

電磁波レーダー探査による トンネル覆工の品質確認について

森田 康平¹・國友 良行²

¹長浜土木事務所 道路計画課

²長浜土木事務所 道路計画課

トンネル供用後年月が経過すると、覆工天端の剥落や漏水が問題となることが多い。これらの原因を特定し対策を検討するために覆工の状態を確認することが重要である。現在施工中の観音坂トンネルにおいて、電磁波レーダー探査を利用して施工時に覆工厚・覆工背面の状況・補強鉄筋の配置を確認している。これにより目視できない覆工内部の状態を把握し整理することで今後の維持管理のための基礎資料を作成し、これを活用することで将来的なマネジメントコストの低減につなげることを目標としている。

キーワード トンネル、覆工コンクリート、電磁波レーダー探査、品質確認

1. はじめに

(1) 事業概要

県道間田長浜線は、米原市中部地域と長浜市中心市街地を東西に結ぶ幹線道路としての役割を担っている。しかしながら、事業区間は2車線が確保されていない未改良の区間で、特に昭和8年に完成し供用後70数年が経過する観音坂隧道(延長320.6m)は、幅員が5.7mと狭小でかつ老朽化が著しい。また、交通量が多い上に通勤・通学時間帯は自転車通学の高校生が多いため事故の危険性が高いと懸念されている。

これを解消するため、間田長浜線補助道路整備事業として現在整備を進めている。事業延長はL=1630m、うち観音坂トンネルは延長531m(幅員10.75m)となっている。



図-1.1 事業箇所 位置図

(2) 観音坂トンネルの設計概要

観音坂トンネルのD区間の標準断面図を図-1.2に示す。当トンネルは、対象地山が中硬岩・塊状岩型(緑色岩:粘板岩・チャートの岩塊を伴う)であることから、NATMによる補助ベンチ付全断面工法および上半先進ベンチカット工法を採用している。

両坑口付近には厚い崖錘堆積物が存在し、起点側坑口部および終点側坑口部に至る約100m間は、風化岩が主体となる低土被り区間であるとともに、終点側には3本の断層破砕帯が存在する。

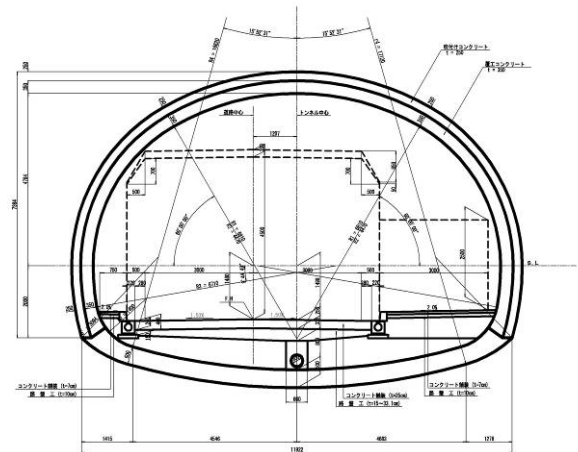


図-1.2 観音坂トンネル標準断面図(D区間)

設計による断面区分は表-1.1のとおり。トンネル坑口および崖錐堆積部は支保工パターンD，トンネル中央部は潜在割れ目が発達していると判断しC，トンネル中央部CとDの接続箇所はDとしている。

表-1.1 観音坂トンネル覆工厚

支保パターン	一次覆工厚	二次覆工厚
C	10cm	30cm
D	15cm	30cm
D	25cm	35cm

(3) トンネル維持管理の基本的な考え方

道路トンネルは一般に地形の急峻な箇所にある場合が多く、通行が困難となった場合に適当な迂回路がなく、交通に与える影響が非常に大きい。また、修繕に要するコストも大きく、施設を良好な状態に保つためには計画的に点検等を実施し、安全かつ合理的に運営しなければならない。このため、トンネルの維持管理は、ほかの一般部以上にきめ細かい配慮が必要である。

