

スコリア層におけるトンネル掘削補助工法の工夫

西松建設(株)関東土木支社 正会員 ○堀越 秀樹 吉永 浩二
 西松建設(株)九州支社 正会員 鈴木 健
 中日本高速道路(株) 東京支社 沼津工事事務所 正会員 丸山 大輔

1. はじめに

新東名高速道路湯船原トンネル工事は、静岡県駿東郡小山町から御殿場市の区間における工事であり、そのうち、上下線のトンネルそれぞれ約1,600mを施工する(図-1)。本トンネル工事では、施工事例の少ないスコリアと称する火山砕屑物が堆積した未固結の地層を掘削しており、補助工法として長尺鋼管先受け工(以降AGFと記す)を採用していたが、TD=102m(TD:掘削開始側の坑口からの距離)のDIII区間においてAGFを打設しても天端崩落が発生した。またTD=168mとTD=413mのDI区間においても同様に天端崩落が発生した。これらの天端崩落発生を受けて、AGFの打設長の変更や注入式フォアポーリングの追加採用や打設位置の変更等を実施して、掘削を再開・継続することができた。

本稿では地山崩落状況から考えられた課題事項、AGF等の補助工法の工夫による実施結果について報告する。

2. 工事概要、地質概要

工事名 : 新東名高速道路 湯船原トンネル工事

工事場所 : 静岡県駿東郡小山町湯船~御殿場市神場

発注者 : 中日本高速道路株式会社 東京支社

トンネル工諸元 : トンネル掘削延長 上り線:1,598m, 下り線:1,604m

内空断面積 : A=73m²(片側2車線) 掘削方式 : 機械掘削工法(NATM)

掘削工法 : 上半先進掘削工法, 早期閉合法(坑口部)

本トンネルは、東と北を丹沢山地、西を富士火山東麓、南を足柄山地とこれに続く箱根火山に囲まれた、標高300~500mの山間盆地の湯船原台地に位置する。地質としては、新富士火山噴出物(YFL)と古期富士火山噴出物(OFL1~OFL4)が分布し、江戸時代の富士宝永噴火により堆積した宝永スコリア(Ho)が表面を覆う。なお、宝永スコリアは土地利用に伴う地形改変により削られた部分も多い。本トンネルにおける地質縦断図を図-2に示す。主にOFL3-2と呼ばれるスコリア層(泥流堆積物)が主であり、事前の調査ボーリングでは、N値が50以上で非常によく締まっている結果であった。



図-1 湯船原トンネル位置図

とこれに続く箱根火山に囲まれた、標高300~500mの山間盆地の湯船原台地に位置する。地質としては、新富士火山噴出物(YFL)と古期富士火山噴出物(OFL1~OFL4)が分布し、江戸時代の富士宝永噴火により堆積した宝永スコリア(Ho)が表面を覆う。なお、宝永スコリアは土地利用に伴う地形改変により削られた部分も多い。本トンネルにおける地質縦断図を図-2に示す。主にOFL3-2と呼ばれるスコリア層(泥流堆積物)が主であり、事前の調査ボーリングでは、N値が50以上で非常によく締まっている結果であった。

3. 施工上の課題と対応

スコリアという未固結地山は、地山と吹付コンクリートとの付着強度が弱く、吹付時に吹付コンクリートの自重に耐えられず、吹付コンクリートと一緒に地山が剥がれるように肌落ちが発生している。本トンネル掘削時には、図-3に示すように大きな天端崩落が3回発生した。また、「AGF(L=12.5m, 9mシフト)」では中間部の改良効果が十分ではなく、トンネル天端からの離隔が大きくなった箇所での小崩落が見られたことから、適宜、補助工法の追加、変更を行いながら慎重に掘削を進めた。

