

極小土かぶり条件での民家との近接施工

大林・戸田共同企業体 正会員 ○小野 真史 河南 幸治
 (株)大林組 生産技術本部 正会員 木梨 秀雄 高橋 佳孝
 東日本旅客鉄道(株) 上信越工事事務所 正会員 中島 純也

1. はじめに

横壁トンネルは、八ッ場ダム事業による J R 吾妻線付替線に伴う単線鉄道トンネル工事である。1510m の I 期工事区間を竣功しており、残りの 196.5m の掘削は玉石を多く含んだ土石流堆積物であるため、開削工法での施工が予定されていた。その後、開削区間は用地条件や施工時の騒音・振動などの制約から山岳トンネル工法に変更となったが、極小土かぶり(最小 3m)でかつ玉石混じりの未固結土砂地山での施工となることから、地盤対策として一般区間のトンネル上部をセメント改良土での置き換えとした。一方、一部に民家に極近接する区間(以下では特 I 区間)があり、上部置き換え施工ができないため、地表面沈下対策として坑内からの補助工法を採用した。本報では、この民家に極近接する特 I 区間での施工について述べる。

2. 地形・地質

本トンネルの当該工区は、図-1 のように、第四紀更新世～完新世の崖錐および土石流堆積物が層厚 25～30m と分布している。構成土質は、平均 ϕ 20～40cm および最大 ϕ 2.0m 程度の粘土混じりの玉石より構成されている。トンネル掘削部の弾性波速度は 0.6km/s 程度、N 値は 10～50 で、天端部からの礫の剥落が懸念された。

3. 施工概要

特 I 区間は、家屋との離隔距離 14m、最小土被り約 3m の極近接した厳しい条件下での施工となる。図-2 のように、長尺鋼管先受工、長尺鋼管鏡ボルトおよび注入式 FP 施工後に、上半・下半掘削および

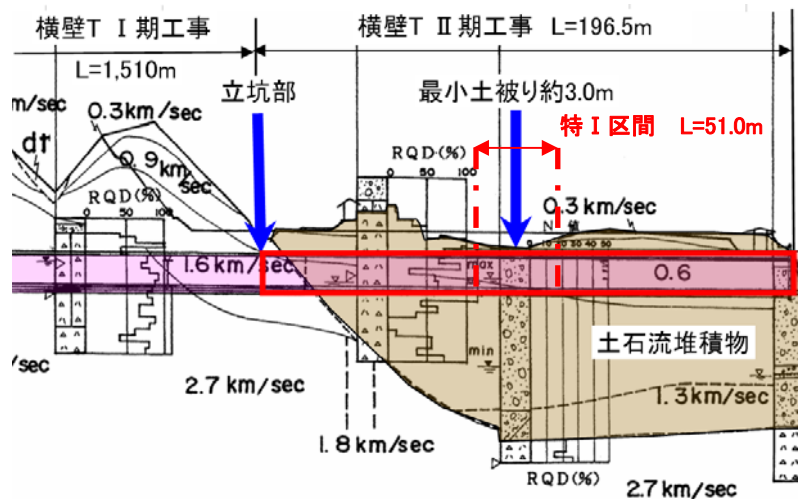


図-1 当該工区の地質縦断面図

インバートストラッド敷設を行い、その後インバート掘削、吹付閉合を行う。また、家屋側はトンネル側部と民地境界までの離隔がほとんどなく、図-3 のようにロックボルトを省略した支保パターンを適用した。民家近傍の地表計測は、自動追尾 T S による地表面沈下 25 測点、加速度傾斜計 5 測点、ひずみゲージ式定置傾斜計 2 測点を実施した。計測区間平面図を図-4 に示す。また、事前に FEM 解析によるトンネル掘削時の地表面沈下を予測した。

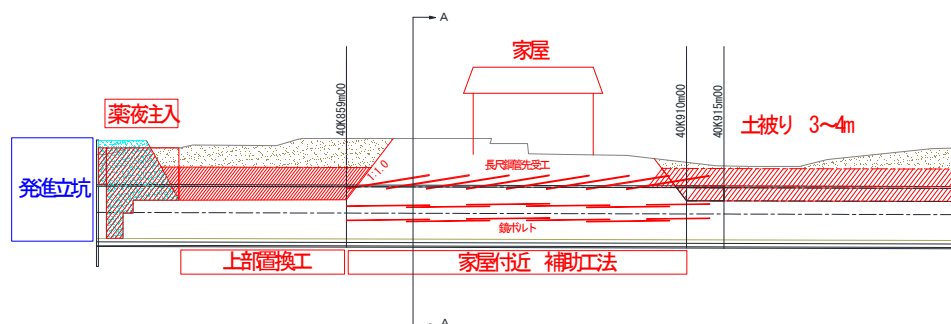


図-2 施工区間縦断面図

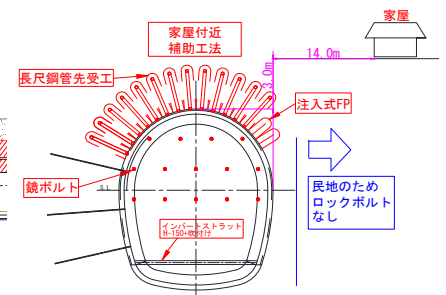


図-3 特 I 支保パターン図(A-A 断面)

