

小土かぶり市道直下における近接施工について — 九州新幹線西九州ルート 第3岩松トンネル —

新宮信也 * 大庭志朗 ** 岡原文実 *** 福田博光 **** 徳永英人 *** 高橋正行 *

第3岩松トンネルは、住宅地および市道直下を最小土かぶり3mで通過する山岳トンネルである。筆者らは、近接構造物への影響を最小限に抑えるため、地質調査と数値解析を行い、対策工を選定した。

対策工として無拡幅型長尺フォアパイリング（以下、AGF）と道路開削による埋設物（上下水道管）の監視および吊り防護を実施し、切羽位置に合わせて道路占用帯を切り替えた。結果、近接構造物に設定した沈下量、変形角の許容値を超過することなく、無事、小土かぶり区間を通過した。

キーワード：小土かぶりトンネル、地質調査、数値解析、沈下量、無拡幅型AGF、埋設物防護

1. はじめに

九州新幹線西九州ルートは、福岡市と長崎市を結ぶ路線である。平成20年3月に武雄温泉・諫早間で暫定整備計画（スーパー特急方式）として工実施計画の認可を受けて工事に着手し、その後、平成24年6月に武雄温泉・長崎間で標準軌による工実施計画の認可を受け、武雄温泉・長崎間（工事延長67km）の建設工事が進められている（Fig.1）。本工事は、長崎県大村市から諫早市にかけて、トンネル3本、橋りょう、高架橋、変電所造成等からなる全長3,812mの工事である。そのうち第3岩松トンネルは市道直下を最小土かぶり3mで通過する延長706mのトンネルである。本稿は、第3岩松トンネルの小土かぶり区間の施工実績について報告するものである。



Fig.1 九州新幹線（西九州ルート）

*	九州支店	岩松トンネル作業所
**	九州支店	久見崎トンネル作業所
***	九州支店	三光第3トンネル作業所
****	九州支店	中尾山トンネル作業所

2. 工事概要

本工事は、当初4本のトンネル（第1岩松トンネル、第2岩松トンネル、第3岩松トンネル、古園トンネル）で計画されたが、第3岩松トンネルと古園トンネル間のいわゆる「まばたき区間」を盛土により埋め戻すことで、3本のトンネルに変更された。

現在の進捗は、トンネル工事（第1岩松トンネル～第3岩松トンネル）が完成し、残る明かり工事および付帯工事を施工中である。

Table 1 工事概要

工事名	九州新幹線(西九州), 第1岩松トンネル外3箇所他
発注者	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 九州新幹線建設局
施工者	熊谷・アイサワ・堀内特定建設工事共同企業体
施工場所	長崎県大村市岩松町～ 長崎県諫早市下大渡野町
工期	2014年10月3日～ 2020年7月2日(69か月)
工事内容	工事延長3,812m トンネル総延長 L=1,187m 第1岩松トンネル L=200m 第2岩松トンネル L=281m 第3岩松トンネル L=706m 土路盤 L=331m 橋りょう L=263m 高架橋 L=297m 新諫早変電所造成 1式 鈴田トンネル内路盤鉄筋コンクリート L=1,756m

3. 第3岩松トンネルの地質概要

第3岩松トンネルの地質は、古第三紀始新世～漸新世に属する杵島・諫早層群の砂岩層（ISs）主体の堆積岩層

であり、不均一な層厚の砂岩頁岩互層 (IAIt) を挟んでいる。既往の調査によると、岩片は堅硬であるが亀裂が多く、粘土を挟在する箇所が認められる。これら地質状況から、崩落や地層境界付近からの突発湧水が懸念された。地質縦断面図を Fig.2 に示す。

