低土被りトンネル工事における施工上の課題と対策

千葉県　安房農林振興センター　基盤整備部　　鈴木　茂
千葉県　安房農林振興センター　基盤整備部　　湯浅　光男
大林・十文字特定建設工事共同企業体　正会員　関山　健一
大林・十文字特定建設工事共同企業体　　近藤　千秋
大林・十文字特定建設工事共同企業体　正会員　○白旗　秀紀

1．はじめに

山岳トンネル工法は施工技術の進歩により適用範囲を広げ、これまで困難であった施工条件下においても、安全かつ経済的に目的構造物を構築することが可能となってきた。本稿では、低土被りトンネル工事の施工事例を紹介し、土被り、地質、湧水といった困難な施工条件下での課題と対策、およびその施工結果を述べる。

2．工事概要と現場条件

広域営農団地農道整備事業（安房地区）は、地域農業の活性化を図ることを目的とし、この事業の一環として、南房総市内（旧三芳村）に位置する延長179m、2車線道路トンネルを構築するものが当該工事である。工事概要を表-1に、施工位置図を図-1に示す。

表-1　工事概要

工事名称	安房地区7号トンネル工事
発注者	千葉県　安房農林振興センター
施工場所	千葉県南房総市下滝田（旧三芳村）
工　期	平成17年2月～18年5月
トンネル延長	L=179.0m
掘削断面積	62.5m²（DⅢa設計、上下半）

トンネル起点側坑口から約80m区間では1.5D未満の低土被り部となっており、近傍には指定史跡の滝田城址がある。地質は保田層群増間層の風化泥岩が主体で、両坑口部は特に風化が著しく、一部粘土化が進行している箇所もあり、全体に軟質化した地山状況である。地下水位はトンネル天端より上位にあり、トンネルは下り勾配（突っ込み）での施工となる。図-2に地質縦断図を示す。原設計においては、起点側の低土被り部は補助工法として長尺鋼管フォアパイリング（AGF工法）が採用された。支保パターン図を図-3に示す。坑口付近、仮設ヤードは民家に近接しており、防音壁を設置する計画であった。

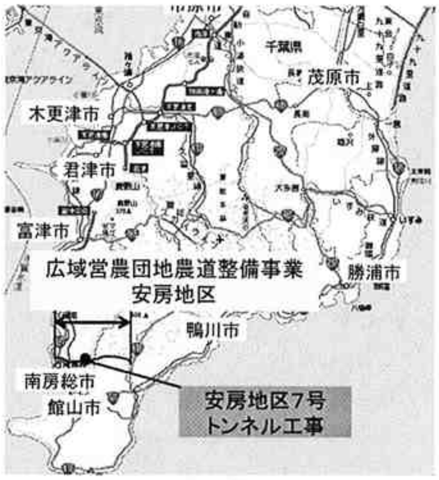

千葉県
茂原市
木更津市
君津市
富津市
広域営農団地農道整備事業
安房地区
勝浦市
鴨川市
南房総市
館山市
安房地区7号
トンネル工事

図-1　施工位置図

3．施工上の課題

工事着手に際して、施工上の課題を以下に整理した。

①切羽不安定現象

掘削時の天端、鏡面の不安定現象が懸念された。原設計のAGF工法は無拡幅型であり、鋼管下部地山の抜け落ちにより不安定現象が増大する恐れもあり、切羽の安定性保持が最重要課題と考えた。

②地表面への影響

地表面沈下の増大、さらには陥没等が危惧された。直上に重要構造物は存在しないが、付近は指定史跡を含めた市民の散策コースであり、地表面への影響を極力抑えることが課題であった。

③湧水

地形、地質条件から山地部の表流水をトンネル内に引き込む可能性も考えられ、湧水による鏡面の流出、吹付け、ロックボルトの品質不具合、路盤の泥濘化等の対策が課題であった。

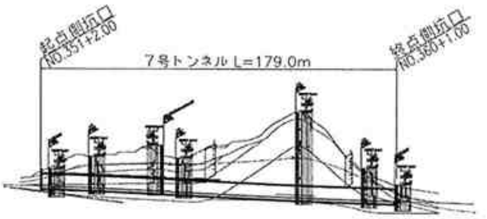

起点側坑口
NO.351+2.00
7号トンネル L=179.0m
終点側坑口
NO.360+1.00

図-2　地質縦断図

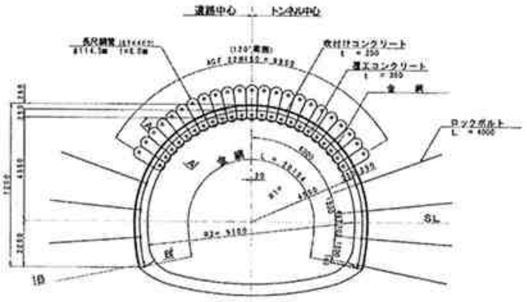

道路中心
トンネル中心
長尺鋼管
(120°範囲)
吹付けコンクリート
t = 250
覆工コンクリート
t = 350
金網
ロックボルト
L = 4000
金網
SL

図-3　支保パターン図（DⅢa-2）

キーワード：　低土被り／地表面沈下／補助工法／AGF-OFP工法／計測管理／湧水対策

連絡先：　〒108-8502　東京都港区港南2-15-2　品川インターシティB棟　㈱大林組　TEL 03-5769-1260　FAX 03-5769-1964

4．対策の検討と施工結果

（1）切羽安定対策

天端部の保持を目的として AGF-OFP 工法を計画した。表-2 に示すように AGF-OFP 工法に関する対策を検討、準備し、程度に応じて適用することとし施工に着手した。施工開始後、地山状況、湧水状況、注入圧力、地山改良結果等を加味して、対策の採用協議を行った。特に、鋼管下部地山の抜け落ち対策として、部分拡幅型 AGF-OFP に変更したが、図-4 に示すように打設角度を水平に近づけ、鋼管と支保工の離隔を小さくすることで効果的であったと考える。

