

土被り 3.9mで市道と交差する新幹線トンネルの掘削計画および施工結果

戸田建設(株) 九州支店 正会員 ○金本 淳史
(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 九州新幹線建設局 正会員 張 信一郎

1. はじめに

本工事（九幹西，諫早トンネル他工事）は，2012 年 6 月から整備が進められている九州新幹線西九州ルートのうち長崎県諫早市の市街地に位置する延長 230mの山岳トンネル（機械掘削，ショートベンチカット工法）の工事である．トンネル上には土かぶり約 3.9mで交通量の多い市道と上下水道などの埋設物があり，沈下を抑制するためのトンネル掘削計画の策定が必要であった．

2. トンネル掘削の施工上の課題

事前調査の結果から，トンネルクラウン部には強風化凝灰円礫岩層が分布し，その下方から下半盤まではシルト質砂岩が分布している（図-1）．シルト質砂岩は標準貫入試験から N 値 10 以下の非常に脆弱な地質であり，上半および下半支保工の脚部に分布していることから，掘削による即時沈下およびトンネルの沈下に起因する地表面の沈下が懸念された．このため，2 次元 FEM 解析によりトンネル周辺の挙動を推測したところ，トンネル天端において 35.5 mm，地表面においては 31.4 mmの沈下が生じる結果となった（図-2）．

この結果を踏まえて，市道および各種埋設物の管理者と協議した結果，以下の条件を満足する施工方法が求められた．

- ・市道，埋設管の沈下を 20 mm以内に抑制．
- ・市道上を走行する一般車の安全を確保．

3. 沈下対策工法の選定

沈下抑制には，トンネル掘削によるひずみが大きくなるシルト質砂岩層の変形を抑制することが最重要であると考え，当該地層の補強により天端沈下を抑制する工法を抽出し，工費，安全性，工程の観点で検討し，各種検討案の中から最終的に以下の 2 案に絞って具体的な検討を実施した．①「底設導坑とクラウン部の AGF 工法併用」案，②「地上からの高圧噴射地盤改良とクラウン部の AGF 工法併用」案を比較検討した結果，シルト質砂岩層を直接的に地盤改良することができ，施工精度も高く，さらにトンネル掘削工程への影響が少ない②案を採用することとした（表-1）．

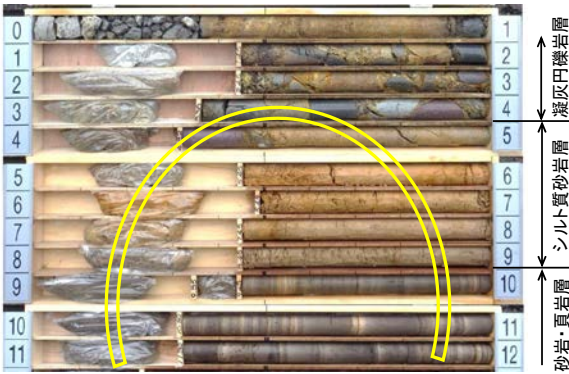


図-1 ボーリングコア

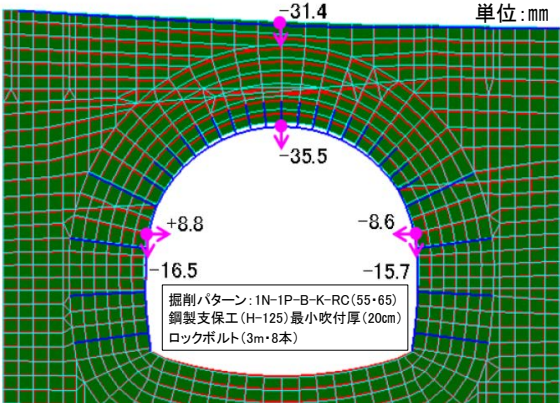


図-2 2次元 FEM 解析検討図

表-1 工法比較検討表

工法	① 底設導坑 + AGF120° 併用案	② 地上からの高圧噴射地盤改良 + AGF120° 併用案
概要図		
施工概要	トンネル中央部にW:6.5m、h:5.2mにて底設導坑を掘削する。底設導坑は市道部を横断する区間とし、1間づつ支保工、吹付コンクリート、地盤改良型ロックボルトで支保しながら掘削する。シルト質砂岩層にはロックボルトを密に打設し、本坑施工時の沈下を抑制する。導坑完了後、上半120°範囲を最小拡幅AGF工法で先受けし、上半先進掘削により市道部区間を通過する。	本坑トンネル掘削の工程に影響を与えない時期に、夜間、市道部を夜間通行止めして路面覆工を設置したうえで、左右の支保工足付け部分のシルト質砂岩層に高圧噴射地盤改良を行う。市道部分は夜間作業で覆工板の開閉を行いながら地盤改良を行う。本坑掘削は、上半120°範囲を最小拡幅AGF工法で先受けし、上半先進掘削により市道部区間を通過する。

