

## 私市円山古墳の直下を通過する高速道路Ⅱ期線トンネル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、舞鶴若狭自動車道の福知山IC～綾部IC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、急き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年（平成31年）4月より開始し、2019年（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（AGFφ114.3mm、t=6mm、L=12.5m、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）。

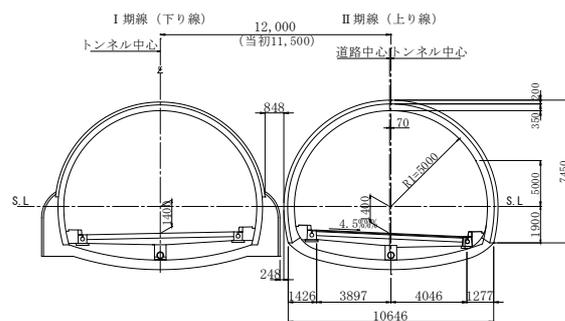
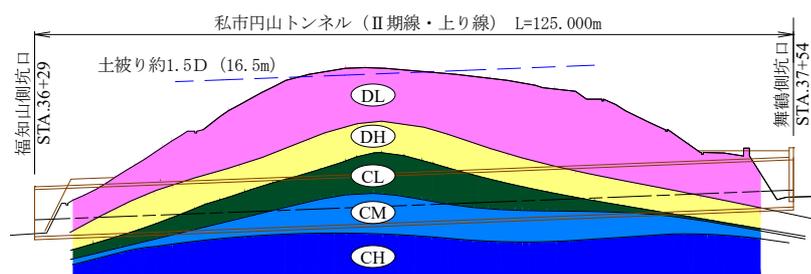
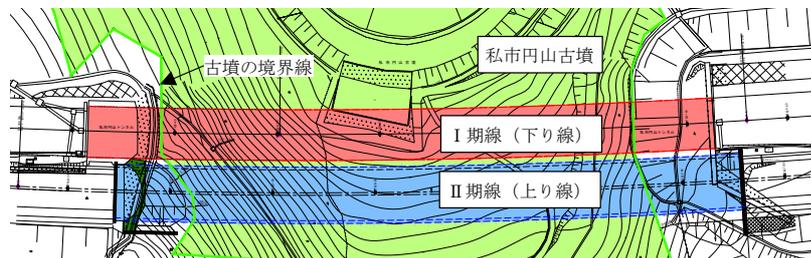


