

山岳トンネルにおける鉛直離隔5 mの構造物に対する沈下対策

戸田建設株式会社広島支店
戸田建設株式会社広島支店
国土交通省中国地方整備局 福山河川国道事務所
国土交通省中国地方整備局 福山河川国道事務所

正会員 〇野村 朋之
田中 誠
藤原 光雄
山崎 彰

1. はじめに

本工事は、広島県三原市糸崎町地先に位置する延長154mの2車線道路トンネル工事である。本工事の特徴は、図-1に示す既設構造物（「① 三原市水道タンク」、「② 中国電力鉄塔」、「③ 広島県導水トンネル接合井（以下、接合井という）」）の直下を5m～20mの低土かぶり掘削する工事である。特に、「③ 接合井」は、老朽化した給水施設であり、最小土被りが5mと本工事で最も小さい土かぶり区間に位置する。本工事は、掘削による構造物の沈下に対する許容値が10mm以下と厳しい管理条件ではあったが、注入式中尺鋼管先受け工法（以下、「MS工法」という）等の沈下対策工を採用し、無事トンネルを貫通させることができた。本論文は、地山の先行沈下量に着目した最終沈下量の早期予測等、施工管理プロセスについて報告する。

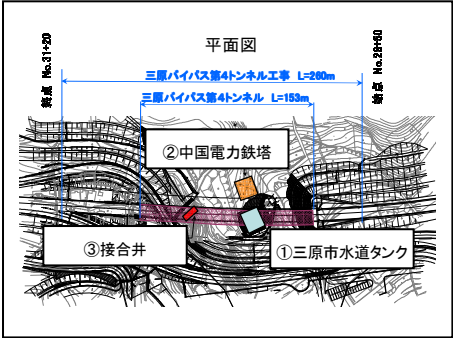


図-1 近接構造物平面位置図

2. 接合井の概要と地質状況

トンネルとの最小離隔が5mの「接合井」は、昭和47年度竣工の直接基礎による半地下構造物であり、経年劣化が進行している。尾道市全域と福山市の一部の上水道及び工業用水を担うため、断水の許されない重要構造物であった。また、管理者との協議によって、許容沈下量は10mm以下と指定されていた。

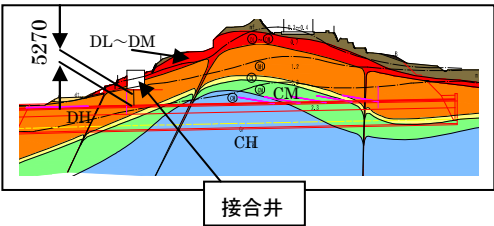


図-2 近接構造物縦断位置図

接合井の直下の地質は、図-2に示す様に風化花崗岩(DL～DH級)で一軸圧縮強度4～20MPaと比較的強度のある地山が想定されたが、破碎したシーム層が介在する状況でありその周辺の脆弱化や、また広島型花崗岩類の特徴でもある表面侵食の進行が懸念された。

3. 技術的課題

トンネル掘削に伴う沈下量を10mm以下に抑制するという、過去に例のない厳しい条件を満足する為に、類似事例と文献調査、接合井の健全度の把握、追加ボーリングによる地山の力学的特性値（強度、変形係数）の把握等を行い、検討すべき技術的課題を以下のように整理した。

- ①対策工の選定と沈下予測
- ②施工に伴う最終沈下量の早期予測

表-1 留意点の抽出と対策

留意点	対策
調査段階でのボーリング箇所がトンネルから離れており、実際の地質状況との違いが懸念される。	接合井直近での追加ボーリング調査を実施
当初設計での数値解析では変形係数に各ボーリング箇所での平均値を採用していたが、強風化花崗岩の特性であるバラツキも懸念され接合井付近の物性値の確認が必要である。	追加ボーリングにより接合井直近の地山性状、地質構成、変形係数等を確認
当初設計段階での数値解析による沈下予測値の検証が必要である。	追加調査を反映したFEM(2次元)解析の実施
対策工の実際の地山に対しての効果を事前検証する必要がある。	接合井付近と同種地山である起点側での試験施工を実施
技術提案等による対策で許容値を超える見込みとなった場合に備え、他工法の事前立案が必要である。	他工事での実績がある注入式中尺鋼管先受け工(ダブル)の試験施工を計画
数値解析では評価できない施工上生じ得る変位への抑制対策が必要である。	作業方法の見直しと作業の徹底 ・鋼製支保工脚部沈下対策(コンクリート版使用) ・先受け工の打設精度確保 ・削孔水低減による地山の緩み防止

4. 課題に対する工夫

4.1 問題点の抽出と対策

本工事では先受け工法として、より沈下抑制効果の高いと思われるMS工法を採用していたが、10mm 以下という厳しい条件に対し「1mm でも効果のあるものを」という方針のもと、更なる留意点の抽出を行いその対策について検討した（表-1）。