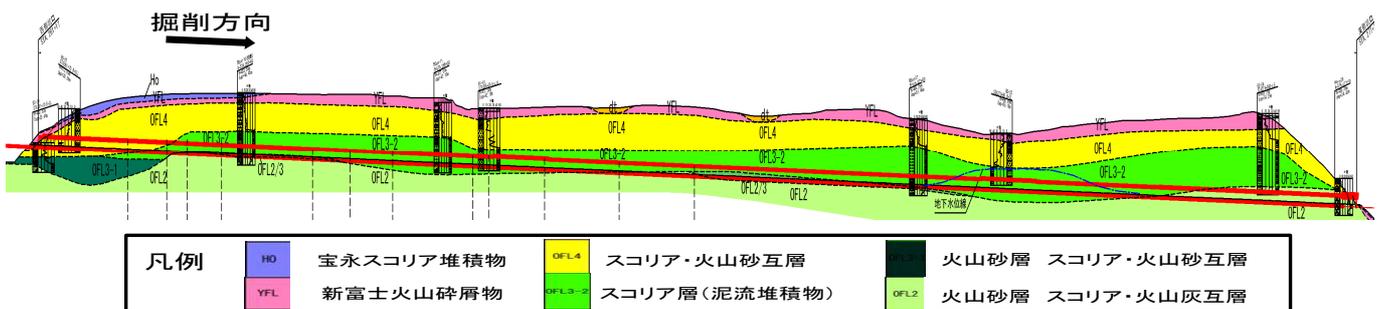


図-2 地質縦断図

キーワード スコリア, 未固結地山, 天端崩落, 注入式FP, 断面内打設

連絡先〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-1-18 ヒューリック虎ノ門ビル3階 西松建設(株)関東土木支社 TEL03-3502-7558

4. 対策工の実施

DIII区間における AGF での天端崩落以降、AGF のシフト長と打設長の変更、フォアポーリング工の追加打設を実施したが、効果は見られなかった。そのため、トンネル掘削断面により近い位置で改良体を構築することを目的として注入式フォアポーリング工を採用した。注入式フォアポーリング工では、打設方法の見直しと打設間隔の検討を行った。標準的な注入式フォアポーリングの打設位置は、トンネル断面外側の鋼製支保工上（図-4）であり、当該スコリアでは、鋼製支保工近傍の地山が注入式フォアポーリングの削孔時に乱され、注入時に注入材のリークが多く発生した。これにより、確実な圧入管理ができず、十分な改良体の形成が困難となった。そこで、注入式フォアポーリングの打設位置を、鏡吹付けコンクリート（ $t=50\text{mm}$ ）を施工したトンネル断面内（図-5）からすることによって、注入材のリークを解消し、確実な圧入管理によって十分な改良体を構築することで、掘削・吹付時の天端崩落の抑制を図った。また、掘削時にトンネル断面内のボルトを撤去するため、ボルトに切断用のスリットを設けた。

5. 施工結果

述の補助工法を工夫したことで、鋼製支保工に近い位置で改良体を構築でき、天端部の崩落を抑制した。また、注入式フォアポーリングを断面内から打設することは、標準的な断面外打設と比べ、仕上げ吹き施工を行う必要がなく、掘削断面内にボルトと改良体を残置することができ、天端部の崩落防止を抑制することができた。表-1に対策工、余吹き率、天端沈下量および注入材の注入率の関係を整理したものを示す。スコリアは上述の通り、吹付け中に肌落ちが発生することから、余吹き率は、一般的なトンネルに比べて大きい。しかしながら、注入式フォアポーリングの断面内打設を行うことで、掘削当初よりは余吹き率を低減することができた。なお、天端沈下量は、最大でも 15mm 程度であり、管理レベルI以内であった。

7. まとめ

本トンネルで掘削したスコリアは、吹付けコンクリートの自重に耐えられず、吹付けコンクリートとスコリアが肌落ちしてしまう現象が発生した。このため、適宜、AGF や注入式フォアポーリングの打設方法を変更して対応することで、天端崩落を抑制しながら掘削した。図-6 に支保パターン DI-b7(H)-K（断面内打設による注入式フォアポーリング）の断面図及び縦断面図を示す。

