

強風化玄武岩区間のトンネル崩落対策に関する報告 (DRISS-3D)

松崎 千彩希* 寺西 淳次*
 Chiaki Matsusaki Junji Teranishi
 諏訪 至** 瀬瀬 善孝***
 Itaru Suwa Yoshitaka Koketsu

1. はじめに

長崎 497 号松浦 1 号トンネル新設工事は、西九州自動車道路における松浦佐々道路の一部を施工するものである。延長 1,204 m のトンネルを NATM で終点側より施工する。

本工事では、掘削当初から想定していなかった風化玄武岩が出現していたことから、長尺鋼管先受け (AGF) や鏡補強ボルトを追加した全断面早期閉合法での掘削を行っていたが、坑口から 81 m 掘削した切羽 (測点 No.142+15.7) 付近において AGF 鋼管を破断させるほどの天端崩落が発生した。対策工の検討を行うにあたり、削孔データを用いた 3 次元地山評価手法 (DRISS-3D) による地山性状の予測は崩落箇所や切羽前方地山の性状把握に対して大きな効果を発揮した。

本稿では、崩落箇所における DRISS-3D の地質予測と対策の施工結果について報告する。

2. 天端崩落のメカニズムと施工上の課題

図-1 に坑口付近の当初地質縦断面図、写真-1 に測点 No.142+15.7 の崩落前切羽状況、写真-2 に天端崩落状況を示す。当初の地質調査では、測点 No.146~No.133 において玄武岩溶岩がトンネル断面の大部分に分布し、特に天端崩落箇所を含む測点 No.143~No.141 では岩級 CM 級の硬質な玄武岩が分布すると想定されていた。しかし、実際切羽に出現したのは強風化し土砂化した玄武岩や凝灰岩であった。崩落断面掘削時の A 計測測定結果では、切羽から 12.8 m 後方の断面まで、左側脚部に最大で 87 mm 程度の大きな沈下が発生しており、これは沈下管理レベルⅢの 43 mm を超過する沈下量であった。また、切羽左天端付近から崩落した土砂には、角が丸みを帯びた玉石状の堅硬な玄武岩岩塊が多数含まれていた。

上述の内容から、左側脚部の沈下量が増加し、天端上部の玄武岩岩塊を含む強風化堆積物にゆるみが生じ、

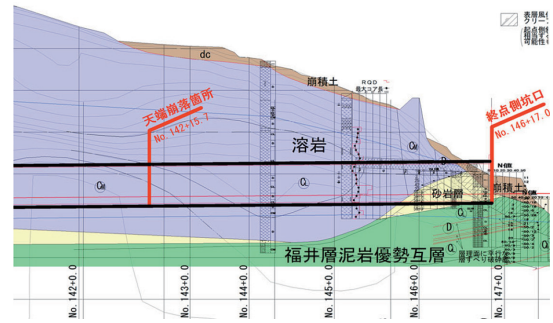


図-1 終点側坑口部の地質縦断面図

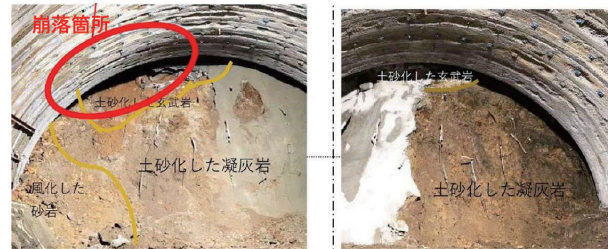


写真-1 天端崩落前の切羽状況 (No.142+15.7)



写真-2 天端崩落状況 (No.142+15.7)

AGF 鋼管に作用する荷重が増加したことにより、鋼管の破断や崩落が発生したと推定した。また、崩落箇所付近の地山状況から、前方地山においても各地層の境界が非常に不規則に起伏しており、トンネル天端が不安定化することが懸念された。そのため、切羽前方の地質を掘削断面外範囲まで高精度に予測・把握することが、同様の崩落を回避するために重要であると考えた。

3. DRISS-3D を活用した前方地山予測

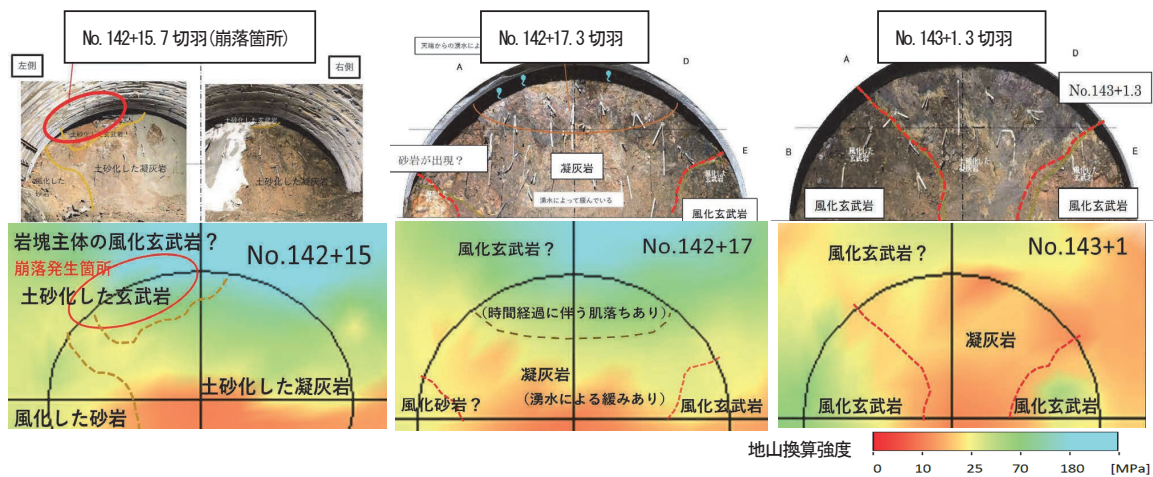
本工事では既に地山性状把握のために、水平コアボーリング (PS-WL 工法) 1 本/断面、穿孔探査 (DRISS) 2 本/断面をトンネル全線において実施していた。これらはトンネル断面内の地山把握に対しては有効であるが、断面外に対しては探査精度が不足すると考えられたため、AGF や鏡補強ボルトの穿孔データも活用しトンネル断面外に対しても精度の高い前方予測を行うこととした。