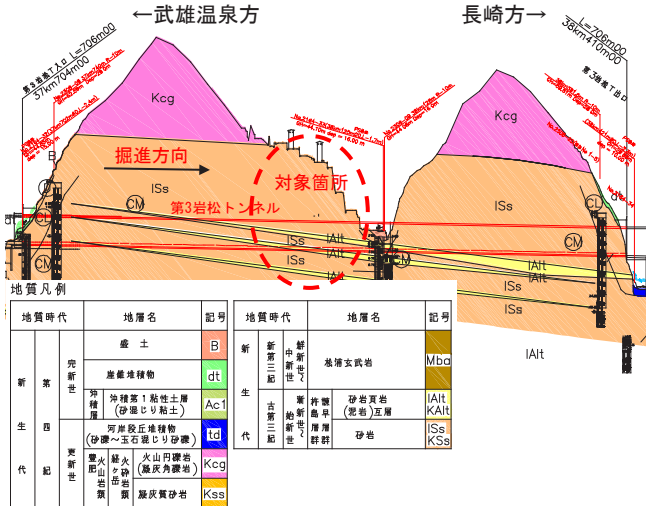


Fig.2 地質縦断面図

4. 対策工の検討

第3岩松トンネルは武雄温泉方より掘進し、トンネル中間部付近より小土かぶり区間に入り、住宅地 (最小土かぶり 17m)、市道 (道路幅 11m, 最小土かぶり 3m, 上下水道が埋設) の直下を通過する。トンネル掘削に伴う近接構造物への影響が懸念され、近接施工を安全確実に進めるための対策工を検討した。

4.1 地質調査ボーリング

小土かぶり区間において、安全で合理的な対策工を選定するために、地質調査ボーリングを3箇所実施した。Fig.3 および Fig.4 に地質調査ボーリング位置図を示す。ボーリングは、地下水発生によるトンネル掘削時の断面

内への流入を避けるため、トンネル断面を外して計画した。A孔およびB孔は鉛直ボーリングとし、それぞれ家屋直下および市道直下の未固結層や風化層の厚さなどを想定するため実施した。C孔は水平ボーリングとし、市道直下の岩質を把握するため実施した。また、小土かぶり区間の沈下対策の検討に資する物性値 (変形係数 E, 一軸圧縮強度 σ_c , 単位体積重量 γ_v) を把握するため、原位置試験および室内試験を実施した。なお、地質調査ボーリングは盛土施工前に実施した。

試験結果は想定されていた地層分布と概ね合致し、地下水は見られなかったが、市道付近では風化・粘土化により脆弱化した岩盤が確認され、鏡面の不安定化による崩壊が懸念された。また、流入粘土を伴う低角度の開口亀裂が認められることから、天端の崩落が懸念された。一方、部分的に一軸圧縮強度が 70MPa を超える硬岩が確認された。C孔 (水平ボーリング) のコア写真を Photo.1 に示す。

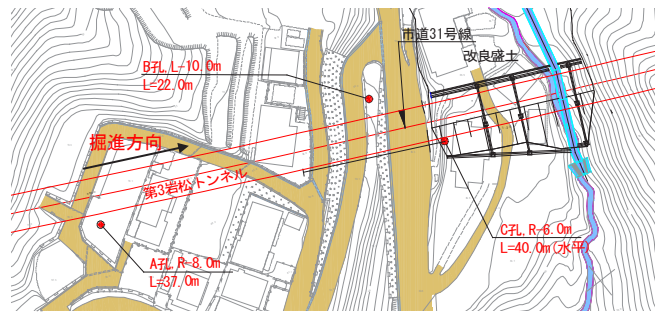


Fig.3 調査ボーリング位置図 (平面図)

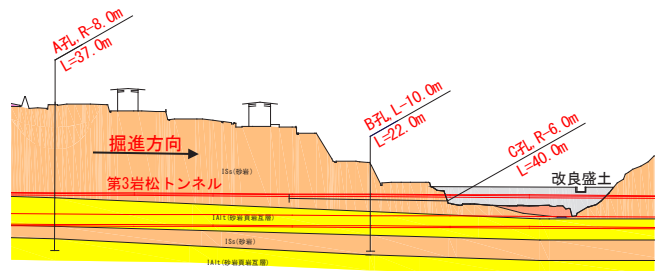


Fig.4 調査ボーリング位置図 (縦断面図)



