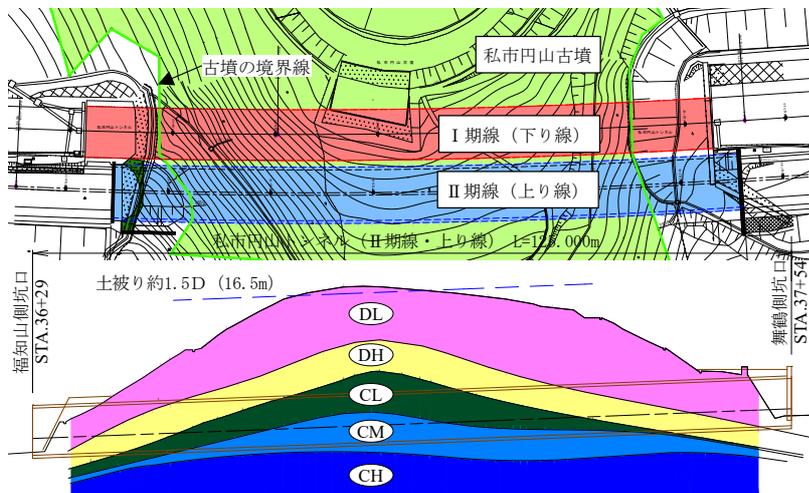


私市円山トンネルⅡ期線の超近接施工について

西日本高速道路（株） 関西支社 建設事業部 正会員 ○前田佳克 竹市圭介
 西日本高速道路（株） 関西支社 福知山高速道路事務所 片山一弘 佐藤壮一郎
 青木あすなる建設（株） 正会員 高山慎介 境浩司

1. はじめに

私市円山（きさいちまるやま）トンネルは、舞鶴若狭自動車の福知山 I C～綾部 I C間に位置し、京都府綾部市の南西部を貫く延長 125m のトンネルである（図-1）。本トンネルは、山頂部に発見された「私市円山古墳（直径 71m×高さ 10m）」の文化財保護のため、当初の切土計画を変更し、急ぎょトンネル構造とした先進導坑めがねトンネルであり、下り線（以下Ⅰ期線という）が 1991 年（平成 3 年）対面通行で供用開始している。今回、四車線化事業に伴い、上り線（以下Ⅱ期線という）のトンネル掘削を 2019（平成 31）年 4 月より開始し、2019（令和元）年 8 月に貫通した。



2. 本工事の課題

当初、Ⅱ期線トンネルは“めがねトンネル”として計画されていたが、供用路線の点検結果を加味した解析の結果、Ⅱ期線トンネル施工の影響によりⅠ期線とⅡ期線の間接地山が緩み、Ⅰ期線右肩部の覆工引張応力が超過することが確認されたことから、当初計画より線形を 50cm シフトさせて“離隔 85cm の超近接構造”に変更することとした。したがって、本トンネルの施工における課題は、超近接トンネルの施工、及び超近接施工時の安全対策（Ⅰ期線への影響を最小限とする）があった。

本報告は、施工時に得られる変位のデータを用い、施工前の事前解析結果（2次元 FEM 解析）と実際の計測結果の比較について報告する。

3. 施工計画

超近接トンネルの施工は、後進坑の掘削の影響を先進坑が受けることになるため、後進坑となるⅡ期線トンネルの施工にあたっては、供用中のⅠ期線トンネル及び私市円山古墳へ影響を及ぼさないよう施工計画を再立案することとした。掘削方法は、機械掘削方式、補助ベンチ付全断面方法で計画し、トンネル掘削による緩みの進行抑制、トンネルの変位抑制対策として、切羽から 8m 以内で一次インバートを施工する早期閉合を実施する。補助工法は、天端からの崩落に伴うⅠ期線及び私市円山古墳への影響を防止するため、注入式長尺鋼管先受け工法（AGFφ114mm、 $t=6.0$ mm、 $L=12.5$ m、鋼管間隔 [DL 級、DH 級分布区間] 225mm、[CL 級分布区間] 450mm）を実施する。また、脚部の安定のため、インバートストラットを DL 級、DH 級が分布する区間に設置する計画とした（図-2、図-3）。