キーワード 小土かぶり，高圧噴射地盤改良，エンパソル調査

連絡先 〒810-8502 福岡市中央区天神 2-13-7 戸田建設九州支店土木部 TEL 092-753-4114

4. 高圧噴射地盤改良の計画と施工

シルト質砂岩層を正確に把握することを目的に、調査ロッド削孔時の各種油圧エネルギーを計測、解析することで地層分布や地山の硬軟が推定できるエンパソル調査を5m間隔で実施し、改良体の配置、改良深さを計画した(図-3)。上半支保工の脚部を確実に支持できるように改良体のラップ幅は1.1m以上を確保している。1本の改良体を構築するには2~3日の施工日数が必要なため、市道部分には覆工板の架設を計画し、また、埋設物箇所では試掘を行い、沈下棒を設置した。

5. 市道横断部のトンネル掘削

市道横断部のトンネル掘削は、地上の一般交通の安全を確保するため、上半掘削は影響範囲を含めた延長20mの区間を夜間通行止めにして施工する。上半掘削はリングカットにより、トンネル中央部の地山を大きく残す核残し施工とし、掘削作業の終了時には、鏡吹付けを実施し切羽の安定を確保した。上半脚部はシルト質砂岩層が2~4mの厚さでほぼ水平に分布している。

この層はシルトを多く含み、含水比が高いこともあり湧水や作業用水で著しい泥濁化を生じたため、掘削作業が中断する昼間において、生石灰による重機足場の改良を実施した。

シルト質砂岩層には礫が混入していないこともあり、安定した改良体が造成できていたことが掘削段階で確認できた。改良体の強度は $3\text{N}/\text{mm}^2$ でありバックホウでの掘削は困難であるが、自由断面掘削機では容易に掘削することができる。アーチ部はAGF工法の改良体によるルーフ、鏡面は核残しの補強を行うことにより、切羽の安定を確保して工事を完了できた(写真-1)。

6. 施工(計測)結果

坑内A計測では、上半掘削後の初期変位で6mm程度の沈下が見られたが、速やかに変位の進行は減少して1D以内に8mm程度の沈下量でほぼ収束し、下半掘削から吹付けインパートの施工の間では変位の増加は見られない結果となった(図-4)。地表面については、トータルステーションによる全自動沈下計測により沈下を常時測定した結果、最大沈下量として3.4mmで工事が完了した。

埋設管については、レベルによる沈下測定から1mmの隆起という結果となり、設定した管理基準を全て満足する結果となった。

7. 今後の展望

山岳トンネル工事は土かぶりが多い地形条件で施工されることが多く、本工事のように極めて土かぶりが小さい箇所では従来、開削工法が採用されてきた。今回は上半支保工脚部の支持力確保が山岳工法採用の障害であったが、高圧噴射地盤改良工を山岳工法に適用することでこのような条件下でも安全にトンネルが施工できることを確認した。開削工法では、長期の道路占有が必要になるため、諸条件により道路占有が困難な場所などで今回の計画が選択肢のひとつになると思われる。

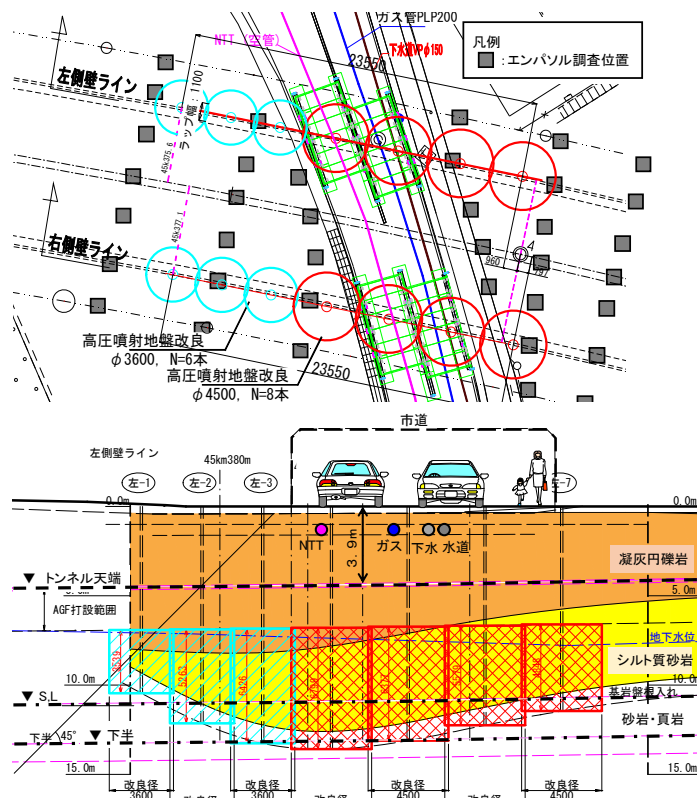


図-3 地盤改良平面・縦断図



写真-1 地盤改良区間の切羽状況

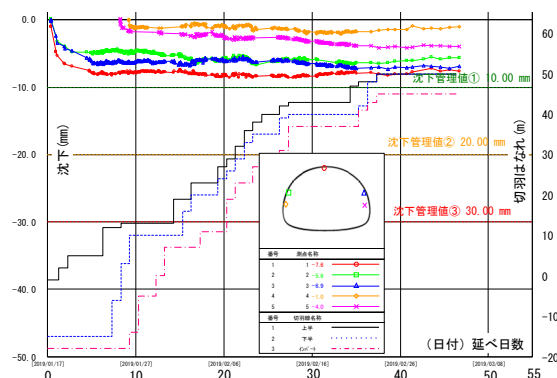


図-4 坑内A計測結果(代表的な断面)