トンネルの維持管理を行う際は点検、調査、対策と大きく3種類に分けて考えられる。

点検では変状の有無を発見し、変状が発見された場合にはその程度を把握し、調査もしくは応急対応の必要性を判定する。

調査では点検により発見された変状の状況や程度をより詳しく把握し、対策の必要性および緊急度を判定するとともに、対策に必要な資料を得るためのものである。

対策は変状による損傷部分の補強・補修などトンネルの機能を復旧することを目的とする。¹⁾

(4) 技術提案を利用した基礎資料の収集・整理

近年では土木構造物においても整備時の初期コストだけでなく維持管理を含めたマネジメント費用の低減が求められている。これは、高度成長期においてインフラが急速に整備された結果、これらが同時期に耐用年数を迎え、保守・更新が集中することが理由のひとつである。そこで整備時に維持管理費用を含めて検討し、計画的に運用することが重要となる。このことから、この工事では技術提案を利用し、工事完成後の維持管理に有効となる基礎データの収集・整理を入札参加者に求めた。

受注者の奥村・橋本建設工事共同企業体の提案は、トンネル覆工の電磁波レーダー探査を行うというものであった。これは、覆工天端および左右両肩部で電磁波レーダー探査をトンネル全線で実施し、トンネル性能評価の基本資料となる「覆工厚」と「覆工背面の状況」および「補強鉄筋位置」に関するデータを調査するというものである。

これにより、目視確認できない覆工背面の状況および鉄筋位置を詳細に把握することで、施工時の品質確認を行うとともに、後年の調査時における性能評価に有用な基本資料として整備することを目標としている。

2. 電磁波レーダー探査による覆工の品質確認

(1) 調査概要

電磁波レーダー探査は、コンクリート表面に設置したアンテナにより探査対象物に向けて数百MHz～数GHzの周波数の電磁波を放射し、探査対象物から反射してきた反射波を捕らえる探査手法である。測定した電磁波の反射パターン(電磁波伝播速度、伝播時間、反射波の振幅、位相等)から、覆工の状態を判定する。

覆工レーダー探査装置の仕様を下記に示す。

測定対象は覆工コンクリートおよび支保工とし、トンネル天端と両肩部にて縦断方向に3測線で実施した。(図-2.2)

表-2.1 レーダー調査装置の仕様

機器	名称	製造会社
地中レーダー探査装置	SIR システム	(GSSI 社製)
アンテナ周波数	900MHz (パルス波)	(GSSI 社製)



図-2.1 レーダー調査装置の外観

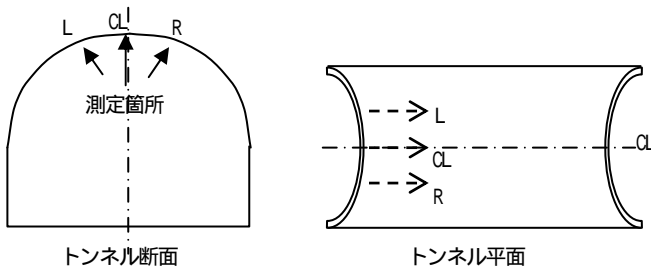


図-2.2 測定概要図

(2) 電磁波レーダー探査の原理

高電圧のマイクロパルス波をアンテナから発信し、電波が発射されてから戻ってくるまでの時間を測定する。この時間差は目標物までの距離に比例するので距離の測定が可能となる。発射されたパルス波は、均一な物質を進むときは減衰し反射を生じない。一方、異なった物質の境界面に達した際は反射する。反射の要因としてはコンクリートの場合、鉄筋・空洞(空隙、ジャンカ等)・水・支保工が考えられる。

レーダー探査の測定では1秒当たり数万波のパルス波を送信し、サンプリングによって毎秒10~50波を記録する。それぞれの波形は位相、振幅の大きさに応じて表示されるため、連続測定すると横に連続した縞模様の記録が得られる。

表-2.2 電磁波レーダー探査記録の表示

反射波の極性	両極性
反射波の振幅	弱 …………… 強
カラー表示	

(3) 測定方法

覆工は約10mごとに打継目を設けるため、測定は打継ごとに行う。そこで測定に先立ちトンネル側壁部において、覆工コンクリートの打継ぎの数ならびに打継ぎ間の距離を測定し、打継ブロック番号や測線位置のマーキングを行う。

