

トンネル掘削中に発生した切羽崩落に対する対策工について

西日本高速道路(株) 正会員 ○藤木 昂
 西日本高速道路(株) 非会員 森井 光治
 鉄建建設(株) 非会員 倉橋 正

1. はじめに

米子自動車道谷川トンネル他1トンネル工事は、米子自動車道4車線化事業のうち江府IC～溝口IC間の延長616mのⅡ期線トンネル等を施工するものである。本稿は谷川トンネルTD.319m付近を掘削中に発生した切羽崩落の概要、復旧に向けての調査・計画および対策工について報告するものである。

2. 地形、地質概要

谷川トンネル周辺の地形は標高が低いものの斜面が比較的急勾配となり、低山地間の谷が顕著なV字型をなしている。谷川トンネルの地質縦断面図を図-1に示す。地質はジュラ紀～白亜紀に貫入・定置したとされる花崗閃緑岩を基盤としてその上位に段丘堆積物、大山火山噴火物、沖積堆積物、現河床堆積物などが分布する。天端崩落箇所付近の地質は、Ⅱ期線の想定地質図においても破碎帯が懸念される区間でもあった。

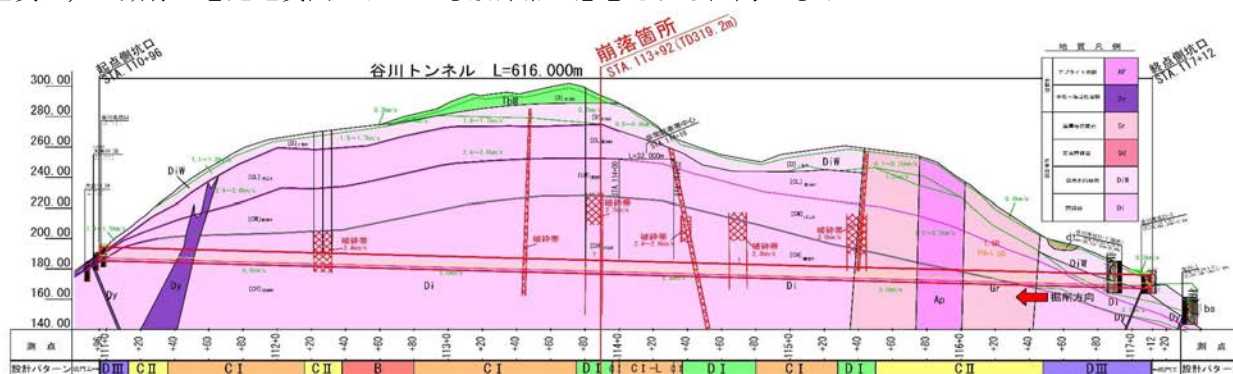


図-1 地質縦断面図

3. 切羽崩落の概要

切羽の崩落は、谷川トンネルの最大土被り付近であるTD.319m地点で発生した(図-1および写真-1)。崩落直前の切羽までは中硬質な花崗閃緑岩を主体で直前の切羽パターンはCII-L, CII-b相当であったが、地山状況が急変し、鏡面及び天端部より土砂化した地山が崩落した。崩落規模は推定330m³程度であった。崩落土は、風化変質の著しい花崗閃緑岩が土砂状を呈しており、破碎された岩塊の一部には鏡肌を伴ったものも確認できた。また、崩落箇所付近の切羽湧水は、滴水～しみ水程度であった。崩落状況から推定すると、破碎状の亀裂沿いに帯状の範囲で風化変質が著しく進行したゾーンが緩みに伴い連続的に小崩落を繰り返したものと想定される。



写真-1 TD.319mの天端崩落

4. 復旧対策

(1) 空洞調査

天端の空洞規模等を把握するため、切羽後方よりさぐり削孔を行い、空洞の範囲、高さ等を調査した。その結果、空洞は概ねトンネル前方方向に約5m、高さ方向に約10m、幅員方向に約7.2mであることが推定された。

(2) 復旧対策の計画

空洞調査結果をもとに復旧対策工およびトンネル支保工等の計画を実施した。復旧対策工にあたっては、施工時の安全確保、崩落個所のトンネルの安定性等を考慮し、図-2に示す対策フローを計画した。復旧対策工に先立ち、鏡吹付けコンクリートおよび長尺鏡ボルトによる崩落土砂の改良および地山補強を計画した。空洞充填における充填

キーワード 山岳トンネル, 空洞充填, 崩落対策, 長尺鏡ボルト, 長尺鋼管先受工

連絡先 〒689-3515 鳥取県米子市赤井手962-2 西日本高速道路(株)米子高速道路事務所 TEL0859-27-2181

材は、当該区間はほとんど湧水がなかったため、エアモルタルによる充填を基本とした。しかし、空洞先端までの充填は困難と考え、補足注入としてシリカレジンによる充填を計画した。また、合わせて空洞周辺の緩んだ地山に対しても補強を行うこととした。空洞充填後の崩落土砂部および崩落箇所の掘削前には天端部の補強として、先受け工（L=6.5m、φ76.3mm、@450mm）を計画した。