Photo.1 コア写真 (C孔)

4. 2 数値解析による地山安定性評価

第3岩松トンネルの掘削に伴う家屋や市道および市道に付随するコンクリート擁壁への沈下に関する影響について三次元数値解析を行った。近接構造物の沈下量および変形角の許容値を管理者と協議して定めた。Table 2に各構造物の沈下量および変形角の許容値を示す。

Table 2 各構造物の沈下量および変形角の許容値

構造物の種類	沈下量(mm)	変形角(rad)
家屋	30	—
コンクリート擁壁	15	1/1000
道路	25	—
上下水道	20	—

本解析では、トンネル掘削に伴う地表面沈下の抑制に有効な補助工法のうち、AGFとパイプルーフの効果を検証した。解析で検討する断面を設定し、トンネル掘削に伴う地表面沈下、天端沈下、内空変位を断面ごとに求め、無対策の場合と補助工法を施工した場合で比較を行った。解析モデルをFig.5に、検討した断面位置をFig.6に、解析結果をTable 3およびFig.7に示す。市道およびコンクリート擁壁においては、無対策では沈下量および変形角ともに許容値を超えるが、補助工法を施工することで変位を抑制できる結果となった。本工事では、経済的な観点よりAGFを選定することとした。なお、家屋については、無対策でも許容値を超えない結果となったため、対策は実施せず、慎重な掘削により通過することとした。

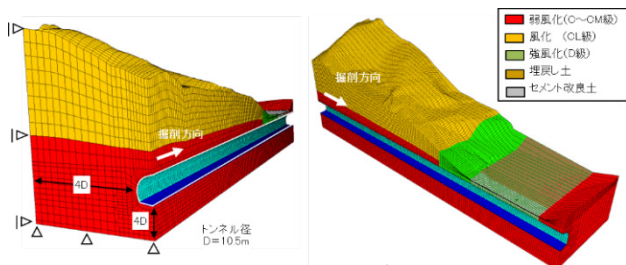


Fig. 5 解析モデル

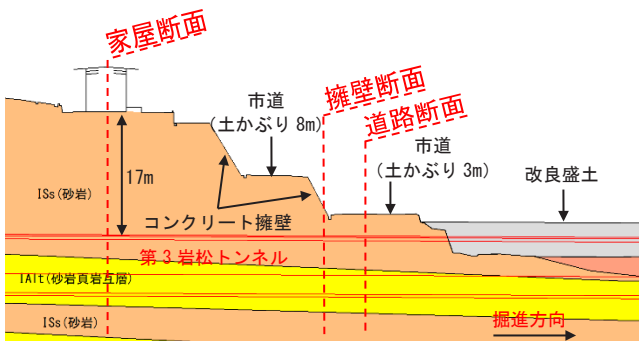


Fig. 6 検討断面位置図

Table 3 解析結果

解析ケース	地表面沈下量	天端沈下量	内空変位量	管理基準値	
市道断面	無対策	20.3 mm	6.6 mm	3.2 mm	道路 25mm 上下水道 20mm
	パイプルーフ	6.1 mm	2.3 mm	3.5 mm	
	AGF (φ114.3)	7.2 mm	2.3 mm	4.1 mm	
擁壁断面	無対策	27.9 mm	8.3 mm	3.0 mm	15mm
	パイプルーフ	4.8 mm	2.5 mm	4.0 mm	
	AGF (φ114.3)	6.1 mm	2.6 mm	4.2 mm	

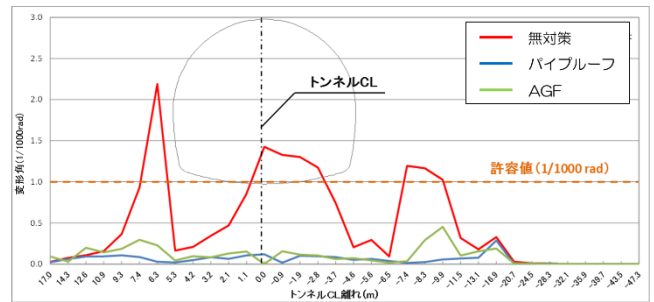


Fig. 7 解析結果 (擁壁の変形角)

