

約 260m³ の土砂流入を伴う切羽崩落の対策工について

Countermeasure Work of the Tunnel Face Collapse with Sediment Inflow of Approximately 260 m³

金子 伸^{*1}
Shin Kaneko

武井 克夫^{*1}
Katsuo Takei

濱崎 年寿^{*1}
Toshihisa Hamasaki

平田 彬直^{*1}
Akinao Hirata

兼松 亮^{*2}
Kiyoshi Kanematsu

【キーワード】 トンネル 崩落対策 空洞充填 小口径長尺鋼管先受け工

1. はじめに

(仮称) 梁川トンネルは、岩手県北上市と沿岸地域をつなぐ一般国道 107 号の北上市と奥州市境に位置する全長 1,022m のトンネルである。本トンネルでは、TD975.2m、土被り 18m (図-1) において、地表陥没と約 260m³ の土砂流入を伴う切羽崩落が発生した。本稿では、その対策工について報告する。

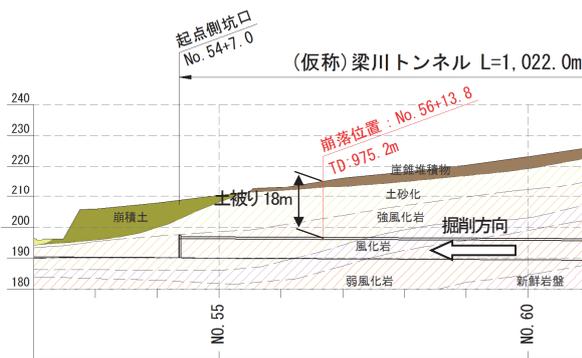


図-1 切羽崩落位置

2. 切羽崩落の概要

TD975.2m (No.56+13.8, 土被り 18m) の掘削中に天端周辺で小崩落が発生し、崩落は拡大傾向を示した。小崩落直後から鏡吹付けコンクリートを施工したものの、崩落の拡大は止まらず、切羽への押え盛土により崩落は収束した。最終的に崩落範囲は切羽前方約 4m、天端上方 12m に達した (写真-1)。この崩落により坑内には大量の土

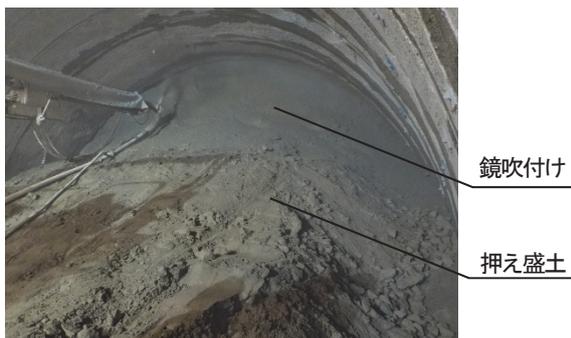


写真-1 崩落状況 (押え盛土, 吹付コンクリート)

砂が流入 (V=約260m³)。また、崩落発生から2日後には、崩落箇所直上に直径約5mの範囲で深さ3mの陥没が生じた。地質は土砂状で崩れやすい強風化花崗閃緑岩が切羽全体を占め、補助工法 (注入式フォアポーリング, L=3.0m) を施工中の区間であった。

3. 対策工の検討

3.1 崩落範囲の調査

復旧方法を検討するにあたり、崩落の影響範囲を探りボーリングにより調査した。その結果、トンネル上部約 12m、切羽前方 7.5m 範囲に空洞や堆積した崩落土砂が存在することが判明した。

3.2 対策工の施工方針

崩落箇所は、小土被りで崩れやすい土砂 (マサ) が分布し、トンネル上部には空洞が存在するなど、掘削を再開するにあたり、崩落範囲の拡大や再び同様の崩落が発生してしまうことが懸念された。そこで、以下の方針に則り、掘削再開までの対策工を選定した (図-2)。

【対策方針】

- ・ 空洞箇所、陥没範囲の充填を最優先に実施。
- ・ 充填完了後、トンネル上部及び切羽前方の崩落堆積土砂、崩落影響範囲の地山改良を実施。
- ・ 天端上部の堆積土砂再崩落の防止を目的に、崩落部に縫い付けボルト (長尺鋼管先受け工) を実施。

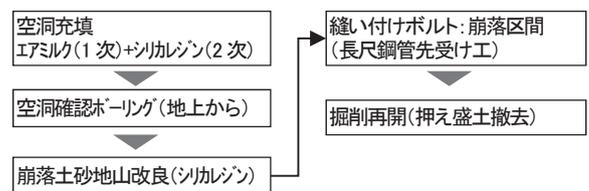


図-2 施工フロー

4. 対策工の施工概要

4.1 空洞充填

空洞充填は、広範囲に空洞を充填する 1 次注入と、未充填箇所の充填と空洞周辺の堆積土砂の地山改良を兼ね

た2次注入を実施した。1次注入には充填性が高いエアミルクを採用し、2次注入は堆積土砂を確実に充填・改良できるシリカレジン（自由発泡倍率：8±4倍）を採用した（図-3）。

1次注入は当初想定量の約8割の注入（当初260m³、実績210m³）であったが、地表陥没箇所へのリークや、地上からの充填確認ボーリングで未充填箇所がないことを確認したことにより、1次注入は終了した。2次注入は空洞調査で判明した堆積土砂の範囲に実施した。

