

河川・市道・住宅密集地直下における小土被りトンネルの補助工法

鉄道・運輸機構 九州新幹線建設局 大村鉄道建設所長 正会員 江島 武
清水・青木あすなろ・菱興 特定建設工事共同企業体 正会員 ○古木 弘 藤野 晃

1. はじめに

九州新幹線（西九州ルート）は武雄温泉・長崎間の工事延長約 67km の整備新幹線であり、木場^{こば}トンネルは、長崎県大村市内に位置する延長 2,885m の山岳トンネルである。ルート上に国指定史跡候補の「三城城跡」^{さんじょうじょうあと}が位置するため、保護の観点から計画が変更され、V字型のトンネル縦断線形となった。これに伴い、標高の最も低い地点においては、海拔 0m 以下の地点を通過することとなった。

本トンネルは、全長 L=197m にわたって、土被り 6～9m 程度で二級河川（内田川）、市道および住宅密集地と交差する。これらの厳しい施工条件を克服するために多重な安全対策が必須となった。本報告では、小土被り部の施工にあたり、想定されるリスクとその対策、および施工方法についてまとめた。

2. 地形・地質概要および施工上のリスクと対策

図-1 に小土被り部の地質縦断図を示す。当該地は経ヶ岳を最高峰とする多良岳地域の西端に位置しており、大村湾にかけて扇状地性の地形となっている。本トンネルの地質は、第四紀更新世の火山砕屑岩が主体であるが、小土被り部は安山岩を主体とし、内田川～市道交差部には、熱水変質とその後の風化作用を受けた劣化、脆弱化が著しい流紋岩（ $qu=0.1\sim0.3MN/m^2$ 程度）が分布している。地表面付近には河川堆積物である完新世の崩壊性の著しい砂礫層が厚く堆積し、固結度は非常に低い。地下水位は約 GL-2.0m である。表-1 に交差条件、地形・地質条件により想定された施工上のリスクと、施工の安全確保のために実施した対策を示す。