崩落箇所の支保パターンは、十分な支保工構造を構築することを目的にDIIIa(H)パターンを採用することとした。また、崩落箇所には、掘削時の安全監視および計測工Bとして、支保工応力の監視を目的に各種応力計を設置することとした。

(3) 復旧対策の施工

トンネル内に堆積した崩落土砂に対しては、長尺鏡ボルト（L=12.5m、φ76.3mm、n=25本、シリカレジン）を施工した。崩落土砂は非常にルーズな状態であったため、注入実績としては計画注入量に対し174%となった。エアモルタルによる空洞充填は、8箇所から充填を実施したが、想定した充填量よりも少ない打設量（30m³程度）に留まった。未充填の空洞を再調査するため、追加で探り削孔を実施し、未充填空洞に対しては補足注入として、シリカレジンによる充填を実施した。さらに、最上部の空洞に対して確実な充填を行うため、自穿孔ボルト（φ31mm）を打設し、シリカレジンを充填した。空洞充填管理は、圧力管理（初期圧+2.5MPa）とし、圧力上昇を確認した時点で注入を完了した。掘削再開前に行ったトンネル天端の崩落土砂に対する先受け工では、再崩落が発生しないようシリカレジンによる圧力注入管理を行った。これらの対策工により、トンネル内に堆積した崩落土砂の撤去および崩落箇所の掘削時には、再崩落は生じず安全な施工を行うことができた。

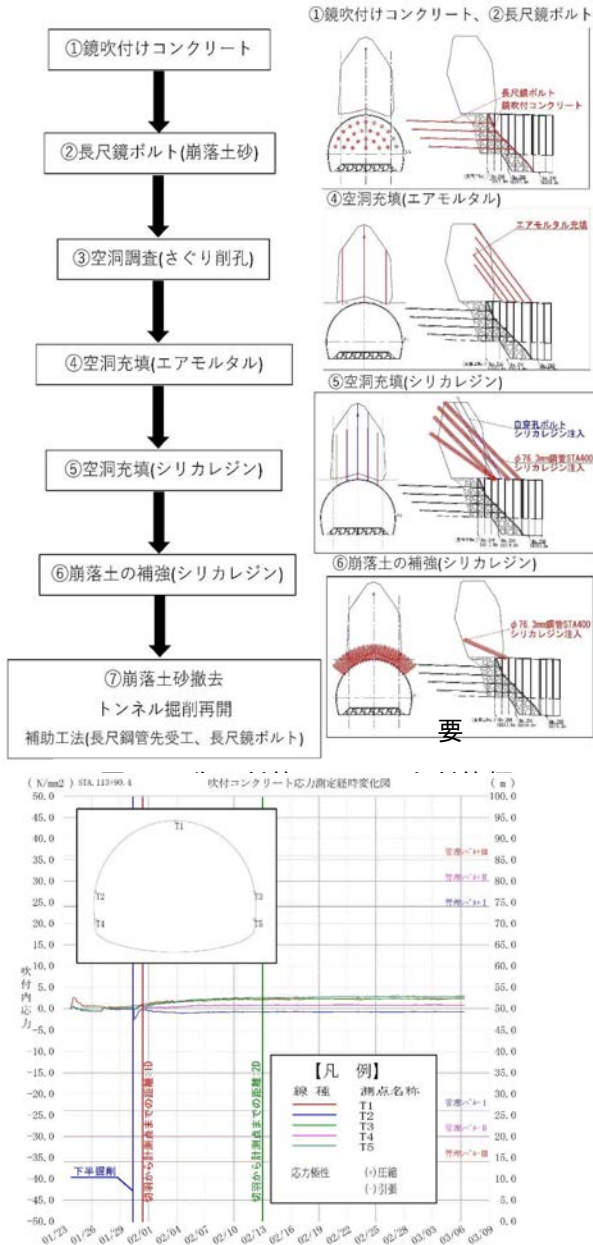


図-3 吹付コンクリート応力の推移

5. 崩落箇所以降の掘進

崩落箇所以降のトンネル掘削にあたっては、掘削前に削孔検層を実施した。調査の結果、前方地山は穿孔エネルギーが崩落箇所の値と比較大きく変わらなかったため、地山の状態も崩落箇所とは大きく変わらないと考え、掘削補助工法として、長尺鋼管先受工（L=12.5m、φ114.3mm、n=25本、シリカレジン）および、小口径長尺鏡ボルト（L=12.5m、φ76.3mm、n=13本、シリカレジン）を採用し崩落箇所以降のトンネル掘削を再開した。また、崩落箇所における支保工応力の監視として計測工B（吹付けコンクリート応力計、鋼アーチ支保工応力計）を設置したが、下半切羽通過後も吹付けコンクリート応力および鋼アーチ支保工応力ともに管理レベルI以内で推移（図-3）していることを確認した。目視観察においても支保工には変状は生じておらず、トンネルの安定性は保持できているものと考えられる。

6. まとめ

崩落箇所をエアモルタルとシリカレジンで空洞充填し、その後補助工法を併用して不良地山部の掘削が完了した。今後も不良地山が予想される箇所もあるため削孔検層を行いながら地山状況を慎重に判断し、地山状況に合わせ最適な支保工、補助工法を選択して掘削を進めていく。