5. 施工計画

解析結果に基づく市道およびコンクリート擁壁直下でのAGFの施工にあたり、以下に示す3項目(5.1~5.3)を柱として施工計画を策定した。計画縦断図をFig.8に、計画横断図をFig.9に示す。なお、トンネル掘削に伴う近接構造物の計測管理については、6章で述べる。

5. 1 無拡幅型 AGF の採用

AGFはトンネル掘削断面を拡幅する拡幅型と拡幅しない無拡幅型があるが、近接構造物への影響を最小限に抑えるためには無拡幅型が望ましい。一方で、無拡幅型の場合は拡幅型に比べて鋼管の打設角度が大きくなり、上下水道管との接触の可能性が高まる。本計画では全4シフトで無拡幅型AGFを採用し、中間の2シフトにおけるAGF鋼管の打設角度を6.8°(通常は9°)とし、鋼管長を10.5mとした。打設角度を抑えることでトンネル掘削断面内に残る端末管は4mとなるが、通常のスリット(φ1.0m)入り鋼管に代えて、切羽との位置関係により切断位置を自在に変えられるHIVP管(耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管)を採用した。また、鋼管打設時はレーザー照射により打設角度の精度を確保した。

5. 2 道路開削による埋設物の監視および防護

本対策工は、わずかな施工誤差や孔曲がりによりAGF鋼管が上下水道管と接触する恐れがあるため、市道を開削、監視し、緊急時に監視人と坑内のオペレータ間で即座に連絡が取れる体制とした。開削範囲は、AGF鋼管が孔曲がりにより計画の位置より2m逸脱した場合に上下水道管に接触する範囲に設定した。防護方法は吊り防護として管の下部に空間を確保し、開削部底盤に金網入りのコンクリートを打設した。とくに下水道管はトンネルとの離隔が1.4mと小さく、AGF鋼管が接触する可能性が高いため、コンクリート上に鉄板を敷設するほか、剛性が期待できるたて込み簡易土留め(Photo.2)を採用した。一方、上水道管は水圧がかかっているため、管理者と協議のうえ、接続部の補強および浮上り防止対策を施した。なお、開削部底盤のコンクリートは注入材のリーク対策の役割も兼ねる。開削部分は、3シフト目のAGF施工完了後に速やかに埋め戻しを行った。

