

# 低土被りトンネルにおける超長尺先受け工（0-STEP<sup>\*</sup>工法）の施工

中部地方整備局 岐阜国道事務所 工務課 松岡 謙介

## 1. はじめに

山岳トンネル掘削の主流であるNATM工法において、トンネル天端及び切羽の安定性確保、周辺環境の保全のため、様々な補助工法が採用されており、不可欠な技術となっている。一般国道156号岐阜東バイパスの一翼を担う岩戸トンネル工事においても、低土被り部が続き、しかも坑口直上を林道が走っていることから、補助工法の一つである先受け工を施工することとした。各種ある先受け工の中で、設計段階において経済性、施工性で有利と考えられた超長尺先受け工（0-STEP工法）を採用した。本工法はNETIS登録されている新工法で、先受け鋼管の長さが37mと通常先受け工の2倍以上の長さであり、同規模のものは全国2例目であることから、試験フィールド工事と位置づけ、計画・施工・評価をした。本稿は、超長尺先受け工の概要と施工結果について報告するものである。

\*Optimum-Speedy Treatment by Elongated Piling : 長いパイルによる最適で早い改良

## 2. 工事概要

岩戸トンネルは、一般国道156号岐阜東バイパスの一部として現在対面2車線で供用中である。日交通量は2万台を超え、また、トンネル北側坑口から200m程度付近で、岐阜市を囲む岐阜環状線（4車）と合流し、交通混雑・渋滞が発生している。このため交通容量を増大すべく南側の橋梁部等と合わせ、H19年度末の4車供用に向けて工事を進めている。

起工側となる北側坑口付近は、なだらかな斜面であり土被り厚が20m以下の区間が200m程度続く。さらに、I期線の既設トンネルと近接し、坑口上部土被り1.9mでは林道があり、地質もルーズな砂礫または礫質土であるため、トンネル掘削による影響を与えないよう、かつ切羽の安定を確保するための確実な改良が必要であった。

起工側坑口の平面図及び林道との交差部の横断図を図1、図2に示す。

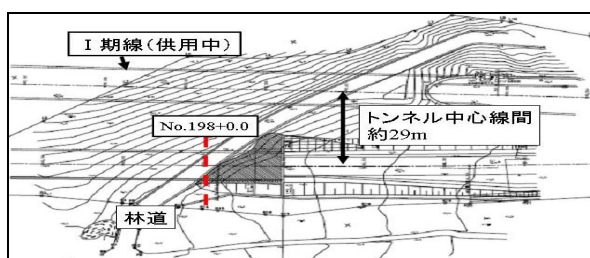


図1 起工側坑口部平面図

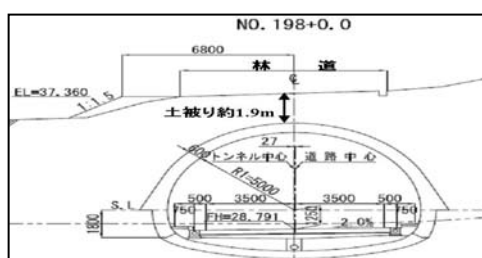


図2 林道交差部横断図

## 3. 超長尺先受け工（0-STEP工法）の概要

### 3.1 超長尺先受け工の選定

各種の補助工法を比較検討し、経済性・環境影響、また、特殊な機械が不要という作業性の優位から、超長尺先受け工を採用した。補助工法の概略選定フローを図3に示す。

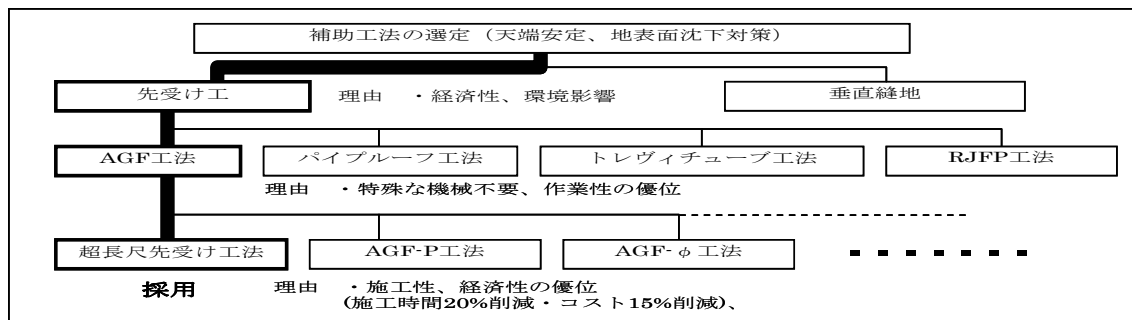


図3 補助工法選定フロー

超長尺先受け工は、FEM解析の結果、地山改良が必要と判断された37m区間を、1回の打設で施工可能な工法である。12m程度の施工を複数回行う従来のAGF工法に比べ、施工時間で80%、コストで85%と、施工性、経済性とも優位であると試算した。

