

Ⅲ-B109

構造線に接近した破碎帯崩落の対策工法について

日本道路公団

吉田 義春

(株) 竹中土木

○ 正会員 池川 哲也

〃

松平 信成

〃

芝原 伸史

1. はじめに

本トンネル工事は、四国縦貫自動車道の終点に当たる内子～大洲間の一部であり、2車線高速道路トンネルとして $\ell=257\text{m}$ をNATM工法により掘削した。

当トンネルの土質は、中生代白亜紀～ジュラ紀の三波川変成岩帯の泥質片岩優勢層を主にし、四国に存在する3本の構造線の一つである御荷鉾構造線をかすめ、5本の破碎帯が横断する。また、トンネル起点側・終点側坑口部とも地すべりの跡地であることが確認されている。トンネル掘削においては、切羽が自立しないほど破碎された泥質片岩優勢層がほとんどを占め、土被りは最大で50m程度であり、部分的な集中湧水（最大200 $\ell/\text{分}$ ）を観測した。この集中湧水による土砂流出が地山の緩み範囲の増大の原因となり、地山の崩落をまねいた。本文は、破碎された地山での崩落に対する対策工法について報告するものである。

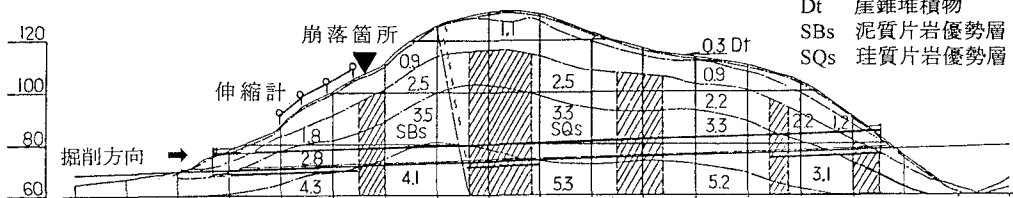


図-1. 地質縦断面図

2. 崩落の発生と経過

坑口より約62m掘削時、切羽天端に茶色の土砂が確認された。その後の掘削により切羽中央部より集中湧水(200 $\ell/\text{分}$)が発生したため、切羽上部の土砂がこの集中湧水により流出し、出来た空洞上方の地山部分への緩みの進行が崩落を発生させた。この空洞に対する充填を行うことで緩みの拡大を抑えることが可能と判断し、対策工として空洞に対するエアームタルの充填、注入式先受工による空隙の充填、フェイスボルトの打設等を施工し掘削を開始した。

しかし、崩落に起因する地山の緩みの進行が地表面まで達し、また貫入的に地表まで存在する茶色系の土砂の強度不足により、土被り(約30m)部の緩み荷重が切羽および支保工に集中的に作用することで、支保工の破壊、地山の再崩落が発生した。この崩落の規模は、約170 m^3 であった。初期崩落対策の概要を図-2に示した。また写真-1は、支保工の破壊状況および崩落状況である。

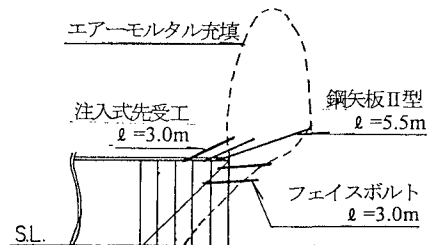


図-2. 初期崩落概要図

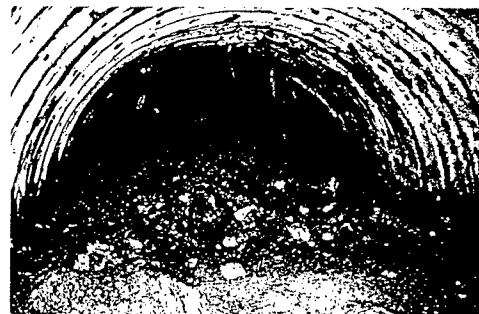


写真-1. 支保工破壊と崩落状況

キーワード

崩落対策 破碎帯

連絡先

広島県 広島市 中区 橋本町 10-10

Tel:082-222-7400 Fax:082-222-7401

3. 崩落対策工法

崩落発生部の対策工法を検討する上で最大の問題点は、崩落部およびその周辺の地山の緩み範囲（緩み荷重）を算定することであった。本対策工法では、(A)テルツァギーの式による緩み荷重を緩み高さに換算する (B)崩落部近接の支保工の変形量から支保工にかかる緩み荷重を算定する2つの方法により緩み高さの妥当性を確認した上で、緩み高さ $h=13\text{m}$ とし対策工法の比較検討を行った。

