

トンネル側壁部からの押出現象によるゆるみ範囲の推定について

(株)大林組 正会員 ○星野 拓馬
茨城県 非会員 小田島 佑篤
(株)大林組 正会員 松本 暢史

1. まえがき

(仮称)上曽トンネル本体工事(石岡工区)は、茨城県の西側と県西地域東側の鹿行地域とを結ぶ幹線道路の整備事業のうち、茨城県石岡市上曽～茨城県桜川市真壁までの上曽トンネル(L=3,538.0m)の起点側(石岡市側)L=1,939.0m を新設する工事である、工事概要を表-1 に示す。

本トンネルの地質は図-1 に示すとおり、中生代白亜紀～新生代古第三紀に貫入した花崗岩が主体である。設計時の地山調査でNo.90 付近は沢と交差し、土被りが28m と小さいことから、風化作用によりマサ化した脆弱な地質が確認されていた。実施工においてNo.89+7.6 では、切羽左肩部の抜落ちおよび周辺地山から100L/min の湧水が発生した。このため、長尺鋼管先受け工と長尺鋼管鏡ボルト工を併用しながら掘削した。これらの補助工法の適用範囲は、上半120 度の範囲とした。しかしながら、No.91+8.6 の掘削中に側壁部押出し伴う切羽崩壊が発生した。その時の切羽状況を図-2 に示す。この崩壊は、ズリだし後のコソク中に発生し、上半の左土平から崩壊が始まり手前5m の支保工の側壁部を最大800mm 押し出した。

本報文は、当該区間の掘削で生じた事象によるゆるみ範囲の推定とその対策方法について報告する。

2. 押出し現象と原因の推定

- この崩壊現象の原因として次のようなことが推定される。
- ・この崩壊は前方ではなくトンネル側方の土平の崩壊である。
 - ・崩壊は上半120 度外で起きており、長尺鋼管フォアパイリングのラップする区間(撤去管区間)である。このことから、補助工法の縦断方向及び横断方向の弱部で崩壊が起きていることが考えられる。
 - ・崩壊部の空洞の深さが最大4.5m であり、ロックボルト打設範囲以深に脆弱部が存在し、ロックボルト効力範囲外から押出しが発生したことにより、側壁部の押出しが発生したことが考えられる。
 - ・側壁部崩壊前、A 計測による大きな変位は発生していない。
- 以上のことから、局所的な崩壊に伴う脆弱部が介在したため、押出しが発生したと推測される。しかしながら、この崩壊で生じたゆるみ範囲について明確にならなかった。

キーワード NATM, 脆弱層, 押出し現象, ゆるみ範囲

連絡先 〒315-0157 茨城県石岡市上曽 1705 上曽トンネル石岡 JV 工事事務所 TEL0299-57-2257

表-1 工事概要表

工 事 名 称	(仮称)上曽トンネル本体工事(石岡工区)
発 注 者	茨城県
受 注 者	大林・株木・市村特定建設工事共同企業体
工 期	令和2年3月25日～令和5年3月15日
工 事 場 所	茨城県石岡市上曽地内 石岡市道3760号線
工 事 内 容	延 長 トンネル延長 L = 3,538.0mの内1,939.0m
	工 法 NATM発破掘削方式
	断 面 掘削断面 60.23～82.62m ² (R1=5.05m)
地 質	中生代白亜紀～新生代古第三紀 花崗岩および、花崗変成岩

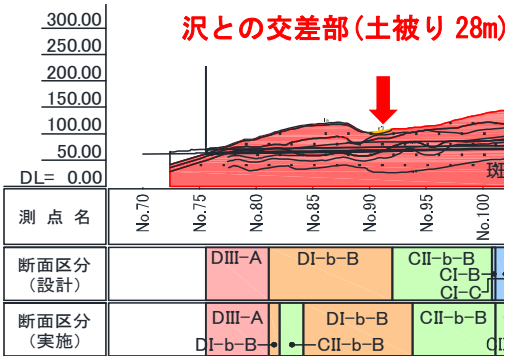


図-1 地質縦断図

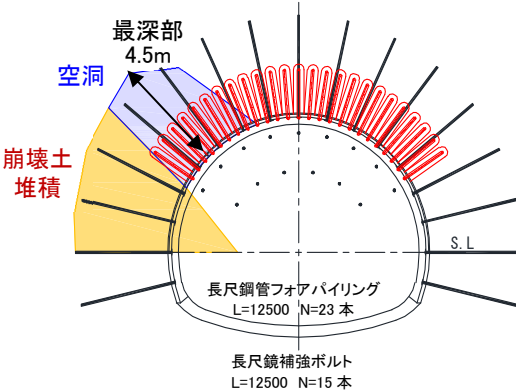


図-2 No. 91+8.6 切羽状

3. ゆるみ範囲の推定と対策工

トンネル周方向のゆるみ範囲の地盤改良を、注入式フォアポーリング(L=3.0m)を周方向 1.2m 間隔で実施した。注入量は、当工事の地山の間隙率から求め、ゆるみを考慮して改良円φ 1,800 mmの注入量 108 kg/本とした。また、注入の際に 108 kgの注入量で初期圧+2.5MPa に昇圧しない場合、ゆるみ範囲と判断し、昇圧が確認されるまで注入を行った。