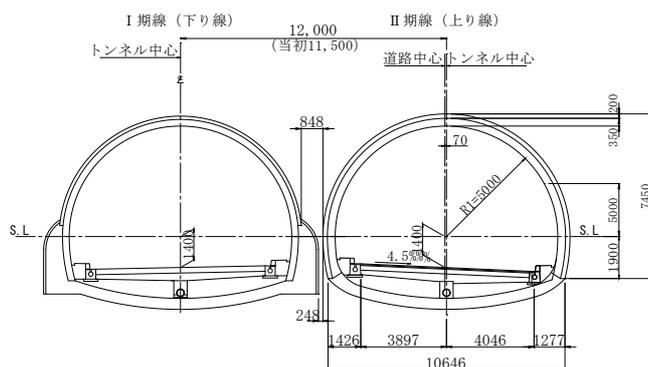


図-1 私市円山トンネル概要図

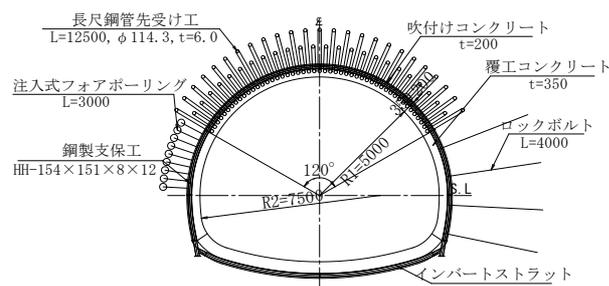


図-2 Ⅱ期線支保パターン図

キーワード：めがねトンネル，早期閉合，近接施工，計測管理，先行変位

連絡先：〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-13 TEL06-6344-7421 FAX06-6344-9929

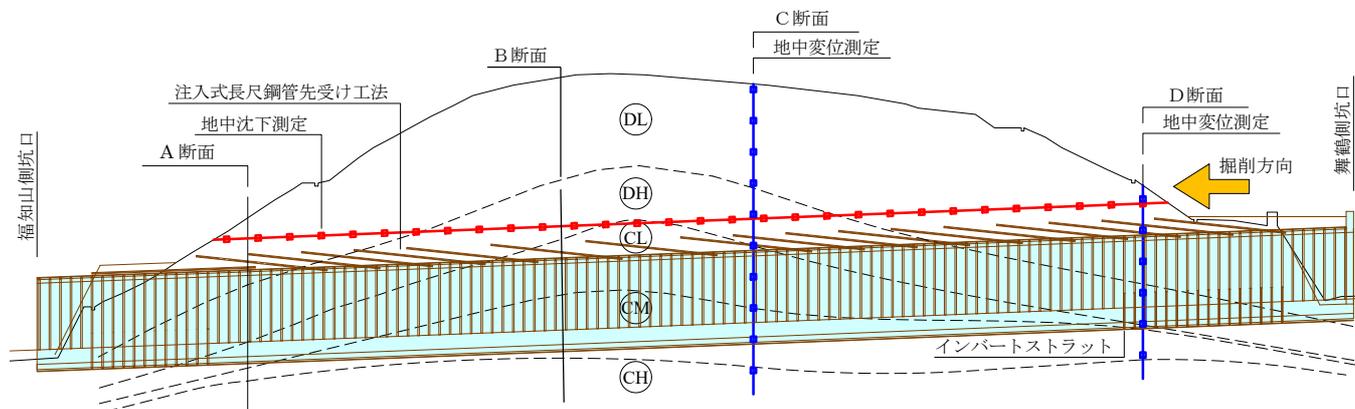


図-3 私市円山トンネル（Ⅱ期線）の施工・計測工概要図

本工事は、施工に伴う影響を把握するとともに、天端の地中沈下計測の妥当性を確認するため、主計測断面を4断面設定し、Ⅰ期線トンネルの覆工応力と内空変位、地表面沈下、そしてⅡ期線の支保工応力、吹付コンクリート応力を計測した。（図-3）また、検討断面A、C、Dにおいて2次元FEM解析を実施し、Ⅱ期線の施工がⅠ期線及び私市円山古墳へ影響がないことを確認し、解析結果から管理レベルを決定し掘削を開始した。