図-1 私市円山トンネル概要図

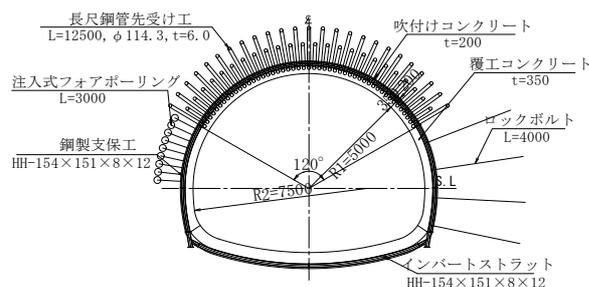


図-2 Ⅱ期線支保パターン図

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

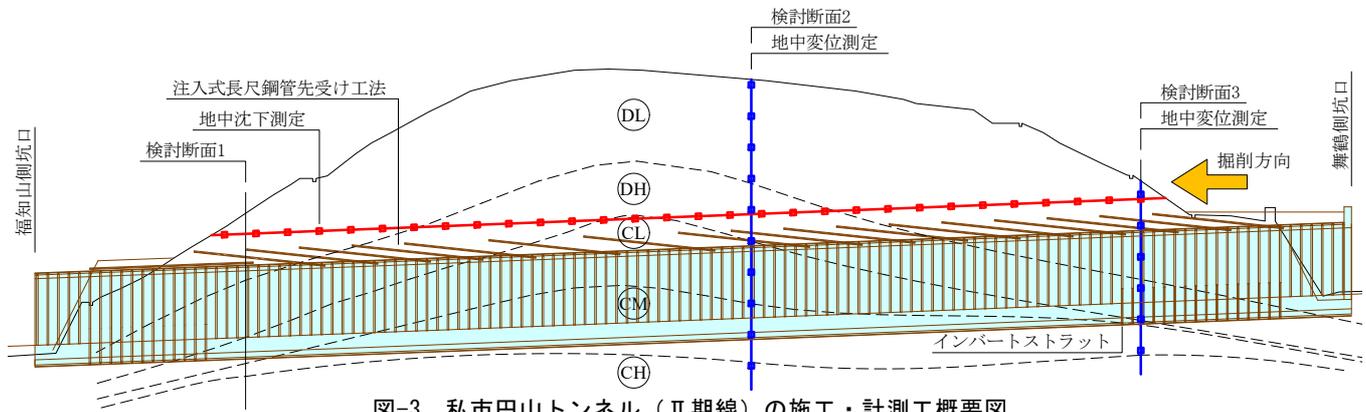


図-3 私市円山トンネル（Ⅱ期線）の施工・計測工概要図

Ⅱ期線施工中は、当初計画していたⅠ期線の覆工コンクリート応力測定他に加え、地中沈下測定、地中変位測定（2断面）を実施する（図-3）。地中沈下測定は、Ⅱ期線の直上で実施した水平ボーリング孔に水平傾斜計を挿入し、3m 間隔の測点でリアルタイムに沈下を計測することとした。また、検討断面1～3において2次元FEM

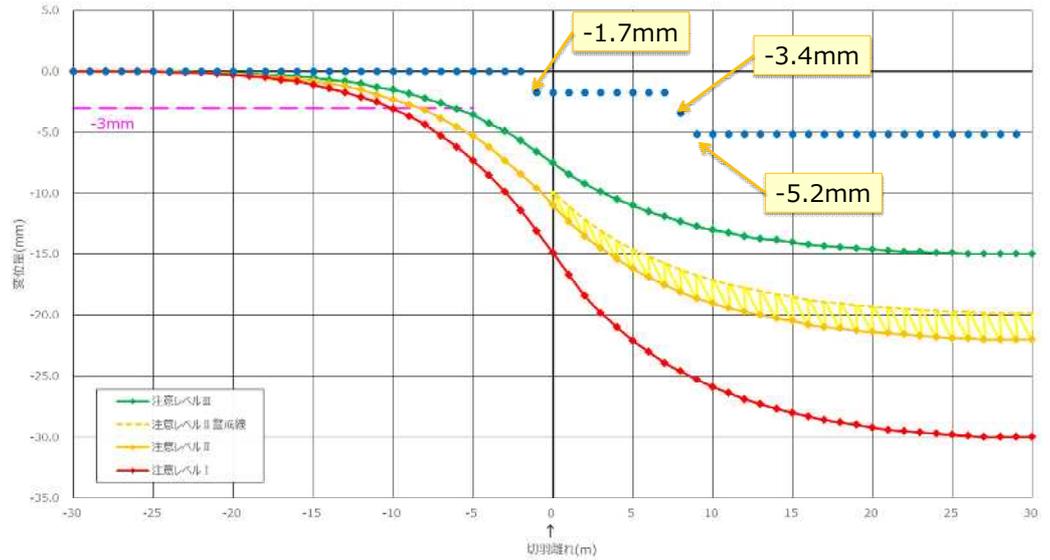


図-4 検討断面2の地中沈下測定（水平傾斜計）による先行変位と特性曲線

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。

#### 4. 計測結果

検討断面2の地中沈下測定（水平傾斜計）による先行沈下と特性曲線を図-4に示す。切羽進行と沈下量の推移は、切羽通過前1mで先行沈下-1.7mmを計測し、切羽通過後9mで最大沈下量-5.2mmを計測した。2次元FEM解析結果との比較においては、地中沈下測定位置での沈下測定値は-8.0mmであった。2次元FEM解析ではAGFシングル配置としているが、施工ではDH層の抜け落ち防止目的でAGFダブル配置としているため、沈下量が解析値より小さかったと考えられる。先行沈下と応力解放率との関係は、検討断面2における先行変位率は1.7mm/5.2mm=33%となり、応力解放率は10%～20%であったと考えられる。また、解析結果と実際の変位のデータを比較し、施工方法や管理基準値の見直しなどの情報化施工を予定していたが、変位が小さかったため安全に掘削が継続できると判断し、施工を進めた。

Ⅰ期線の高速道路トンネルを供用しながらの超近接施工であったが、ひび割れの進行、内空変位、増加応力の計測結果は、すべてにおいて管理基準値内におさまっており、Ⅰ期線への影響は無かった。Ⅱ期線トンネル施工後の私市円山古墳の地表面沈下については、最大沈下量4mmで有り、許容値50mmに対して小さい値であった。

#### 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様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。