本報告が、今後の類似地山を掘削する際の参考になれば幸いである。検討、施工にあたり指導、協力をいただいた関係各位に感謝します。

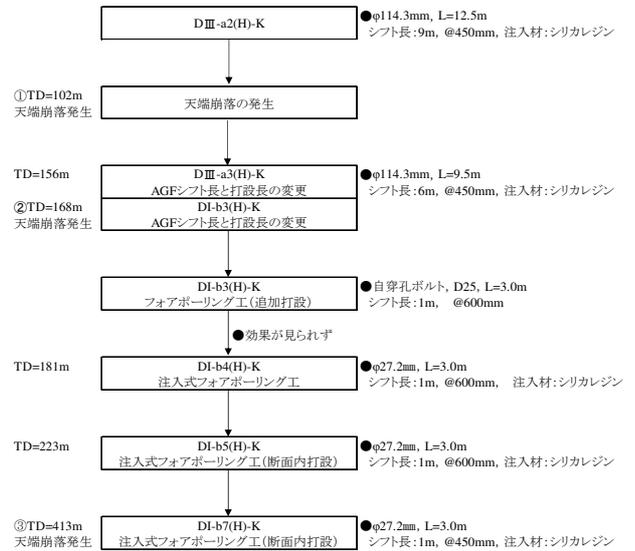


図-3 対策工実績フロー

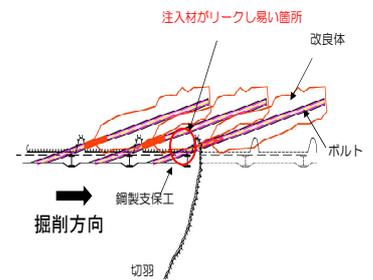


図-4 断面外打設（縦断面図）

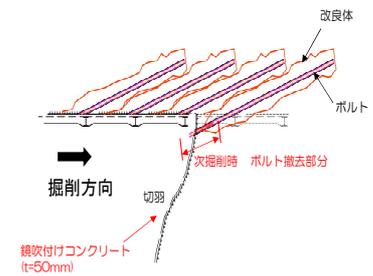


図-5 断面内打設（縦断面図）

表-1 対策工別施工実績

対策工	支保パターン	余吹き率(%)※1	最大天端沈下量(mm)※2	実績注入率(%)	施工延長(m)
1.AGF	DIII-a2(H)-K	294%	-16.3mm	138%	108m
2.AGF(打設長とシフト長変更)	DI-b3(H)-K	477%	-14.7mm	106%	25m
3.フォアポーリング工	DI-b3(H)-K	656%	-	-	11m
4. 注入式フォアポーリング工	DI-b4(H)-K	578%	-10.4mm	126%	42m
5.注入式フォアポーリング工(断面内打設) DI-b5(H)-K: 打設間隔600mm, n=20.5本 DI-b7(H)-K: 打設間隔450mm, n=26.5本	DI-b5(H)-K	395%	-14.5mm	113%	144m
	DI-b7(H)-K	424%	-13.0mm	92%	361m

※1 設計吹付量: 2.2m³
 ※2 管理レベルI 天端沈下: -22mm, 内空変位: -43mm
 管理レベルII 天端沈下: -32mm, 内空変位: -65mm
 管理レベルIII 天端沈下: -43mm, 内空変位: -86mm

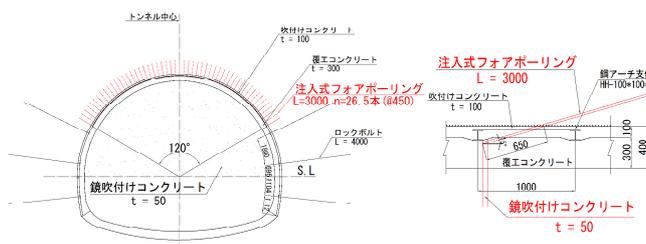


図-6 DI-b7(H)-K 断面図および縦断面図