

# 拡幅断面区間におけるトンネル施工について

湯北 記代彦<sup>1</sup>・永野 翔平<sup>2</sup>・山本 大暉<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 戸田建設株式会社 首都圏土木支店 土木工事2部工事2室 (〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1)  
E-mail:kiyohiko.yukita@toda.co.jp

<sup>2</sup>戸田建設株式会社 首都圏土木支店 土木工事2部工事2室 (〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1)  
E-mail:syouhei.nagano2@toda.co.jp

<sup>3</sup>戸田建設株式会社 首都圏土木支店 土木工事2部工事2室 (〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1)  
E-mail:hiroki.yamamoto@toda.co.jp

中部横断自動車道上八木沢トンネルは、トンネル延長678mの二車線トンネルである。トンネルの終点坑口部では、5段階で拡幅する拡幅断面区間となっている。拡幅断面区間における最大設計掘削断面は標準掘削断面の約2.2倍となっている。このため、拡幅断面区間掘削時に切羽の安定化を考慮し施工する必要があった。

本文では、この拡幅断面区間での施工方法について報告する。

**Key Words :** widened section, pilot tunnel, auxiliary construction method, dividing the excavations

## 1. はじめに

中部横断自動車道は、静岡県静岡市を起点に、山梨県甲斐市を經由して長野県小諸市に至る延長約132kmの高速自動車国道である。中部横断自動車道の開通により、新東名高速道路、中央自動車道および上信越自動車道が接続され、周辺地域における生活、産業、観光面の活性化、異常気象時における代替道路の確保、地震災害時の緊急輸送路の機能向上、高次医療施設への迅速な移動が可能となるなど、さまざまな効果が期待されている。

上八木沢トンネルは、国土交通省直轄の山梨県区間（富沢IC～六郷IC）の延長約28kmのうち、山梨県南巨摩郡身延町上八木沢に位置する延長678mの山岳トンネルである（図-1）。トンネルの終点坑口部においては、下

部温泉早川ICのランプ部がトンネル区間に入る。トンネル拡幅区間130.5mは、5段階で拡幅する計画となっており、最大断面部の設計掘削断面積は226m<sup>2</sup>で標準断面の2.2倍を要する（内空断面では、標準部76m<sup>2</sup>最大部182m<sup>2</sup>で標準断面の2.4倍である。）。このため拡幅大断面区間掘削時の切羽の安定化を考慮し施工する必要があった。

## 2. 工事概要

### (1) 地形・地質概要

トンネルを掘削する地形は、甲府盆地から太平洋に至る富士川砂岩の丘陵部を計画標高240～250m程度で丘陵斜面を貫くもので、起終点側の両坑口部の地形は、斜面



図-1 工事位置図

トンネルの地質は新第三紀中新世の富士川層群身延累層の泥岩が大半を占めており、トンネル中央部では、礫岩、凝灰岩、砂岩の薄層が介在する。また、トンネル終点側坑口付近には、貫入岩（ドレライト）のシート状岩脈が挟在する（図-2）

工事概要を表-1に示す。トンネル掘削は、起点から終点側に行った。起点から終点へのトンネルの縦断勾配は下り勾配であるため、切羽からの湧水による路盤の泥濘化や滞水等の掘削環境の負荷を低減する施工を心掛け、排水処理や路盤整備を実施しながら施工を行ってきた。しかし、掘削進捗120m付近において、事前調査では捉えられなかった毎分約1tの多量の湧水が発生し、坑内帯水や坑内路盤の泥濘化により掘削機械の重機足場を確保するための処理等で進捗に多大な影響を及ぼした（写真-1）。掘削土である泥岩は湧水に触れた箇所を掘削機械が往来すると簡単に泥濘化・泥水化するため、坑内路盤の泥土や泥水の処理に苦労しながら、掘削を行ってきた。また、掘削進捗330m付近からは泥岩中の自然由来の重金属が溶出基準を超過し、要対策土と判定された。この要対策土の搬出先の確保の問題等もあり、平成27年9月から残土搬出先の受け入れ容量の問題から、トンネル掘削を昼夜施工（2方施工）から昼勤施工（1方施工）に切り替え等を行いながら掘削を継続し、平成28年1月からは完全に昼勤施工（1方施工）でのトンネル掘削を行い、平成29年6月にトンネル掘削を完了、平成29年9月にインバートが完了した。トンネル延長678mとそれ程長いトンネルではないが掘削完了までに大変時間を要したトンネルである。