超長尺先受け工の概要を図4に示す。

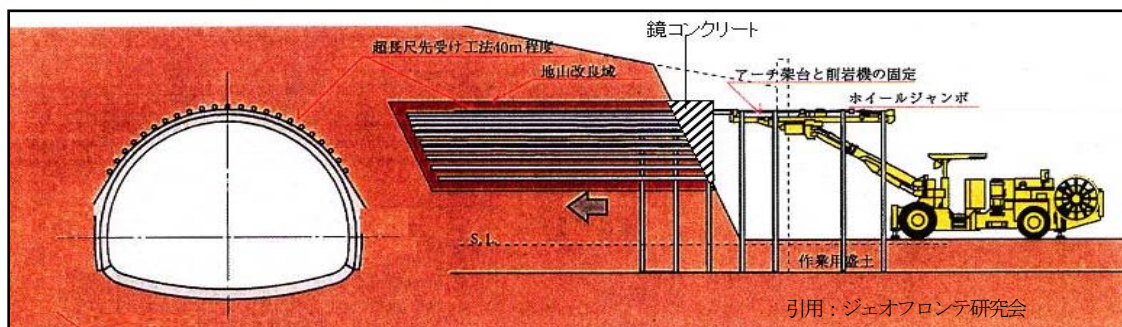


図4 超長尺先受け工 概要

管径	φ114.3mm
長さ	37m
打設間隔	450mmピッチ120°
本数	27本
注入剤	シリカレジン注入剤(ゲルタイム調整)

左: 超長尺先受け工緒元

右: 施工フロー

- ① 鏡コンクリート打設
- ② 鋼管打設用定規架台の設置
- ③ 鋼管打設
- ④ 鋼管打設精度確認
- ⑤ シリカレジン注入工
- ⑥ 仮設撤去
- ⑦ 掘削開始

### 3.2 超長尺先受け工の施工

本工法の施工に当たり、事前に予想された問題と計画段階での対応策を以下に示す。

施工計画の際には同じ超長尺先受け工で、唯一30mを超える実績である津田トンネル工事（平成7年：四国地方建設局香川工事事務所発注）を参考にした。

#### 3.2.1 掘削精度の問題

施工長37mと超長尺であるため、鋼管の曲がりやが予想された。掘進の途中で修正することは不可能であり、初期掘進における精度が全体の精度を大きく左右するため、掘進初期に均一な層を形成して掘進精度の向上を図る方法として、鏡コンクリートによる人工地山の構築を行った。更に、反力確保、方向性向上のため支保工に用いる鋼製アーチにガイドセルを取付け、根固めコンクリートにて強固な構造とした。

トンネル掘削を施工する上で、鋼管打設の精度が重要であることと、打設位置の確認は、試験フィールドとしての結果を得る上でも、更には掘削時の対策検討にも必要とな

ることから、孔曲がり線形計測システムにより、実際の打設位置を計測した。孔曲がり線形計測システムとは、鋼管に通すことで鋼管の曲がりを測定できるセンサである。

### 3.2.2 注入薬液のゲルタイム（固化時間）の問題

通常の薬液では、37mの注入中に固化してしまう恐れがあるため、独自に改良したゲルタイムの長い注入剤を使用した。均一な改良効果が得られるように、37mを6分割して同時注入とした。また、注入材として用いるシリカレジンとは2種の薬液を混合し発泡・固化させるものであり、通常は混合してから鋼管に注入するが、超長尺注入中に固化せぬように、ホースの先端で薬液が混合されるように、奥2区間は先端ミキシングを行う工夫を施した。

### 3.2.3 地表面沈下計測、斜面監視

トンネル掘削にともなう地表面の沈下を調べるために、先受け工の実施前から、トンネル掘削中、そして変位が収まるまでの間継続して計測を行った。また、地滑り及び偏圧の危険監視のために、I期線トンネルと新規トンネルの間に傾斜計を設置し、地山の挙動を計測した。「道路トンネル観察・計測指針」（日本道路協会）及びFEM解析結果に基づき、管理レベルを設定して計測結果を常に施工に反映できるように計測・管理を行った。

## 4. 施工結果

### 4.1 掘削精度、時間

施工延長20m程度まではそれほどのずれも無く掘削できるが、20mを超えると下方に曲がる傾向があった。掘削効率も20mを超えると急激に悪くなった。全27本中5本は、25mを超えた辺りで掘削不能となり、地山改良も途中までとなった。典型的な鋼管の軌跡を図5に、区間ごとの掘削速度を図6に示す。削孔準備、管洗浄（くり粉排出）を含め1本あたりの施工時間はおよそ4時間半から7時間程度であり、設計段階の計画と比較すると2倍近く要した。

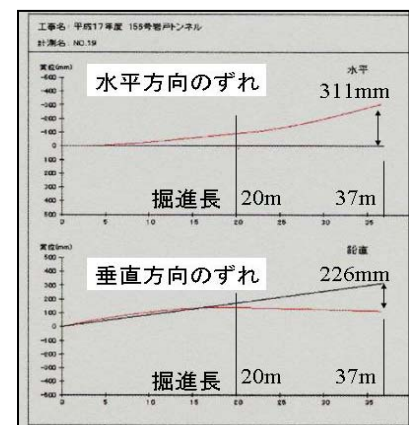


図5 掘削結果(軌跡)