対策工法では上記緩み荷重の先受けを行うため、①薬液注入 ②ウレタン系注入による岩盤固結 ③注入式長尺先受工法（以下AGF）+薬液注入 ④AGF+ウレタン系注入による岩盤固結の4工法に対して工期、安全性、経済性他の比較検討を行った。この検討の結果、最大の効果を発揮できる対策工法として④AGF+ウレタン系注入による岩盤固結工法を選定した。更に工法④について詳細に検討し、工期、経済性についての最適化を行った。この最適化については、1) 緩み領域中のエアームタルおよび岩塊に対する縫い付け効果が期待できること、2) AGFについては性状の明確な鋼管の強度を最大限まで発揮させること、3) AGF等の構造物が支保する緩み荷重をより大きくするために、考慮する支点間長を短くする掘削方法の優先を基本的な考え方とした。本対策工法を以下に示し、図-3に対策工の概要を示した。

AGF $\phi 114.3\text{mm}$ $t=6\text{mm}$ $\ell=12.5\text{m}$
 @ 450mm $n=28$ 本 1Sift
 ウレタン系注入岩盤固結 $t=2.270\text{m}$
 自穿孔注入ボルト $\ell=3.0\text{m}$ $n=21$ 本/断面
 $\ell=6.0\text{m}$ $n=20$ 本/断面
 (AGF & ウレタン系注入岩盤固結 対策範囲 120°)
 フェースボルト GRP $\ell=6.0\text{m}$ $n=26$ 本
 支保工 H-200 @ 750mm
 リングカット高さ $h=1.75\text{m}$

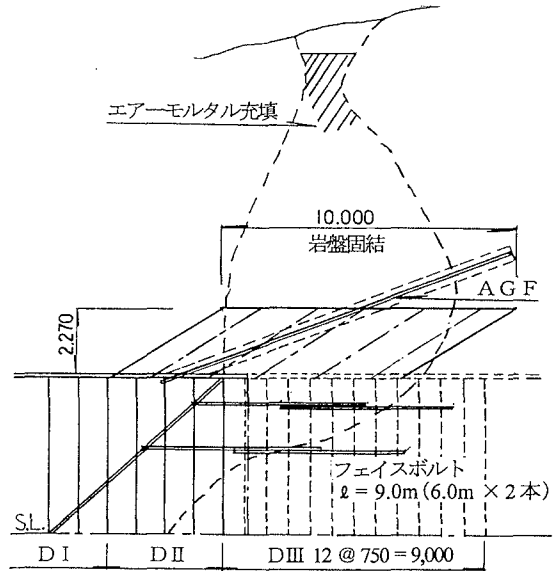


図-3. 対策工概要図

4. 対策工部掘削にともなうA計測結果による評価

図-4に対策工部におけるA計測結果を示した。内空変位計測において、1,2 測線は比較的安定しているが、3,4 測線は下半およびインバート掘削における変位の収束が遅れる傾向にある。天端沈下の変位状況は、インバート掘削時の変位が確認される程度であり、安定している。

以上の結果から、本対策工部のトンネル掘削に対し、天端部の変位に対する効果が大きかったものと判断できる。

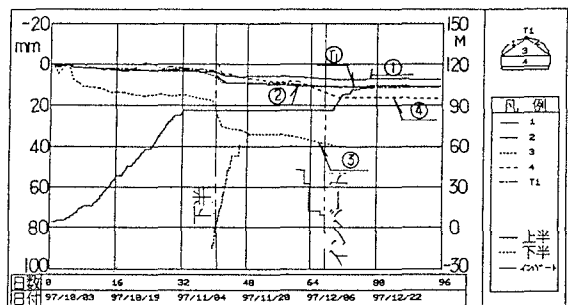


図-4. 対策工部A計測結果

5. おわりに

今回の対策工法は、AGF工法とウレタン系注入岩盤固結工法の併用を主として行い、トンネル掘削に対する期待した効果を得ることが出来た。しかし、依然として掘削に対する安全率の把握は出来ておらず、精度の高い簡易な計測方法の開発が今後の課題として残された。