| 表-1 工事概要         |                                                                                                                                   |                                                                                                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工 事 名 称          | 中部横断上八木沢トンネル工事                                                                                                                    |                                                                                                                                       |
| 工 事 場 所          | 山梨県南巨摩郡身延町上八木沢地先                                                                                                                  |                                                                                                                                       |
| 工 期              | 平成26年2月～平成27年7月（当初）<br>平成26年2月～平成30年3月（変更）                                                                                        |                                                                                                                                       |
| 発 注 者            | 国土交通省関東地方整備局                                                                                                                      |                                                                                                                                       |
| 施 工 者            | 戸田建設株式会社                                                                                                                          |                                                                                                                                       |
| 工<br>事<br>内<br>容 | 延 長                                                                                                                               | 678m                                                                                                                                  |
|                  | 断 面                                                                                                                               | 標準部（DⅠ-bパターン）<br>設計掘削断面積 103m <sup>2</sup> （盤下げ含む）<br>2車線道路トンネル<br>拡幅部最大（DⅢ-L5パターン）<br>設計掘削断面積 226m <sup>2</sup> （盤下げ含む）<br>3車線道路トンネル |
|                  | 工 法                                                                                                                               | NATM                                                                                                                                  |
|                  | 掘 削 方 式                                                                                                                           | 機械掘削（ロードヘッダ）                                                                                                                          |
|                  | 掘 削 工 法                                                                                                                           | ショートベンチカット工法                                                                                                                          |
|                  | 掘 削 支 保                                                                                                                           | 672m                                                                                                                                  |
|                  | 掘削補助工                                                                                                                             | 長尺鋼管フォアパイリング<br>長尺錠ボルト<br>錠吹付けコンクリート等 1式                                                                                              |
|                  | インバート工                                                                                                                            | 678m                                                                                                                                  |
|                  | 覆工・防水工                                                                                                                            | 676.2m                                                                                                                                |
|                  | 坑 門 工                                                                                                                             | 2箇所                                                                                                                                   |
| 区 間 内 訳          | 標準断面区間 485.5m<br>非常駐車帯 31.0m 2箇所<br>拡幅断面区間 130.5m<br>（DⅠ-L1～DⅢ-L5）<br>※DⅢ-L4、DⅢ-L5 46.5m<br>高強度吹付けコンクリート<br>高規格鋼製支保工<br>高耐力ロックボルト |                                                                                                                                       |



The diagram illustrates the geological profile of the Ushibuki Tunnel. The horizontal axis represents the tunnel's length, with stationing from 0+00 to 0+130.5m. The vertical axis shows elevation in meters, ranging from 200.00 to 350.00. The tunnel alignment is shown as a horizontal line at approximately 250.00m elevation. The geological strata are color-coded and labeled: blue for claystone (泥岩), orange for sandstone (砂岩), and green for limestone (凝灰岩). A fault line (ドレライト) is indicated by a dashed line with arrows. The diagram also shows the locations of the tunnel entrance (終点側入口) and exit (起点側入口) at station 0+130.5m. A scale bar indicates a length of 130.5m.

- 2 -



面が不安定化することが懸念されるため、緩み範囲を抑制し早期に鏡面を安定化させることが重要となる。そのため、鏡面安定化対策として、拡幅区間（DⅠ-L1、DⅠ-L2）の掘削前に長尺鋼管鏡ボルト（φ76.3mm、L=12.8m、ラップ長3.5m、12本/断面、6シフト、注入材シリカレジ70kg/本）を採用した（図-6）。長尺鏡ボルトの採用は、鏡面のせん断抵抗力を1.3倍向上させるとにより、鏡面の押し出し抵抗性の向上と前方地山の縫い付け効果により、先行変位と岩塊の抜け落ちを抑制し、周辺地山の緩みの拡大を防止することを目的とした。また、上半掘削は、上半天端部分からの抜け落ちや緩みの拡大を防止するため、上半断面を上部と下部に分割し、上半上部断面の掘削完了後、直ちに一次吹付と鏡吹付を実施し、その後、上半下半断面を掘削し、直ちに一次吹付と鏡吹付を実施することで鏡面の安定化を図った。

### c) 加背割の変更

DⅠ-L3パターンは、当初CⅡ-L3パターンであったが岩判定の結果DⅠ相当と判定されたが、DⅠ-L1、DⅠ-L2パターン区間に比べ、棒状のコアが比較的多いことから上半の鏡面安定対策は、鏡吹付コンクリートによる補助工法で対応した。また、この区間からは、上半先進多段ベンチカット工法（加背割の変更）に変更した。設計で使用している自由断面掘削機（MRH-S200： Cutterヘッド出力200～240kw）の最大掘削高さが6.0mで、当初設計（CⅡ-L3～DⅠ-L5パターン）の2分割の加背では、上半の掘削高さが6.0m以上となり、天端付近の掘削が出来ないので、機械掘削高さ以内に上半盤の高さを変更した。加背を小さくすることで、掘削時の応力解放が小さくなり、安定性が向上する。下半部についても、上半盤の高さ変更により下半部が高くなるため、中下半に分割し、施工性と安全性を高めることにした。当初設計断面のCⅠ-L3と変更断面のDⅠ-L3パターンを図-7に示す。