### 4.2 薬液注入

薬液の注入量 (kg/m) 及び注入圧は当初設定の管理値通りであり、心配された注入途中での固化は無く、鋼管周りの地山改良は期待通りに行われていると考えられる。

掘進長	速度(m/分)
0m~9.5m	0.97
9.5m~19m	1.14
19m~28m	0.42
28m~37m	0.37

図6 掘削結果(速度)

### 4.3 鋼管軌跡に基づく改良体図

孔曲がり計測結果及び薬液注入量により断面ごとの改良体の位置を図7に示す。施工延長20m地点と37m地点の改良体図を図7に示す。図から解るように施工延長20mまでは、均一な改良が行われたが、37m地点では、均一な改良体が構築されたとは言い難く、そのままでは掘削中に剥離等の危険があると判断し、改良体の隙間に、追加でφ27.2mm、長さ3mの鋼管による注入式フォアポーリングで部分改良を行った。

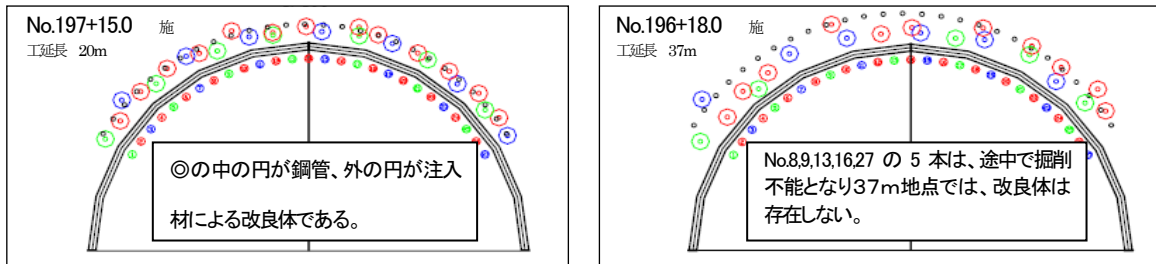


図7 20m、37m地点での改良体図(◎が施工結果)

#### 4.4 周辺地山の変位

表面沈下、傾斜計による地山の変位ともに、対策工や追加の計測が必要な要注意レベルになることはなく収束しており、変位抑制の目的は達せられた。

#### 5. 結果のまとめ及び評価

本来の目的である地山変位抑制効果は、従来工法と同程度である事が確認できた。

施工延長20m程度までは、均質な改良、良好な施工効率が確認できたが、37m全体の施工では20m以深での孔曲がり起因する追加改良が必要となるなど、経済性・施工性ともに従来工法と比較してほぼ同等のコストとなった。

従来技術としてAGF-P工法を想定し、項目毎に評価・課題をまとめたものを表1に示す。AGF-P工法は、10m~15m程度の長さの鋼管及び塩ビ管で改良を行うもので、本工事の改良区間を3回に分けて施工を行うものと仮定した。

表1. 評価結果

評価項目	評価	今後の課題
経済性	従来とほぼ同等のコスト 原因: 鏡コンクリートが必要 孔曲がり計測が必要 追加の補助工法が必要(20m以深) ゲルタイムを改良した注入材が必要	計画時における十分な検討(鏡コンクリートや注入材の選定等)が必要
工程	従来に比較し工程が長くなる可能性有り 原因: 20m以深の掘削効率の低下 くり粉排出及び洗浄の時間が大 孔曲がり計測による時間増 補助工法追加による施工時間が増	掘削力のある機械の検討が必要 気泡材による洗浄等、くり粉排出方法の検討が必要 洗浄効率を考慮すると上り勾配3%が有効
品質・出来形	20m以深は孔曲がりにより不均一 補助工法追加による改良体構築が必要	掘削方向の制御の検討が必要
施工性	長尺のため、注入量が多くなり煩雑化	注入材・注入法(ゲルタイム、分割注入等)の検討が必要
安全性	作業員の負担増 原因: 同時使用機材が多く、管理・運搬増大 (超長尺及び6箇所同時注入のため)	鋼管の軽量化、同時注入の簡素化等の負担軽減の検討が必要
環境	長時間連続削孔作業のため騒音が継続	周辺環境、作業環境の十分な検討が必要

#### 6. まとめ

本工法のメリットは従来よりも長い延長を段取り替え無く1回の施工で改良できる点である。今後他工事への展開に因る上においては、20m程度までの先受けが必要な工事では優位性は非常に大きいものと思われ、それ以深の長尺先受け受工事においても、上表1の課題を改良することで、そのメリットを大きく活用できると考えられる。

また、今回の施工で、鏡コンクリートや孔曲がり計測、注入材の改良等施工に必要な項目を提案・実施し、今後の設計段階での考慮すべき項目として整理できた。なお、改良点としてあげた掘削方向の制御が可能な工法（ELPS工法：Extra Long Pre-Supporting Method）がNETISに登録（2006年4月）されている。これら最新技術も比較検討し、工法を決定していく必要がある。

最後に、本報告をまとめるにあたり、ご指導、ご協力頂いた関係各位に、深く感謝を申し上げます。