

複雑に地山性状が変化するトンネル掘削についての施工報告

西松建設株式会社九州支社 正会員 ○池田義迪
西松建設株式会社九州支社 山口紗奈
西松建設株式会社九州支社 内田裕二
西松建設株式会社土木設計部 諏訪 至

1. はじめに

本工事は、長崎北西部地域に位置する佐世保と福岡をつなぐ西九州自動車道の一部区間であり、掘削断面(CⅡ)109.3 m²、全長 1204m の高規格道路のトンネル工事である。切羽位置が玄武岩と砂岩の地質境界付近を掘削する際(支保工 No.81,TD81.3m)に左肩より大崩落が発生した(写真-1)。本稿ではこの崩落の原因究明および以降のトンネル掘削における切羽前方地山の把握に関する対応について報告する。

2. 切羽の崩落発生の原因

切羽の崩落発生原因としては次の2点が考えられた。

- ①左脚部の沈下による周辺地山のゆるみの拡大
- ②想定よりも脆弱な玄武岩の出現

2-1. 左脚部の沈下による周辺地山のゆるみの拡大

図-1 に変位が顕著に表れた大崩落箇所の手前における A 計測(坑内計測)の結果を示す。切羽掘削に伴い左脚部に 20 mm/日の変位が確認されたため、掘削を停止し沈下対策(支保工連結)を実施した。しかし支保工連結後においても切羽停止中に 14.2 mm/日の沈下が発生した。さらなる沈下対策として、支保工連結2段・サイドパイル1段の施工を実施すると、掘削停止中の変位は 1.8 mm/日まで収まったが、掘削を再開すると 12.0 mm/日の沈下が発生したため、サイドパイルを1段増設するなど、早期閉合までの沈下を抑制する必要がある。左側脚部の地山が非常に脆弱であり、左脚部の沈下が卓越したことで、トンネル周辺地山にゆるみが生じたことが切羽崩壊を招いた原因の一つであると考えられる。

2-2. 想定よりも脆弱な玄武岩の出現

当初設計では強度の大きい玄武岩が存在し、硬質な地質であると想定されていた。しかし、切羽崩落により流出土を確認したところ、風化岩および玉石状の玄武岩であった。天端周辺の地山が強風化しており、その中に硬質な玉石状の玄武岩が堆積していたことが、切羽崩落の原因の一つであると考えられる。



写真-1 崩落時の切羽写真(支保工 No. 81)

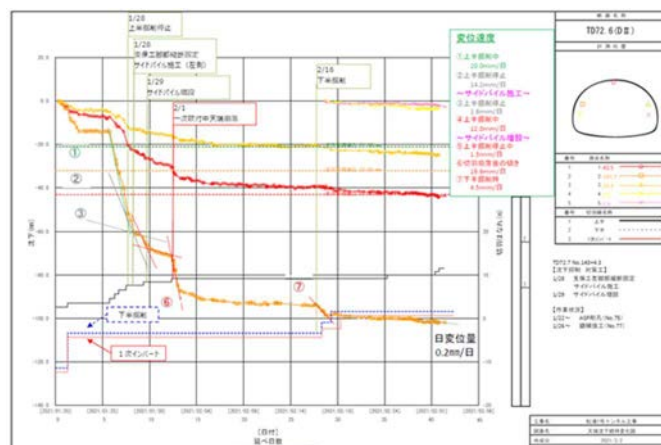


図-1 A計測結果(支保工 No. 72)

3. 切羽前方地山の性状把握に関する対応策

前述した切羽の崩落発生後、以降のトンネル掘削において、同様の事象発生を防止するため、切羽前方の地山性状を事前に把握する①DRISS-3D、②空中電磁波探査、③追加調査ボーリングを実施した。これらのデータを活用して視覚的に地山性状を確認できるようにした。

3-1. DRISS-3D

穿孔データを3D表示し、空間補正技術を活用することで掘削断面内外の地山強度の分布を算出・図化することができる。本工事では、水平コアボーリング(左)・前方探査(天端・右の2箇所)・補助工法施工時(AGF・鏡ボルト)の

キーワード 崩落 前方探査 変位 DRISS-3D

連絡先 〒810-0022 福岡県福岡市中央区薬院 1-14-5 西松建設(株)九州支社 TEL 092-771-3124

穿孔データを用いて解析を実施し、DRISS-3Dへ反映させている。3D表示された情報は、数値データの羅列と異なり視覚的に捉えやすく有効な判断材料となる。図-2に崩落箇所付近のDRISS-3Dの解析結果を示す。(a)はAGFや鏡ボルト、前方探査によって得られた穿孔データに基づき地山換算強度を算出したもの、(b)はトンネル壁面の地山換算強度を示している。この結果により、崩落箇所前方のSL付近において地山換算強度10MPa程度(赤色)の軟弱な地山が分布していることが分かる。天端付近に分布している岩盤強度の高い硬質な地山(黄緑・水色)は、崩落した土砂に含まれる堅硬な玉石状の玄武岩岩塊を捉えたものと推察される。以上のことから本トンネルにおいては、前方探査によって岩盤強度が高く予想された場合でも玉石状の岩塊を含む崩積土層のような自立性の乏しい地層が存在している場合があり、その層を正確に推定することが難しい状況であることがわかる。