キーワード 小土かぶり、地表面沈下、長尺鋼管先受工、長尺鋼管鏡ボルト

連絡先 〒377-1303 群馬県吾妻郡長野原町大字横壁 23-1 大林・戸田共同企業体 横壁 JV 工事事務所

4. FEM 解析結果と管理基準値の設定

長尺鋼管先受工の効果は地山と鋼材の等価剛性要素でモデル化した。また、地山物性には設計値の $E=20\text{MPa}$, $c=20\text{kPa}$, $\phi=34^\circ$ を用いたが、ひずみ軟化モデル¹⁾を採用して残留状態では $c=1\text{kPa}$, $\phi=0^\circ$ と仮定した。破壊基準には Drucker-Prager の式を適用した。解析の結果、図-5 のように 2%以上の大きなせん断ひずみの発生は限定的で、トンネル上部へのせん断帯の発達は見られず、先受け工等の効果が認められた。また、直上地表面沈下は、21mm と予測された。さらに、天端部に限界ひずみが発生するまでのケースを解析し、その時の地表面沈下が 44mm であった。これらの結果に基づき、管理基準値を表-1 のとおり設定した。

表-1 計測の管理基準値

管理レベル		I (予測値)	II (I と III の平均値)	III (限界値)
管理基準値	地表面沈下(mm)	21mm	32mm	44mm
	トンネル天端沈下(mm)	20mm	31mm	42mm
管理体制区分		通常体制	注意体制	警戒体制
予想される事象		切羽・支保安定		切羽押し出し
管理体制		定期計測 通常施工	通常施工	施工中断
			計測頻度・点検強化	施工停止
			計測間隔・頻度強化	対応協議
				管理基準値の再評価

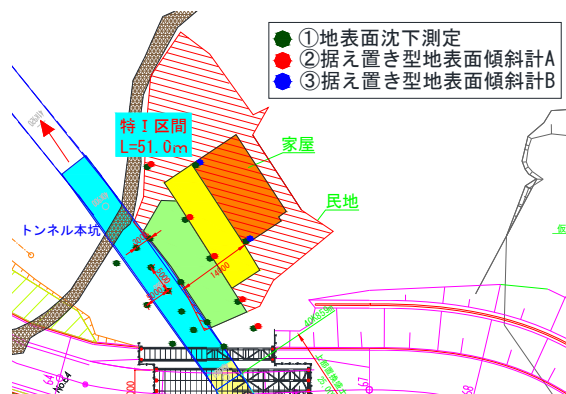


図-4 計測区間平面図

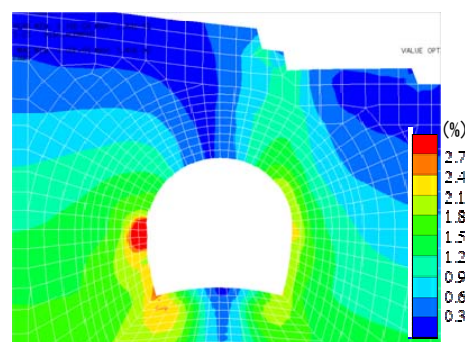


図-5 せん断ひずみの分布

5. 計測結果

民家通過地点での地表面沈下の結果を図-6 に示す。切羽到達前のわずかな隆起は長尺鋼管先受工の注入の影響と考えられる。切羽通過後 30m を超えた時点での最大沈下量は 2.8mm と微小であり、トンネル掘削の影響は地表面では小さかった。また、民家近傍の傾斜計の結果を図-7 に示す。切羽が近づくとともに徐々に傾斜計が傾く傾向が見られた。切羽通過時には最大-0.0004(rad) 程度の変位量となり、通過後は-0.0003(rad)程度での収束傾向が見られた。当該区間の施工時期は冬季であり寒暖の差が非常に大きく、地表面自体が凍結・融解を繰り返すために、一部計測結果にも不規則な動きが現れたが、最終的な変位量としては、管理基準値を下回っており、民家への影響はほとんど無かったと言える。

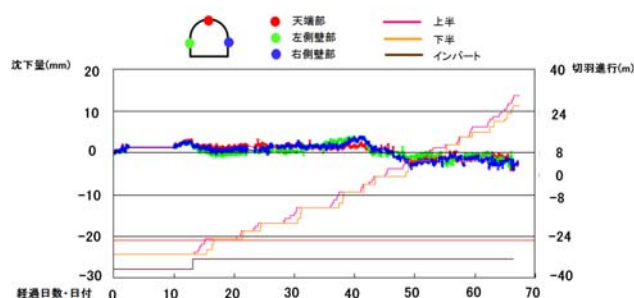


図-6 地表面沈下測定結果

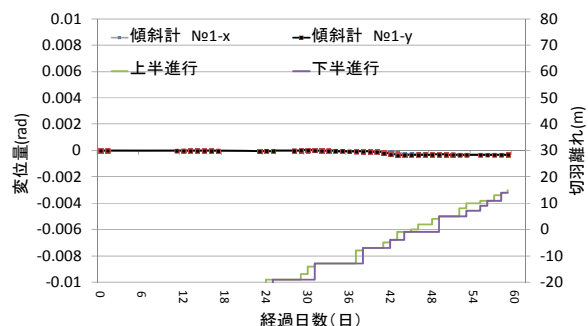


図-7 傾斜計 B 測定結果

6. おわりに

今回の施工方法によりトンネル、地表面ともに安定した施工を実施できたが、施工にあたっては、長尺鋼管先受工法の削孔角度や注入材の圧力管理に注意し、かつ、騒音・振動の民家近傍での測定を行い、影響が少ないことを確認した。また、機器による管理だけでなく、監視人を配置して振動、騒音を実際に人がどのように感じるかという事を管理項目の一つとして取り入れた。以上によって、民家への影響を最小限にすることができた。

(参考文献)

- 1) 芥川 真一, 松本 憲典, 長井 寛之: 土被りが浅いトンネルの非線形挙動解析に関する一考察, トンネル工学論文・報告集, 第10巻, pp. 113-118, 2000.