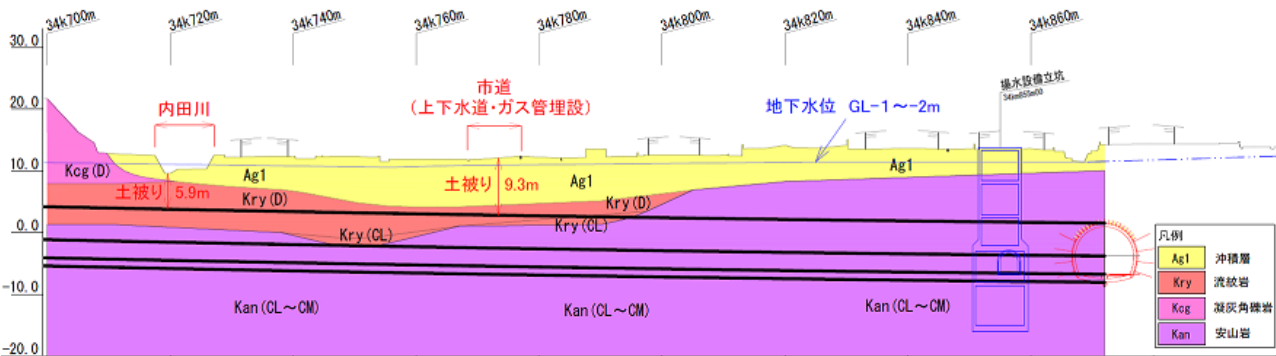


図-1 小土被り部の地質縦断図

表-1 施工上のリスクと対策

リスク	① 切羽の不安定化（切羽の崩落）				② 突発湧水による地下水・河川水の流入	
目的	天端の補強	鏡面の補強	脚部の補強	地山挙動の把握	地下水位低下	河川水引込み防止
対策工仕様	・長尺鋼管先受工 〔L=9.5m, φ 114.3mm, 24.5本@450mm〕	・長尺鏡ボルト工 〔L=9.5m, φ 76.3mm, 平均10.5本/シフト〕 ・鏡吹付け 〔t=100mm〕 ・核残し	・脚部の吹付け ・設計+400mm長い 下半支保工を採用	・A計測 〔変位測定、観察〕 ・沈下計測 〔地表面、ライフライン〕 ・地中変位自動測定 ・民家傾斜自動測定	a)長尺水抜き孔（立坑） 〔L=20～68m、計5本〕 b)水抜きボーリング（坑内） 〔L=18.5m、計12本〕 c)ディーブウェル（地表） 〔h=8～11m、計3本〕 d)水抜き孔（切羽） 〔L=30m×2本、全線〕	・仮設三面張りコンクリート 〔L=60m〕 ・ウォータータイト構造 〔L=44m、仮インバート〕 ・カーテングラウト 〔L=3m×2箇所〕
工夫点	・拡幅方式の採用 ・打設角度（8度）設定	地質に応じて本数を柔軟に変更	支保工を確実に岩盤（安山岩）で保持	・24h地上監視員配置 ・自動警報システム採用	a), b): 地下水を含むトンネル上部の砂礫層に打設（ウォータータイト構造外）	トンネルをウォータータイト構造にすることにより、恒久的な止水対策を実施
効果	・確実な改良体を構築 ・鋼管打設による土砂を引込むリスクを低減	鏡面の肌落ち、剥落防止	地山との一体化により、脚部の浮きや沈下を防止	異常をリアルタイムに検知し、連絡する緊急体制を確立	・トンネル掘削前に、地下水位の低下を確認 ・切羽の安定に寄与	恒久的な周辺環境の保全に寄与
地表面沈下防止対策として機能						

キーワード 山岳トンネル，小土被り，河川直下，施工管理，補助工法
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設株式会社 地下空間統括部 TEL03-3561-3887

3. 小土被り部の施工（リスクと対策）

【リスク①：切羽の不安定化】

図-2 に河川および市道付近の補助工法の実績図を示す。切羽状況としては大きな肌落ち、天端崩落もなく、最大内空変位 6.2mm（最大天端沈下 7.4mm）で収束し、既施工区間の変状は確認されなかった（図-3）。地表面およびライフラインの沈下は 7～10mm で収束し、市道のクラックや陥没等の変状も無く、トンネル掘削による地表部への影響は抑止できた（図-4）。これらは先受工打設時に砂礫層に貫入しないように角度管理を行ったことに加え、拡幅方式での先受工により、ラップ長を十分に確保し、掘削による改良体への影響を最小限に抑えた施工を行ったことにより、地下水を含んだ砂礫層を引込むことなく、天端および鏡面に良質な改良体を確実に構築し、地山のゆるみを抑制した結果であると考える。また、脚部補強対策により、とも下がり防止したことも、地表面沈下対策として有効に機能したと考える。

【リスク②：突発湧水による地下水・河川水の流入】

ウォータータイト区間の手前で実施した長尺水抜き孔および坑内からの水抜きボーリングの湧水量は最大 5l/min 程度で、ディープウェルの設置を含め、積極的に地下水位の低下を図ったが、市道直下掘削前の地下水位は約 1.6m の低下に留まった（図-5）。しかし、継続的な切羽からの水抜き孔により、トンネルに作用する地下水圧を極力減少させたことで、突発湧水を未然に防ぐことができたと考える。ウォータータイト区間での切羽湧水は河川に近づくにつれて、滴水程度から 1～2l/min へと微量の増加のみに留まった。また、河川の流量観測（4 回/月）結果は例年と同様な変動傾向であり、坑内湧水も微量であったことから、坑内への河川水の流入は非常に軽微であったと言える。よって、先受工により確実な改良体が形成され、不透水層として十分な機能を果たしたと考える。

4. おわりに

河川・市道・住宅密集地直下の小土被り区間という難条件に対し、様々なリスクを想定し、各種計測により地山の挙動を確認しながら、きめ細やかな対策を実施した結果、無事に掘削完了できた。中でも、拡幅方式での長尺鋼管先受工の採用と施工方法の工夫は、今回の事例では非常に大きな役割を果たしたと言える。本報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