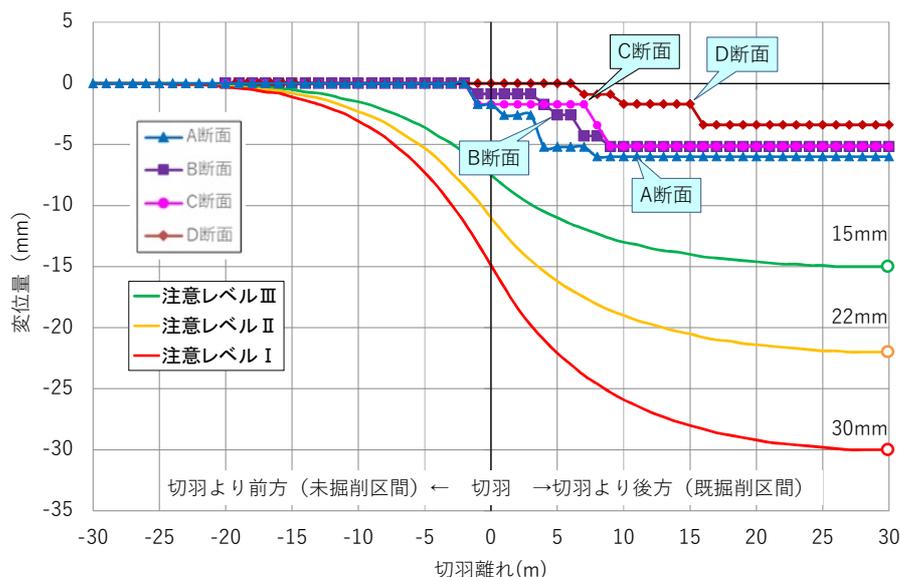


図-4 地中沈下結果

4. 施工結果

2019（平成31）年5月24日より本格的な掘削を開始した。掘削10日目、最初のD断面を通過した。先行沈下はなく切羽通過後の閉合するタイミングにおいて沈下が始まり通過後7日目に沈下は収束した解析沈下予測5.1mmに対し3.4mmの沈下であった。地表面沈下量、およびⅡ期線の天端沈下量についてもほぼ同様の沈下量で収束した。掘削30日目、次のC断面を通過した。切羽到達1m手前より、沈下が始まり閉合とともに沈下が収束した。解析沈下予測8.0mmに対して5.2mmの沈下であった。掘削44日目にB断面を通過したが、C断面と同程度の計測結果となった。掘削72日目、覆工コンクリートに最も影響が大きくなると予測したA断面を通過した。先行沈下は、切羽到達1m手前より始まり、最終沈下量6.0mmは予測解析値と同等であった。（図-4）覆工コンクリートの増加応力は400（ kN/m^2 ）程度で予測解析値より大きくなったが、注意レベルⅢの540（ kN/m^2 ）以下に収まる結果となった。覆工コンクリートの増加応力は一部で予測値を若干上回ったが、すべての区間において、計測値は注意レベルⅢ以下であった。情報化施工では、地中沈下量の先行沈下量が予測値より小さい傾向があったが、全線を通じて変形量も小さく地山の安定性も確認されたことから注意しながら施工を行った。2019（令和元）年8月、私市円山トンネルは掘削を一時中止することなく通常体制で無事貫通し、供用中のⅠ期線トンネルにおいて、高速道路利用者の安全を確保できたとともに、私市円山古墳の変状をきたすことなく安全に施工することができた。

5. まとめ

本工事は、トンネルの直上に私市円山古墳があり、Ⅰ期線の高速道路トンネルを供用させながら、離隔85cmでⅡ期線トンネルを超近接して施工する工事である。施工では、古墳への影響を最小限にし、Ⅰ期線を走行しているお客さまの安全を確保する極めて難易度の高い施工が必要であった。供用中の超近接施工事例が少なかったため、「私市円山トンネル施工検討委員会」を設立して、注入式長尺鋼管先受け工法等の補助工法や地中沈下測定による計測管理方法を決定した。地中沈下測定の計測結果は、全線において管理基準値内であり、安全に掘削する事ができた。今後、同様の事例で施工を行う現場の参考となれば幸甚である。