### d) 先進導坑を採用したDⅢパターン区間の掘削

DⅢ-L4、DⅢ-L5パターン区間は貫通側へ進むに従い、断面が不安定な拡大方向になる構造条件（DⅢ-L5断面で標準断面の2.2倍に拡大）に加えて、土被りが順次薄くなり、薄層破碎部の介在や風化した泥岩が掘削断面に出現するなど地山条件が悪くなる。そのため、安全な掘削方法の採用および終点側坑口の施工条件を考慮して掘削方法を決定した。

貫通点となる終点側坑口部には坑口から約20mの位置から橋梁となるが、別途工事により上部工工事を施工中で橋梁が完成していなかった。そのため、終点側から施工する坑口付け、長尺鋼管フォアパイリングの施工が出来ない状況であったが、急勾配の工事用進入路を橋梁下部から確保することで、坑口切土等の坑口付けを終点側から施工することが出来た。しかし、貫通前に施工をしておくべき長尺鋼管フォアパイリング施工のためのホイ

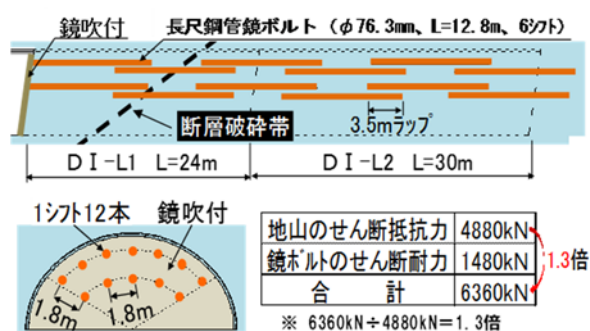


図-6 長尺鋼管鏡ボルト縦断面図

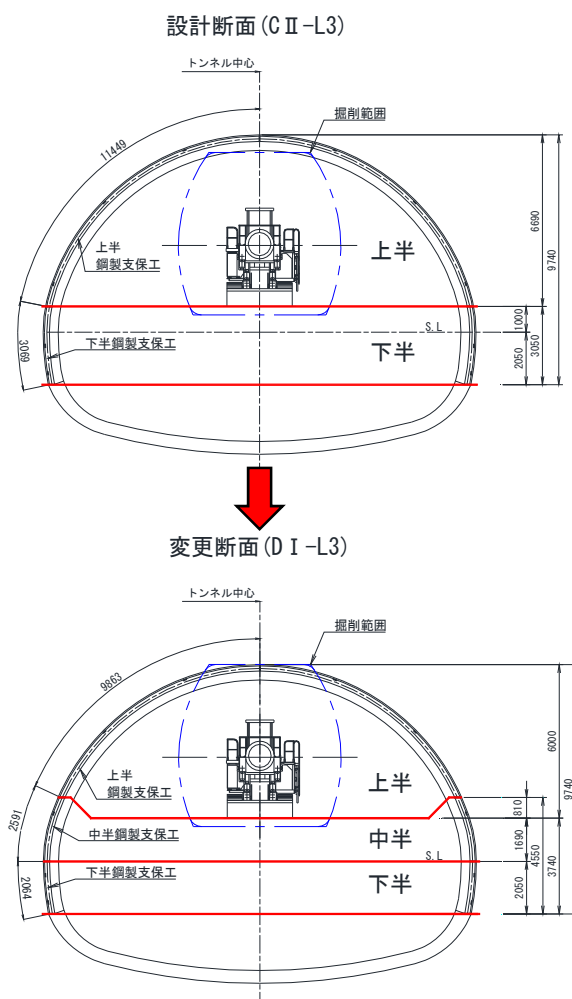


図-7 加背割の変更

ールジャンボや電源設備等は、大型の機械・設備であるため、急勾配の工事用進入路から終点側に持ち込めない状況であった。このような終点側坑口部の条件から、DⅢ-L4パターンから先進導坑（図-8、図-9）を採用し、先進導坑を先行貫通させた後に導坑断面を使用して終点側から長尺鋼管フォアパイリングを施工することにした。また、坑内からは、設計の終点側坑口部の長尺鋼管フォアパイリングに加え1シフト追加施工し、風化泥岩部と