そこで、前方予測の手段として、地質変化を 3 次元的に把握することが可能な DRISS-3D を使用した。本システムでは、穿孔データを 3D 表示することで位置関係を容易に把握することができるとともに、空間補間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・

* 九州 (支) 松浦 1 号トンネル (出)

** 土木設計部設計二課

*** 技術研究所土木技術グループ



図一2 切羽観察結果と DRISS-3D による地山換算強度の比較

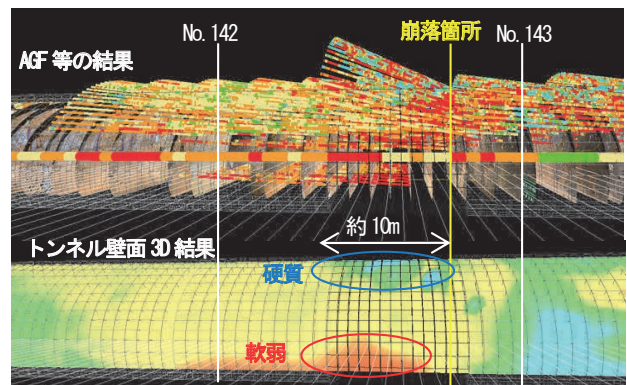
図化することができる。

まず、DRISS-3D の解析結果と実際の地山性状の整合性を調べるために、崩落前の AGF と鏡補強ボルトで得られた削孔データを用いて崩落箇所に対する 3 次元的地山評価を行った。図一2 に切羽観察結果と DRISS-3D による地山換算強度の比較を示す。図のように、切羽観察結果で得られた岩種等の分布と DRISS-3D による地山換算強度の色調分布は定性的に概ね一致する結果が得られた。ここで、DRISS-3D の地山換算強度図の暖色系は軟弱、寒色系は硬質な地山状態を表している。これらの結果から、いずれの断面においても土砂化した凝灰岩で強度が小さく、風化した玄武岩や砂岩では凝灰岩より強度が大きくなっていることがわかる。また、崩落した測点 No.142+15.7 の断面に近づくとつれ天端部上部が寒色になっているが、これは崩落した土砂の中に含まれていた堅硬な玉石状の玄武岩 (写真一2) に対応していると考えられる。これらのことより、DRISS-3D で算出した地山換算強度の分布は実際の地山性状と整合しており、切羽前方地山の予測・把握に活用することが可能であると判断した。

天端崩落メカニズムから、天端付近に硬質な地質、切羽下方に軟弱な地質が分布するような場合には測点 No.142+15.7 と同様な天端崩落の危険性があると考え、同様な分布パターンを読み取り、切羽の安定性評価の参考とした。図一3 に崩落箇所付近の DRISS-3D の解析結果を示す。上の図は AGF や鏡ボルト、地山前方調査の地山換算強度分布、下の図はトンネル壁面の地山換算強度分布を示している。この結果より、崩落箇所から 10 m 程度まで天端付近に比較的硬質な地山が分布し、SL 下部に軟弱な地山が分布していることがわかる。すなわち天端が崩落した時と同じような地山状態が 10 m 程度続く可能性があるものと予測した。

4. 崩落箇所対策工と施工結果

崩落箇所から前方 9.6 m は、天端崩落の起因となる脚



図一3 崩落箇所付近の DRISS-3D 地山換算強度

部沈下が発生しないように、支保工脚部連結補強やサイドパイルの打設を随時実施しながら掘削を実施した。また崩落対策工として、支保工間隔を 0.8 m ピッチとし、AGF や鏡補強ボルトを 4.8 m 間隔で打設しながら施工を行った (ダブルラップ)。その結果、天端崩落前は対策を行いつつも沈下量が 100 mm を超過している断面もあったが、対策後は最大 20 mm 程度の沈下量に抑えることができた。また、天端崩落や大きな抜け落ちも発生せず安全に掘削することができた。

5. まとめ

崩落前の AGF 等削孔データを用いて DRISS-3D による解析を行い、崩落箇所の地質分布を 3 次元的に把握した。その後 DRISS-3D を用いた前方探査を同様な方法で行うことで、崩落箇所と類似している危険箇所を予測することができた。さらに、危険箇所に対して適切な対策工を実施することで崩落を発生させることなく安全に掘削することができた。最後に、本報告が今後の工事の参考事例となれば幸いである。