

トンネル低土被り部における長尺鏡止めボルトの効果

三井住友建設(株) 大阪支店
同
同
同
同
土木技術部 正会員

藤井 敬造
大坪 稔哉
岡田 憲明
新野 義昭
高橋 浩

1. はじめに

佐野トンネルは、和歌山県新宮市から那智勝浦町を結ぶ那智勝浦道路のほぼ中間部に位置する延長 480m の二車線道路トンネルで、工事は設計・施工一括発注方式（総合評価型）が採用された。

工事場所は紀伊山地南東にあり、標高 100m～250m の山地斜面と、標高 20～80m の丘陵斜面が接する北東 - 南東方向に位置している。佐野トンネルは、山地尾根部と 2 つの段丘部を通過し、起点側坑口から 110m 付近の谷部および終点側坑口部から 130m 区間は、土被り 1D 以下の低土被り部となっている。

低土被り部の地質は、風化泥岩層と花崗班岩の玉石・粘土化（土砂化）したもので構成され、非常に脆弱であり、天端および鏡面の崩壊、著しい地表面沈下が懸念された。図-1 に地質縦断図を示す。

今回、2 カ所の低土被り部のうち谷部の補助工法として断面を拡幅しない長尺鋼管先受け工（以下、「無拡幅 AGF」と呼ぶ）、終点側坑口部では無拡幅 AGF に加えて長尺鏡止めボルトを採用した結果、大きな変状もなく掘削を完了することができた。本報文では、低土被り部を対象とした設計・施工結果のうち、おもに長尺鏡止めボルトの効果について述べる。

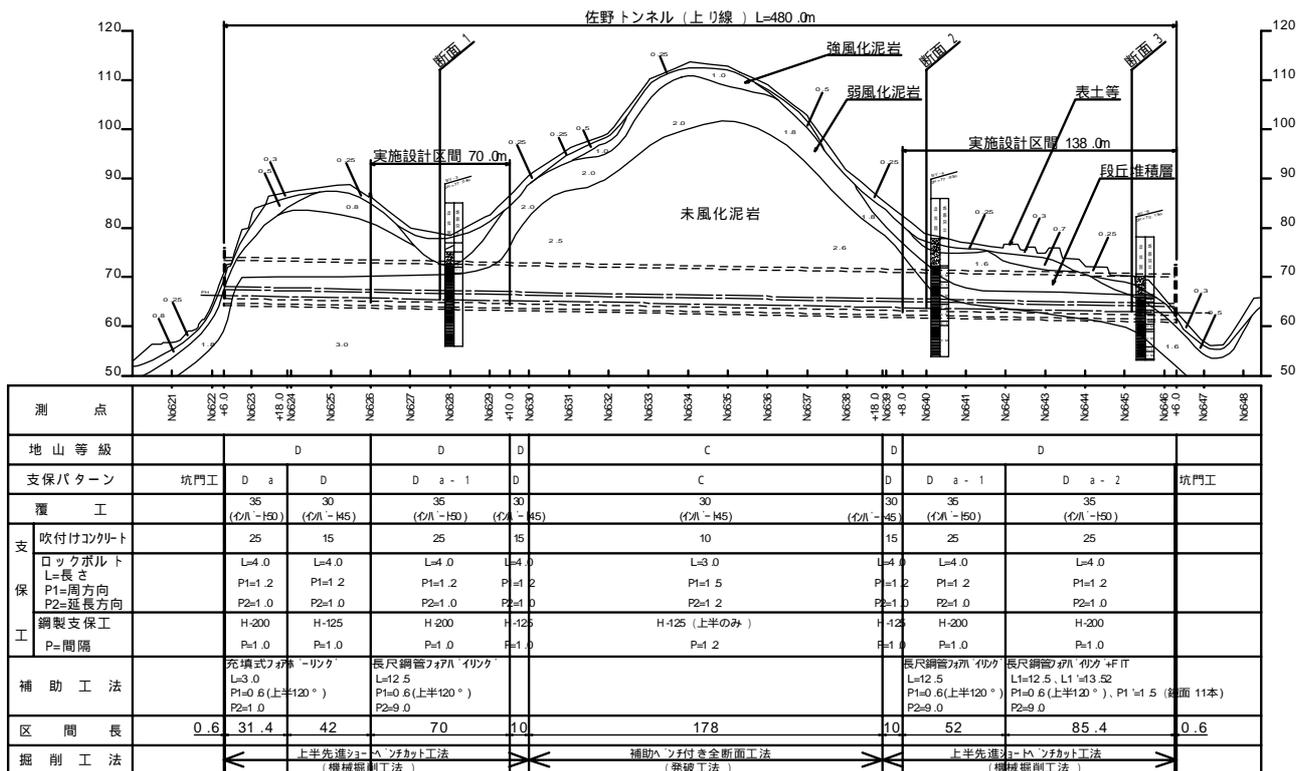


図-1 地質縦断図

2. 低土被り部における補助工法の設計

低土被り部の切羽の安定性確保および地表面沈下防止対策として、低土被り部全区間を対象に無拡幅 AGF を採用した。無拡幅タイプは、従来の拡幅タイプのように断面を拡幅する必要がなく、地山の緩みを低減できると判断した。