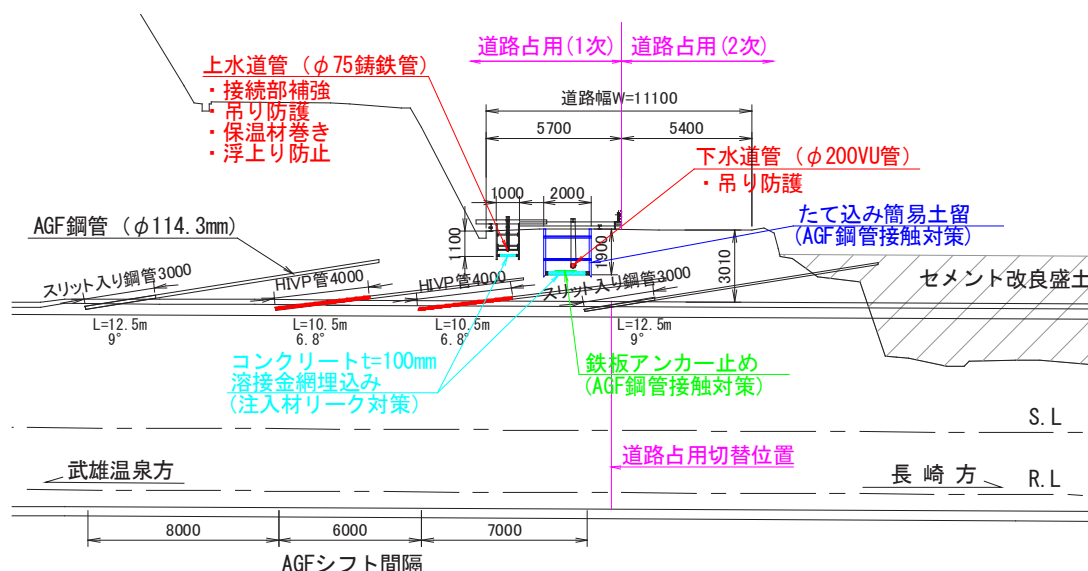


Fig. 8 小土かぶり対策工計画縦断面図

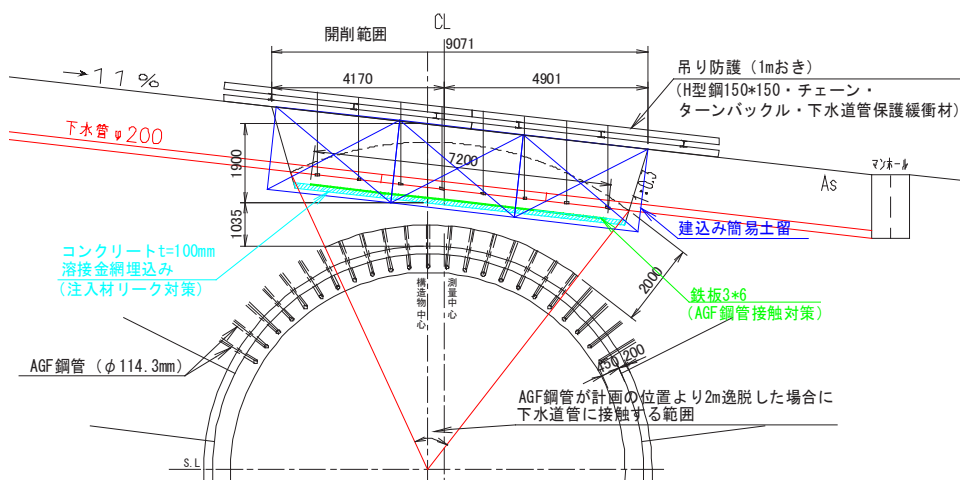


Fig. 9 小土かぶり対策工計画横断面図



Photo. 2 たて込み簡易土留め

5. 3 道路占用帯の切り替え

トンネル掘削箇所の直上は車両を通行させないこととし, Fig. 8 に示すように切羽が道路占用切り替え位置に達

した時点で道路占用帯の切り替えを行った. 道路の占用状況を Photo. 3 および Photo. 4 に示す. なお, 下半掘削

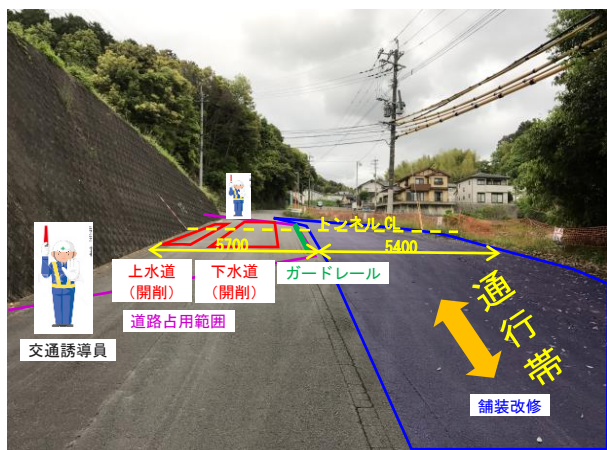


Photo. 3 道路占用状況 (1次)