注入式フォアポーリングの施工順序と施工範囲は、崩壊箇所手前の左 SL から天端に向かって施工を行い、108 kg/本の注入量で昇圧が確認される範囲とした。施工後の状況を写真-1 に示す。また、この注入の結果から推測されるゆるみ範囲を図-3 に示す。

注入式フォアポーリングの結果から、切羽前方もゆるみが生じている可能性があったため、長尺鋼管先受け工により地山改良を行った。打設範囲は、特定したゆるみ範囲から推定した前方のゆるみ範囲内のみの施工を行った。施工範囲図を図-4 に示す。また、施工前には安全性を確保する目的で仮設支保工の設置を行った。

注入量については、一次孔は通常量の 2 倍量の 354 kg/本、二次孔は 3 倍量の 531 kg/本とした。また、注入管理は通常通り一次孔は量圧管理を行い、二次孔は初期圧+0.5MPa に昇圧しない場合は 2 倍注入量を上限に初期圧+2.5MPa の昇圧まで注入を行った。

上記のような対策を行った後、補助工法を併用し掘削を以後大きな変動なく掘削を進めることができた。掘削中、集中的に変位を計測したが、大きな変位もなく収束した。

4. あとがき

一般的にこのような崩壊では生じたゆるみ範囲の推定が難しく、緊急性を伴うことから適切な対策をすることが難しいが、今回採用した注入式フォアポーリングの注入圧を用いてゆるみ範囲を特定し改良することでその後の掘削方針や適切な対策ができたと考えられる。

今回の事例のように設計段階のポーリング結果からマサのような砂地山の場合、局所的な脆弱部が介在している可能性を考慮し、120 度以上の補助工法を採用することで崩壊を防げた可能性がある。そのため、地山に応じた補助工法の選定事例を集約し適切な選定フローを作成することで安全かつ経済的な施工を行えるよう検討していくことが望ましいと考えられる。また、今回の事例が同様の問題を抱える技術者の一助になれば幸いである。

キーワード NATM, 脆弱層, 押し出し現象, ゆるみ範囲

連絡先

〒315-0157 茨城県石岡市上曽 1705 上曽トンネル石岡 JV 工事事務所

TEL0299-57-2257



写真-1 地盤改良完了全景

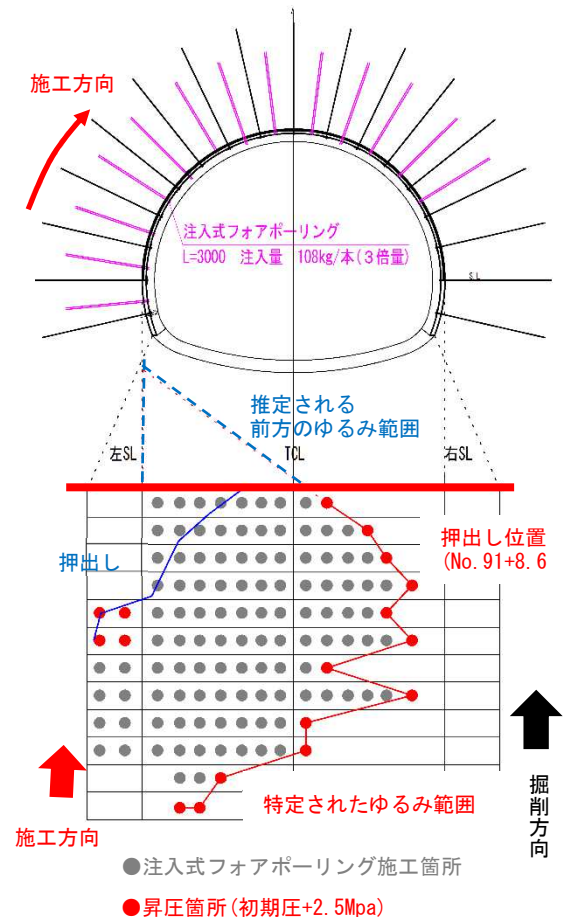


図-3 ゆるみ範囲図

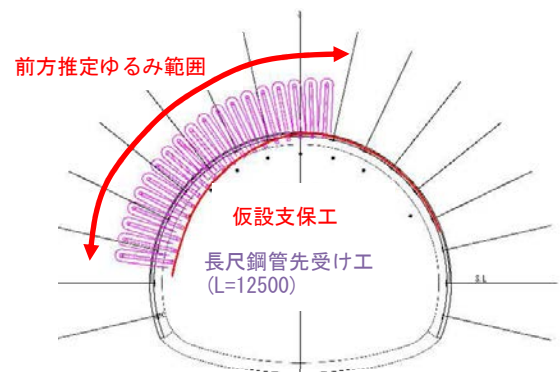


図-4 長尺鋼管先受け工範囲図