キーワード：低土被り，長尺鋼管先受け工，長尺鏡止めボルト

連絡先：〒164-0011 東京都中野区中央 1-38-1 三井住友建設株式会社土木技術部 TEL03-5337-2132 FAX03-3367-4762

さらに、終点側坑口から約 86m 区間は、切羽に土砂・粘土化した風化泥岩層が出現することが想定されたので、無拡幅 AGF に加えて長尺鏡止めボルトを採用した。長尺鏡止めボルト（FIT システム、GFRP 管、76.0mm）は、鏡面の安定性が向上するだけでなく、切羽前方地山の剛性が改良され、天端・地表沈下抑制にも効果があると判断した。無拡幅 AGF および長尺鏡止めボルトの注入材は、泥岩層に対する実績、経済性、地下水系への影響等を考慮し、セメント系（セメントミルク）とした。注入方法は、1.5 ショットの定量（設定量）および圧力管理（初期圧力+1.0Mpa）とした。図-2 に低土被り部のうち終点側坑口部の支保パターン図を示す。

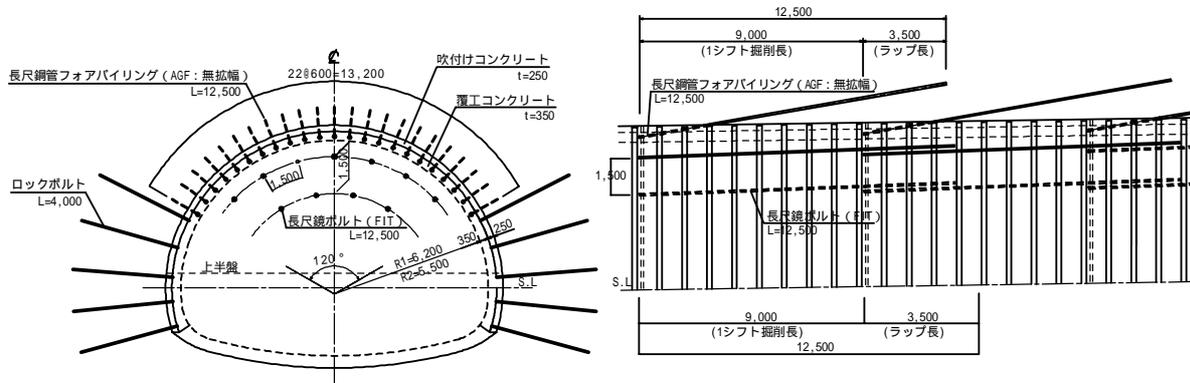


図-2 低土被り部支保パターン図

表-1 計測結果一覧表

項目	単位	谷部		終点側坑口部		
		No.627+17.5	No.642+0.3	天端部	側壁部	
地表面沈下	mm	9	4			
天端沈下	mm	7	4			
内空変位	mm	6	3			
鋼製支保工	応力	N/mm ²	160	80	65	40
	軸力	kN	600	250	330	115
吹付けコンクリート応力	N/mm ²	6	2	0.7	0.5	

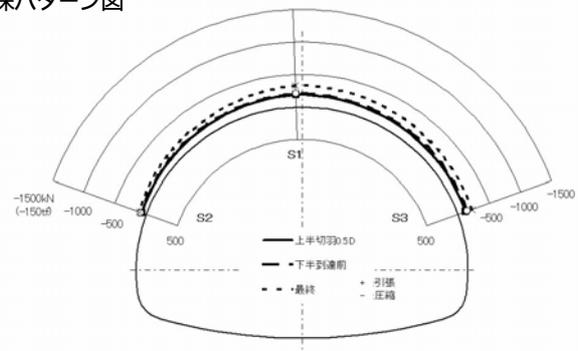


図-3 終点側坑口部の鋼製支保工軸力

3. 補助工法の効果

表-1 に谷部および終点側坑口部の計測結果一覧、図-3 に終点側坑口部の鋼製支保工軸力分布図を示す。

表-1 をみると、地表面沈下、天端沈下および内空変位については、無拡幅 AGF のみの谷部に比較して、長尺鏡止めボルトを採用した終点側坑口部の値は 1/2 程度となっている。

終点側坑口部の鋼製支保工応力は最大で 65N/mm² 発生（降伏強度 240N/mm² の約 3 割）、吹付けコンクリート応力は最大 0.7N/mm²（設計基準強度 18N/mm² の 1 割以下）となっている。掘削に伴う地山の緩み高さを支保部材に発生する軸力から算出すると、側壁部の鋼製支保工軸力は 115kN、コンクリート応力は 0.5N/mm² であることから、軸力は (250mm×1000mm)×0.5N/mm²=125kN となり、合計 240kN の軸力となる。トンネル掘削半径を 6.6m、掘進長を 1m とした場合の作用土圧は、240÷(6.6×1.0)=36kN/m² となり、地山の単位体積重量を 20kN/m³ とすれば、約 2m の緩み高さとなる。この断面の土被りは約 9m 程度であることから、土被りの 1/4 以下に緩み領域が収まっていると考えられる。同様に谷部の結果からは緩み高さ約 6m となり、緩み領域が長尺鏡止めボルト区間の 3 倍程度と推定される。

このように、終点側坑口部では、無拡幅 AGF に加えて長尺鏡止めボルトを打設したことで、切羽前方地山がさらに補強・一体化して見掛けの地山剛性が高まり、坑内変位や部材発生応力が減少したと考えられる。なお、近年イタリアで採用例が増えている ADECO-RS¹ は、注入式長尺先受け工と長尺鏡止めボルトなどによってトンネル周辺地山および切羽前方を補強することで支保の軽減を図ると同時に切羽直前で早期閉合するため、変位が抑制できるとする工法であり、終点側低土被り部の計測結果により同工法の設計思想が確認できたと思われる。

4. おわりに

今回、低土被り区間の補助工法として無拡幅 AGF と長尺鏡止めボルトを採用したことで、大きな変状・崩壊等も無く、無事貫通することができた。本事例が低土被り部における確実な施工方法のひとつとして、参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) ジェオフロンテ研究会 ADECO-WG：切羽前方コアに着目した新しいトンネル工法，2002.