次に、作業車両に搭載した電磁波レーダー装置をトンネル縦断方向の測線上に沿って2km/h程度の速度で移動し、連続的に探査を行う。

測定の結果、不明確な箇所を中心に誤った解析を防ぐために外観を目視で観察する。



図-2.3 測定状況

3. 調査結果

調査結果は下図の様にまとめられる。「覆工厚」はD区間で40cm以上、C区間で30cm以上確保されていること、「覆工背面」には空隙がないこと、「補強鉄筋位置」は所定のかぶりを確保していることが確認できた。

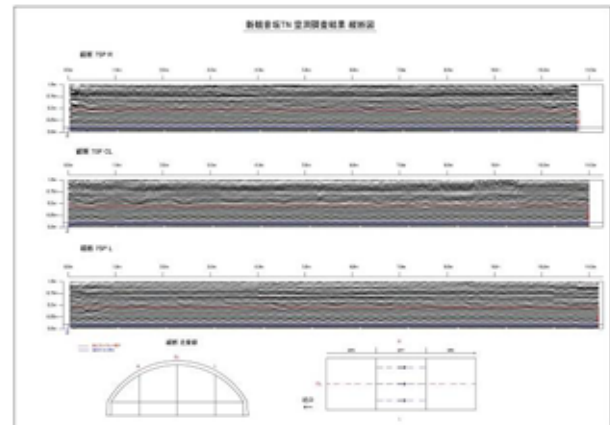


図-3.1 測定結果

トンネル覆工の出来形・品質確認は通常、

- ・打設前の巻立空間確認
- ・検測孔や打設妻部での覆工厚の確認
- ・シュミットハンマーによる強度推定
- ・ひび割れ調査

など複数の確認を行っている。今回の調査では、これらでは確認できない不可視部分が確実に施工できていることがわかる。

また、調査結果からは補強鉄筋や覆工厚以外に、一次覆工のH形鋼、地山と一次覆工の境界面も確認すること

ができ、覆工全体の状況が連続的に記録されている。

この結果を実測値として記録することで、後年の性能評価時の基本資料として利用することができる。

4. 考察

(1) 覆工の品質確認としての電磁波レーダー探査

トンネル覆工、特に天端部のコンクリート打設では吹き上げによりコンクリートを送り込むしかなく、その構造上必ず不可視部分が発生する。

当トンネルでは天端部コンクリート打設時の充填確認のために、充填確認用センサーによる充填管理、セントル天端に設置した圧力計による圧力監視、天端用パイプレーターによる締固めなど様々な工夫をしてコンクリート打設を行っている。しかしこれらは間接的で定点での観測のため、連続的な確認はできない。

今回行った電磁波レーダー探査は、橋脚の鉄筋探査など非破壊検査として一定の実績を上げており、目視により確認できない覆工厚、覆工背面の状況および鉄筋位置を把握する品質確認の手法の一つとして有用であると考えられる。

特に覆工背面の空洞はトラブル発生の原因になりやすく、施工時に発見できれば対策を講じることができ、品質向上、ひいては長寿命化することが期待できる。

(2) 維持管理の基本資料

今回の調査はトンネル全線で行っているため、測線上における覆工の状況が連続的に記録されている。今後の維持管理において、異常発生時の原因究明の基本資料として活用が期待される。

(3) 今後の課題

電磁波レーダー探査は一定の実績が認められているとはいえ、不可視部分の非破壊検査のため、測定者の習熟度や現場条件による精度の問題が残る。これらは技術者の資格制度などに頼ることになると思われる。

また、このような測定記録を整理保管し、必要なときに必要な情報として利用できるよう引き継いでいくことが重要である。利用することになるのはおそらく数十年後であるため、電子データを含めて活用できる環境整備が課題となる。

5. おまけ

観音坂トンネルは2013年8月に無事貫通することができました。施工者主催の貫通式では地元関係者も喜んで

いただくとともに、早期供用の熱い思いもありプレッシャーが高まりました。平成27年度の供用を目指して、今日も現場は動いています!(写真は貫通式の様子)



図-5.1 米原市朝日の太鼓踊り



図-5.2 トンネル貫通に沸き立つ関係者



図-5.3 長浜土木事務所の精鋭たち

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