表-2　天端安定対策

ﾗﾝｸ	項　目	採用
Ⅰ	注入量増大	○
Ⅱ	部分拡幅型AGF-OFP	○
Ⅲ	拡幅型AGF-OFP	—
Ⅳ	1ｼﾌﾄ長の短縮	—

表-3　鏡面安定対策

ﾗﾝｸ	項　目	採用
Ⅰ	鏡吹付け	○
Ⅱ	充填式鏡ﾎﾞﾙﾄ	—
Ⅲ	注入式鏡ﾎﾞﾙﾄ	—
Ⅳ	長尺GFRP管鏡ﾎﾞﾙﾄ	—

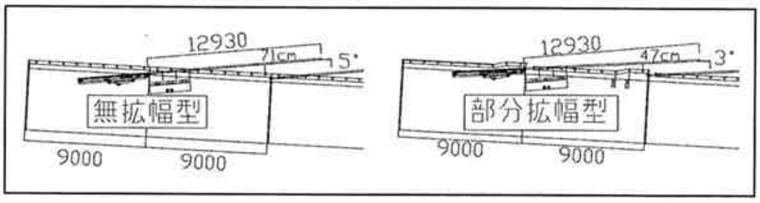
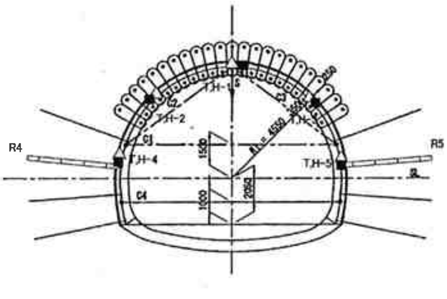


図-4　AGF-OFP 施工図（無拡幅型／部分拡幅型）

同様に、鏡面安定対策として表-3 に示すような対策を検討、準備した。施工の進捗にあわせて地山状況等を確認し、必要な区間のみ鏡吹付けを採用した。これら日々の切羽観察に加え、長尺鋼管削孔時の削孔スライム、湧水量を毎シフト確認し、補助工法の採用区間等の変更を協議し、安全かつ円滑な工事進捗を図った。

（2）地表面への影響監視

A 計測測点（坑内変位、地表面沈下）を 5〜10m 毎に設けることとし、計測管理を厳密に行った。加えて、施工の初期段階で B 計測を実施し、支保構造の安定性評価、補強対策工の要否判定を行う計画とした。図-5 に坑口より 28m 地点で設置した B 計測配置図を示す。これら計測項目のそれぞれについては、事前に管理基準を定め、計測管理を行った。施工の結果、特異値を除き管理レベルⅡを上回る計測値は見られなかった。表-4 に A、B 計測の各測定項目に関して、今回定めた管理基準値と実際の計測値の最大値を示す。



計測項目		仕様	数量	記号	凡例
計測工B	ロックボルト軸力測定	4m4点用	2	R	
	吹付コンクリート応力測定	接線方向	5	T	△
	鋼製支保工応力測定	N，M	5	H	■

図-5　計測工Ｂ配置図

表-4　管理ﾚﾍﾞﾙと計測最大値

測定項目			単位	管理ﾚﾍﾞﾙ			計測最大値
				Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
A計測	天端沈下		mm	15	21	31	17
	脚部沈下		mm	15	21	31	20
	内空変位		mm	20	26	40	23
	地表面沈下		mm	30	45	65	23
B計測	吹付けｺﾝｸﾘｰﾄ応力		N/mm²	5	10	15	4
	鋼製支保工	縁応力	N/mm²	160	235	−	230
		軸力	kN	1000	1490	−	1400
		曲げﾓｰﾒﾝﾄ	kN･m	60	90	−	20
	ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄ軸力		kN	60	110	170	70

（3）湧水対策

トンネル掘削に先立って、終点側坑口から水抜きボーリング（ロータリーパーカッション方式、L=150m）を施工することを検討した。しかし、地質は泥岩地山であり、単一孔で十分な集水効果が得られないものと考え、施工時に切羽側から随時対策を行うこととした。水抜き削孔は、長尺鋼管やロックボルト削孔時に、本設のものとは別途に行い、吹付けコンクリート、ロックボルトの施工に支障が生じないように配慮した。トンネル湧水量は最大時で 30 ㍑/min 程度であり、湧水による鏡面の大規模な流出等は生じなかった。路盤の泥濘化対策としては、六価クロム対応型のセメント改良材を用いるとともに、排水処理を適切に行い、良好な路盤の保持に努めた。

5．まとめ

以上、本工事における施工上の課題と対策の検討〜採用経緯の概要を述べたが、工事着手時に予想される負の事象とその対応策について客観的、定量的な議論を行い、十分な準備体制を整えておくことが肝心といえる。山岳トンネル工法は AGF 工法等の補助工法を含め、工事の途中において柔軟な対応措置を取れるという利点があり、この利点を最大限に活かすためにも事前検討、準備、計測管理、計測結果のフィードバック等に力点を注ぐべきである。

参考文献

1）ジェオフロンテ研究会：注入式長尺先受工法（AGF 工法）技術資料（四訂版）、2002.11