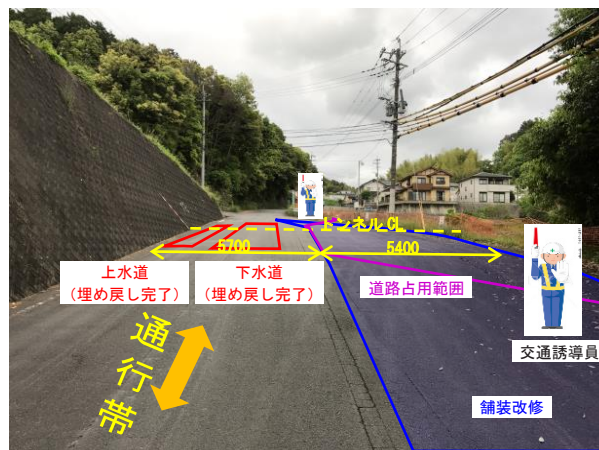


Photo. 4 道路占用状況 (2次)

時も同様に道路占用帯の切り替えを行った。また、トンネル直上は市道の道路幅が広く確保されているが、舗装が損傷していたため、通行帯として使用するにあたり、あらかじめ舗装の改修を行った。

6. 計測管理

先に定めた近接構造物の沈下量および変形角の許容値より、管理レベルⅠ（許容値の50%）、管理レベルⅡ（許容値の80%）、管理レベルⅢ（許容値の100%）の基準値を設定した。Table 4に管理基準値を示す。

Table 4 管理基準値

構造物の種類	沈下量(mm)				変形角(rad)
	許容値	管理レベルⅠ	管理レベルⅡ	管理レベルⅢ	
家屋	30	15	24	30	-
コンクリート擁壁	15	8	12	15	1/1000
道路	25	13	20	25	-
上下水道	20	10	16	20	-

測定範囲、測定間隔および測定頻度は、山岳トンネル設計施工標準・解説¹⁾に基づきそれぞれ設定した。

沈下量はレベルによる測定とし、変形角は沈下量より計算して求めた。上下水道管については、開削時に初期値を測定し、埋め戻し後も沈下測定を継続できるよう、上下水道管の接続部天端に塩ビ管を鉛直に埋設した。家屋については基礎の四隅の高さを測定した。計測管理位置および計測結果を Fig. 10 に示す。沈下量から計算したコンクリート擁壁の変形角は、最大で0.4/1,000radであった。すべての構造物において許容値を満足する結果となった。

7. まとめ

事前に実施した地質調査・解析結果に基づき施工計画を策定し、対策工を実施した結果、近接構造物に設定した沈下量および変形角の許容値を超過することなく、小土かぶりの住宅地および市道直下を無事通過することができた。AGF 鋼管は上下水道管および土留め壁、開削底盤コンクリートと接触することはなく、注入材のリークも発生しなかった。解析結果よりも沈下量を抑えられた理由として、AGF の施工において薬液をほぼ規定量注入できたため、地山の改良効果が高かったことが考えられる。

