W/C	S/a %	スランブ cm	空気 量%	単位量 (kg/m ³)				混和材料		
				W	C	S	G	急結剤 (%)	添加剤A (%)	添加剤B (%)
56.1	65	8±2.5		202	360	1100	608	6 ~ 7	0.3	0.1

注) 使用材料等の変化により、上記のスランブの範囲を下回る場合は、流動化剤(ボソリスNL-4000)を0.5~1.5%の範囲で添加する。

(表-2) 使用材料

種別	内容
セメント	普通ポルトランドセメント、比重=3.15
細骨材	砕砂(現地生産材) 比重=2.63 FM=2.59
粗骨材	砕石(現地生産材) 比重=2.70 FM=6.41
急結剤	デンカノミック Type-5
添加剤A	分離防止剤(水溶性高分子化合物を主成分とする)
添加剤B	消泡剤(トリブチルホスフェート(TBP)のアルコール溶液)
添加剤C	流動化剤(ボソリスNL-4000)

注) 添加剤Aの主成分は、水に溶かすことによって水溶液の粘性を増大させ、コンクリートの分離抵抗性を大きくする作用があり、水中コンクリート用混和剤の主成分として用いられている。

(3) 効果

添加剤Aをセメント量0.3%混入することによって、湧水面の付着性を改善することができた。又、粉じん量、はね返り率の低減が認められた。また、コンクリートの品質に関しても、湧水という条件下においてもコンクリートの強度は設計値を満足している。

(表-4) 配合別比較表

	通常区間	湧水区間	
		急結剤のみにて対応	分離防止剤使用
急結剤添加量 (デンカ T-5)	6 ~ 7%	11~12%	6 ~ 7%
余吹率 (設計数量に対して)	206%	454%	288%
吹付時間	144分	217分	168分
圧縮強度 (σ ₂₈)	設計 180 kg/cm ²	180 kg/cm ²	180 kg/cm ²
	実測 233.7 kg/cm ²	213 kg/cm ²	204.8 kg/cm ²

注) 湧水量は吹付け面1m幅当り約20ℓ/minである。

6. パイロット坑から本坑への水抜ボーリング

本坑切羽到達に先行して水抜き施工をすれば、その間約3~5ヶ月の水抜期間となり、ある程度の地下水低下が期待できると判断し、水抜ボーリング施工を実施した。

(1) 実施要領

施工間隔は、先行しているパイロット坑の湧水量に応じて5~20mとし、さっ孔径は75mm、1本当りの延長は45mである。

(表-5) ボーリング使用機械

使用機械は(表-5)に示す3台を用い、昼夜作業とした。

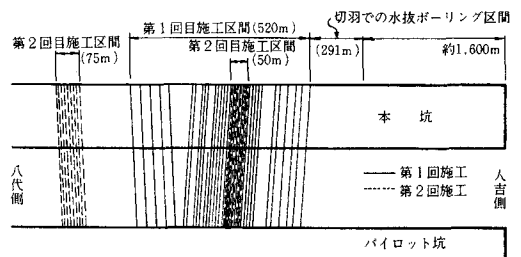
機械No.	機 械 名	仕 様
1号機	クローラドリル	古河電動油圧クローラドリル (HD 200)
2号機	クローラドリル	東洋空圧クローラドリル ガードナデンバー PR-123
3号機	ガンドリージャンボ	古河電動油圧ガンドリージャンボ (HD 100)

(2) 効果

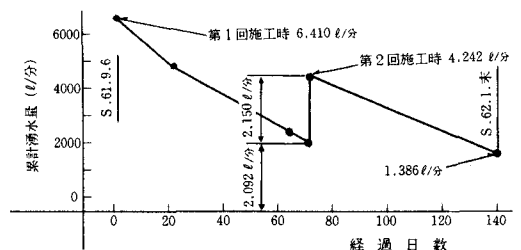
水抜きを行なった事により、本坑切羽の湧水は、部分的に50ℓ/min前後が出水する程度で、大掛りな補助工法を必要とすることなく掘削を進めることができた。

7. おわりに

肥後トンネルでは、多量の湧水下全区間をNATMで施工したが、その施工過程で、トンネルをよく安全に施工する為には、NATMという工法、理論のみにとらわれる事なく、条件変化に応じて、矢板工法、補助工法等、最善の施工法の組み合わせを柔軟に取り入れる姿勢が大事である事を強く認識した次第である。



(図-4) 水抜ボーリング平面図



(図-5) 湧水量の経時変化グラフ