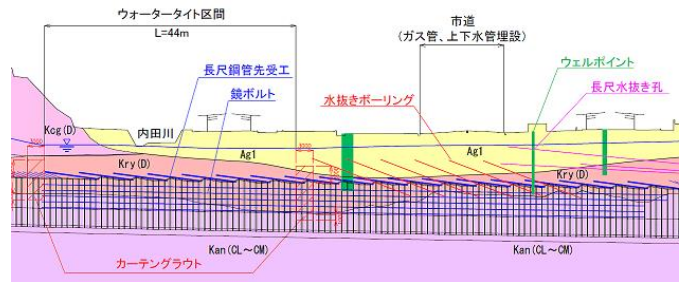


図-2 補助工法実績図

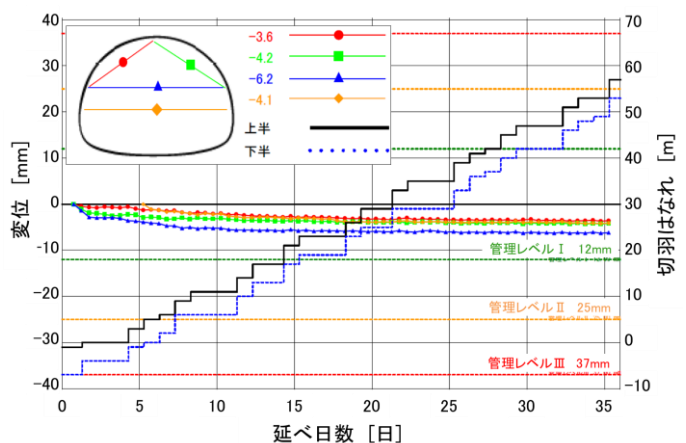


図-3 内空変位計測結果（市道直下 34km772m）

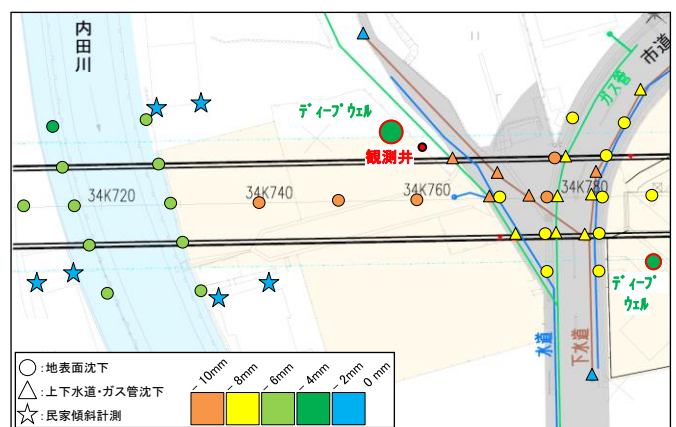


図-4 沈下計測結果平面図

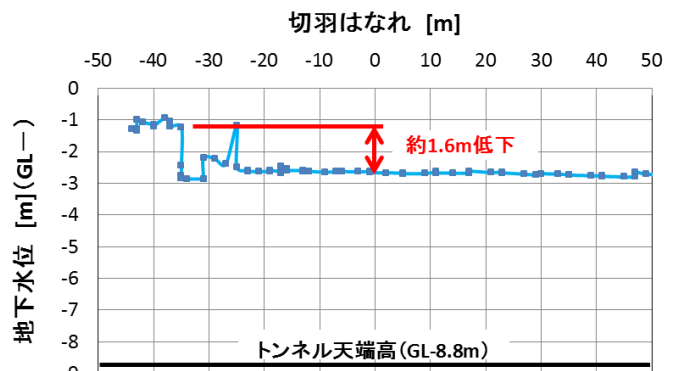


図-5 地下水位推移図（観測井）