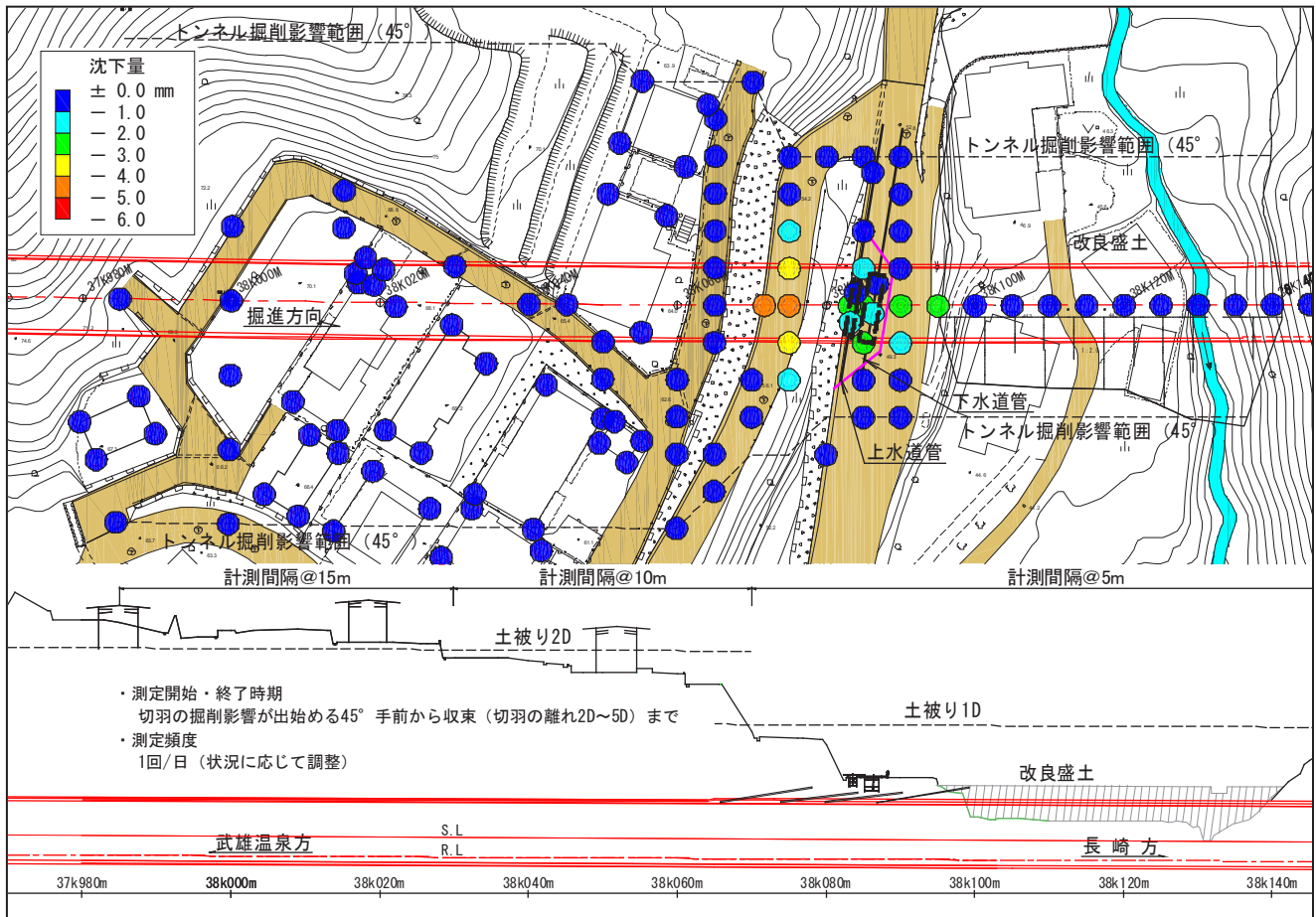


Fig. 10 計測管理位置および計測結果図

謝辞

本工事の施工にあたり貴重なご意見をいただいた関係各位，また工事に対してご理解とご協力をいただいた地元住民の皆様に感謝いたします。

参考文献

1) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説，平成 20 年 4 月。

Neighboring Construction of Shallow Tunnel Immediately Below The City Street — The Third Iwamatsu Tunnel of the Kyushu Shinkansen West Kyushu Route —

Shinya SHINGU, Shiro OHNIWA, Takemitsu OKAHARA, Hiromitsu FUKUDA,
Hideto TOKUNAGA and Masayuki TAKAHASHI

Abstract

The Third Iwamatsu Tunnel is a mountain tunnel that passes through residential areas and the city street below by a distance of 3 meters. To minimize the impact on proximity structures, we conducted the geological survey and simulated the impact by the numerical analysis, and considered the measures. As measures, we implemented “No Widening Type AGF” and open-cut excavation for monitoring and suspending protection of buried objects (water and sewerage pipe). During excavation of the city street below, we switched the zone for road traffic according to the face position. As a result, we passed through the shallow area without exceeding allowable values of settlement and distortion angle.

Key words: Shallow Tunnel, Geological Survey, Numerical Analysis, Settlement, No Widening Type AGF, Buried Objects Protection