キーワード 低土被り, 先受け工法, 先行沈下

連絡先 広島県広島市中区田中町 5-9 TEL 082-545-7607 FAX 082-545-7605

4. 2 試験施工の実施

対策工による沈下抑制効果を検証する上で、数値解析による沈下予測値は地質条件の設定や補助工法のモデル化によって大きく左右されることから、今回は試験施工により実際の効果検証及び地山の沈下性状の事前確認を行った。実施区間は図-3に示す接合井直下地盤と同種と判断される地山で、土被りの浅い起点坑口部とし、坑外地中変位測定及び地表面沈下測定により周辺地山への影響を計測した。図-4に示す坑口側L=8.0mにおいてMS工法の試験施工を行い、その計測結果よりAGF（ダブル）工法の試験施工の必要性を判断するものとした。計測結果は接合井と同土被りとなる鉛直離隔5m地点の変位量において、上半到達時で1mm未満の隆起と極めて小さく、当該地山での内空変位や地表面計測の先行変位割合の実績から最終沈下量の予測値は、2mm程度と推定された。また、下半掘削後仮インバートによる閉合完了後も殆ど変位は計測されず、地山条件とも相まって十分沈下を抑制できるものと考え、AGF（ダブル）工法の試験施工は不要と判断した。

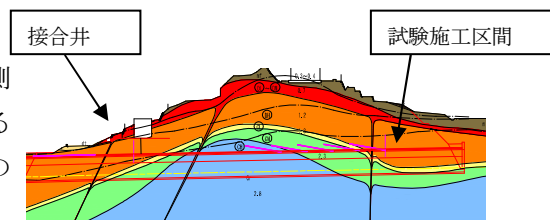


図-3 試験施工区間位置図

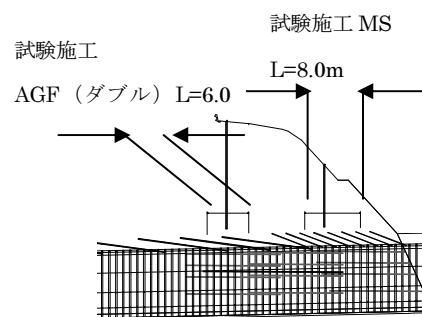


図-4 試験施工割付図

4. 3 施工に伴う最終沈下量の早期予測

接合井直下の施工にあたっては、早期に地山のゆるみを把握する為、図-5、6に示す接合井手前9m、4mの2箇所に事前監視点として地中変位計を設置し、接合井とほぼ同等の鉛直離隔となる地点の変位に着目するものとした。また最終沈下量を予測する上で、試験施工の結果や類似工事の施工実績から先行沈下量の最終沈下量に対する割合を50%と設定し、表-2に示す先行沈下量により管理するものとした。

表-2 管理レベルの設定値

計測項目		レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
		注意レベル (mm)	警戒レベル (mm)	限界レベル (mm)
沈下量	管理値	5.0	8.0	10.0
	先行沈下量	2.5	4.0	5.0

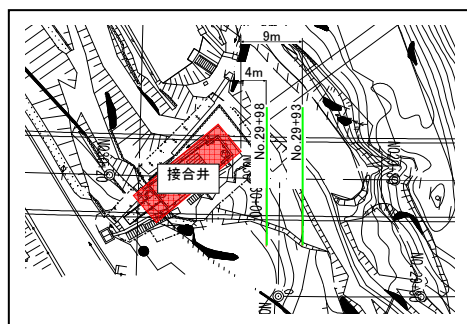


図-5 事前監視点設置平面位置図

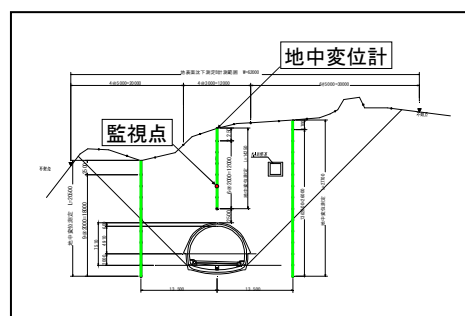


図-6 事前監視点計測断面図

5. 成果

監視点設置箇所の地山は風化花崗岩の割に比較的安定した硬質な地質状況であったことも幸いし、監視点における先行沈下は1mm程度であった。接合井直下の地山は風化が進み、一部粘土化した箇所や亀裂が目立つ箇所等が観察されたが、全体的に安定しており上半切羽到達時の沈下量は最大で1.2mmであった。その後、降雨の影響もあり、切羽進行に伴い若干の沈下が進行したが、表-3に示すとおり最終沈下量を7mm未満に抑えることができた。

表-3 接合井における変位計測結果

構造物名称	計測項目	許容値	予測値	最終変位
接合井	沈下量(mm)	10.0	8.0	6.6
	下限変形角(rad)	7.0×10^{-4}	5.9×10^{-4}	3.4×10^{-4}

6. まとめと今後の課題

事前の試験施工によって地山の沈下性状を把握し、先行沈下量に管理レベルを設定した情報化施工を実施したことで、許容沈下量10mmというトンネル工事では類例のない厳しい条件を満足して掘削を完了することができた。

今後の課題として、屋外の沈下計測は降雨や気温の影響を受けやすく、今回のように精度の高い計測値が要求される場合には、その計測方法についてさらに検討する余地があると考えられる。