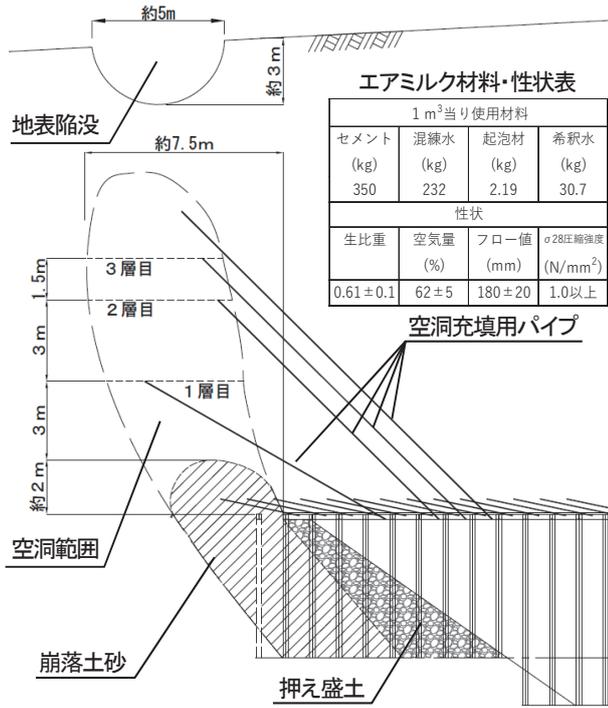


図-3 空洞充填計画図

4.2 崩落土砂の改良～崩落区間の縫い付けボルト

押え盛土及び崩落土砂は土砂状であったため、無対策では掘削再開時に切羽の安定を確保できず、再び崩落を招いてしまう恐れがあった。そのため、空洞充填完了後、切羽鏡面の押え盛土及び崩落土砂を注入式鏡ボルト（GFRPロックボルトL=6m、注入量=20kg/m、注入材：シリカレジン）により地山改良した。次にトンネル天端上方の堆積土砂再崩落防止として、地山への縫い付けボルト

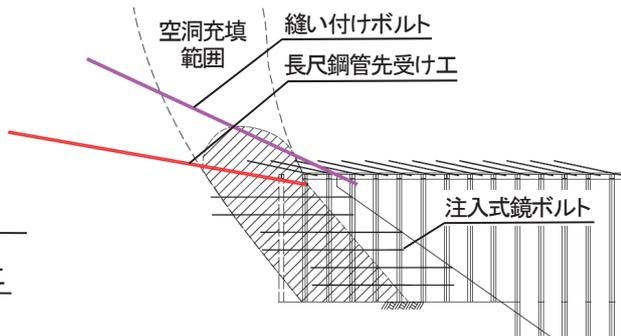
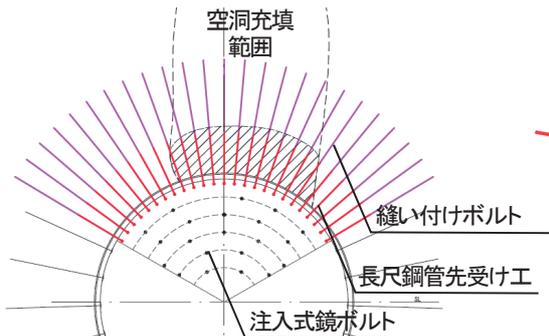


図-4 掘削再開までの対策工（左：断面図，右：縦断面図）

を期待した縫い付けボルト（長尺小口径鋼管先受け工：φ76.3，L=12.59m，設定注入量=262kg/本）を施工した。縫い付けボルトは未崩落区間の地山まで鋼管が達するように打設長を設定した（図-4）。

押え盛土の一部を撤去した後、長尺鋼管先受け工（φ76.3，L=12.59m，設定注入量=262kg/本）を実施し、本格的にトンネル掘削を再開した。

5. 崩落区間以降の小土被り，脆弱地山への対応策

崩落箇所以降も、小土被り（1.5D以下，D=掘削径：11m）かつ土砂化した強風化花崗岩が分布する条件であったことから、同様の崩落が再び発生する恐れがあった。そのため、崩落時に、先受け工（L=3m）の前方2m先まで崩落が拡大した現象を考慮して、掘削再開後の補助工法を検討した。その結果、常に6m以上の先受け長を確保できる長尺小口径鋼管先受け工（φ76.3mm，L=12.59m：周方向45cm，6mシフト：最小先受け長6m（図-5））を選定した。

掘削再開当初は、上記対策工の施工範囲を崩落影響範囲の2Dに限定する予定であったが、崩落区間通過後の切羽も、小崩落が連続して発生していたため、貫通までの残り46.8mについても、6mシフトの長尺小口径鋼管先受け工を継続した。

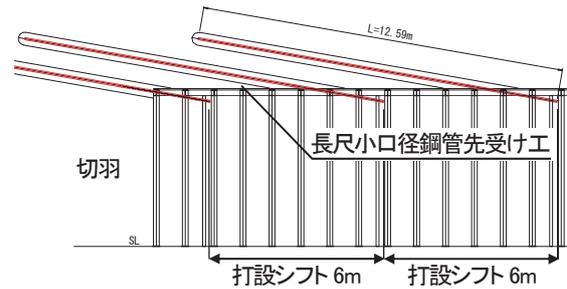


図-5 6mシフトの長尺小口径鋼管先受け工

6. まとめ

各種対策工の実施により、崩落発生から43日後の、H30年4月20日に無事貫通を迎えることができた。掘削完了後も坑内変位、地表変位ともに収束していることから、ここで実施した対策が有効であったと判断している。

謝辞：本工事の対策工における岩手県南広域振興局土木部のご指導に対し感謝の意を表する。