3-2. 空中電磁波探査

空中電磁波探査から得られる地山の比抵抗値を利用して切羽前方の地山性状把握することを考え、比抵抗値の変化に着目して解析を行った。一般に比抵抗値が低いと体積含水率が高く、粘土鉱物が多い地質であり、比抵抗値が高いと体積含水率が低く、粘土鉱物が少ない地質と評価される。つまり比抵抗値の変化の大きな箇所は、亀裂が多くなったり、地質が変化したりする場所と特定できる。図-3は比抵抗値の縦断面図、下の図は比抵抗値の変化量を示した縦断面図である。比抵抗値の変化は、青色が減少傾向の変化、赤色が増加傾向の変化を示し、色が濃いほど変化量が大きい。今回、崩落発生箇所の比抵抗値の変化は濃い赤色を示しており、以前小崩落が発生した箇所でも比抵抗値の変化量が大きくなっている。以上のことから、比抵抗値変化の大きい箇所において小崩落や崩落が発生しており、地山性状の急変や不良地山となる可能性がある。よって以降の施工ではDRISS-3Dで得られた情報に加えて、比抵抗値変化の大きい箇所を捉えることで硬質な岩塊を含む自立性の乏しい場所を特定する際の判断材料とした。

3-3. 追加調査ボーリング

今回発生した崩落箇所は2箇所の鉛直調査ボーリングの間であり、ボーリング位置間隔は200m以上となり、途中の地質構造が把握されていなかった。切羽には地質境が現れており、当初の地質縦断面図とは大幅に異なる地質が切羽で確認された。切羽で観察されている砂岩層がどのよ

うに分布しているか把握するため追加調査ボーリングを実施することとした。その結果、切羽に観察される砂岩は上に大きく広がっており、想像以上に堆積岩が厚いことが分かった。また、トンネル前方150mほど(支保工No.259付近)において再び玄武岩と砂岩の地層境になることが推測できる。

4. まとめ

本工事で発生した切羽崩落の原因は、脚部の沈下が急激に進み、天端に堆積していた自立性のない強風化堆積物にゆるみが生じ、AGF鋼管に作用する荷重が増加して鋼管が破断したものと考えられる。本トンネルでは強度が大きい岩盤が分布していると推定される場合においても、脆弱地山に硬質な玉石状の岩が堆積している可能性があり、特に軟弱な地質と硬質な地質境では十分に注意する必要がある。また切羽前方地山の性状の把握方法として、DRISS-3Dと空中電磁波探査を実施した結果、複数の調査結果を総合的に活用して地山特性の把握をすることが非常に有効である。崩落後に通過した玄武岩と砂岩の地質境(測点No.259付近)では、分布していた玄武岩が玉石状の堆積物ではなく硬質な柱状節理であり、崩落時の地山特性との違いもあるが、先受けや鏡補強を適切に実施することによって、崩落等を発生させることなく安全に施工を行うことができた。

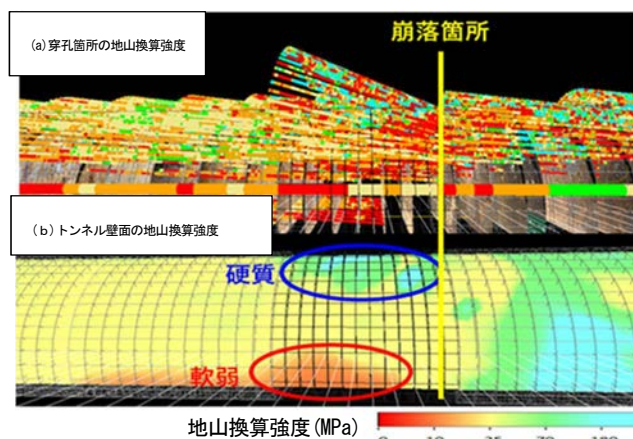


図-2 崩落箇所付近 DRISS-3D データ

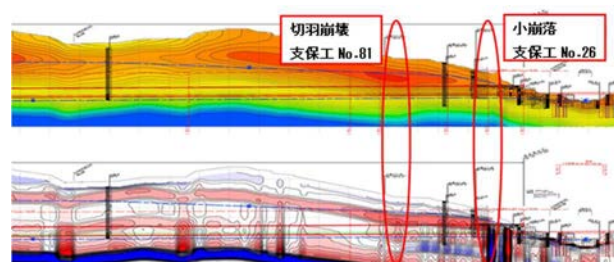


図-3 比抵抗値の縦断面図