貫入岩層（ドレライト）を一体化させて天端の安定化を図ることとした（図-10）。先進導坑は、掘削機械（自由断面掘削機、吹付ロボット、ホイールジャンボ等）で施工が可能で最終的にホイールジャンボが通過可能な断面とした。先進導坑の掘削支保は、上半断面中心の核となる部分であるため、鋼製支保工H-150×150@1m、吹付コンクリート20cmとし、堅固な構造体に置き換え、GFRPロックボルト（L=4m、φ27、耐力343kN、6本/間）を導坑内から打設することにより地山を縫い付け、後施工の上半断面施工時の地山崩落を防止し、安定化を図ることとした。また、先進導坑の採用により後掘削となる上中半施工時の掘削土量の縮小により切羽解放時間が縮小するため安定した上中半掘削および緩みの拡大による切羽崩壊災害の防止を図った施工とした。施工状況を写真-2～写真-5に示す。

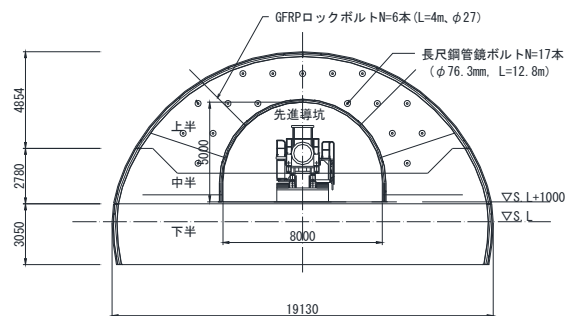


図-8 先進導坑採用

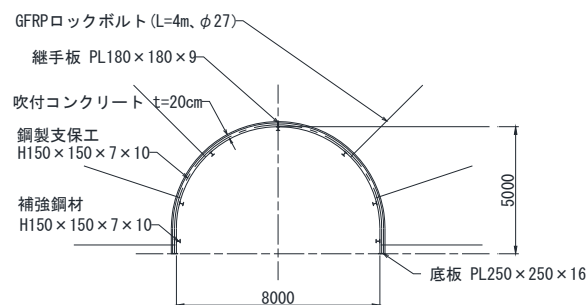


図-9 先進導坑詳細図

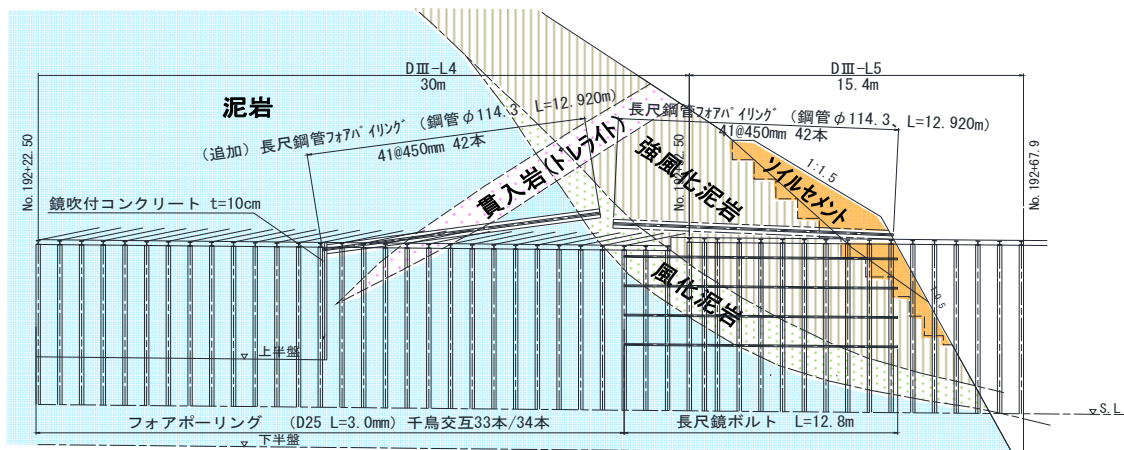


図-10 補助工法縦断面図



写真-2 先進導坑掘削状況



写真-3 終点側坑口上半掘削状況



写真4 長尺鋼管フォアパイリング施工状況



写真5 掘削最大断面226m<sup>2</sup>

#### 4. まとめ

国内最大規模の大断面を有する拡幅断面区間の掘削を行うにあたり、長尺鋼管鏡ボルトや長尺鋼管フォアパイリングの掘削補助工法と、先進導坑による先行貫通、掘

削断面の3分割による施工を行うことで、懸念していた切羽崩壊による災害もなく、安定してトンネルを掘削することができ、無事に施工完了することができた。

(2018. 8. 10 受付)

### TUNNEL CONSTRUCTION METHOD IN WIDENED SECTION

Kiyohiko YUKITA, Syouhei NAGANO and Hiroki YAMAMOTO

At the end point of this tunnel, it is a widened cross section that expands in 5 stages. The maximum design excavation cross section in the widened section is about 2.2 times the standard excavation section. For this reason, it was necessary to construct in consideration of the stability of the cutting face during excavation of the widened section. The authors report on the construction method of the widened section.