

呉市管理「仁方隧道」の修繕代行事業について

国土交通省 中国地方整備局 広島国道事務所

1. はじめに

広島県呉市の管理する仁方隧道（にがたずいどう）において、全国で初めてトンネルの直轄診断および修繕代行が行われました。仁方隧道は建設年次が古く、老朽化が進んでいる一方、建設当時の資料がないことや既に行われている補修に関する資料もなく、トンネル損傷状況を評価し適切な対策を検討するには高度な技術力が必要な状況でありました。管理者の呉市からの要請をうけ中国地方整備局、国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所で構成された「道路メンテナンス技術集団」により直轄診断が行われ、また、診断結果を受けて、呉市より修繕代行事業による補修実施の要請があり、広島国道事務所において対策検討および対策工事を行う事となりました。そして、令和5年2月に対策工事が完了しましたので、この補修の概要について報告します。



図1 仁方隧道の位置



写真1 仁方隧道終点側坑口

2. 仁方隧道の諸元

仁方隧道は広島県呉市にある仁方西神町（にがたにしがみちょう）と広白石（ひろしらいし）を結ぶ市道のトンネルです（図1）。仁方西神町を含む仁方地区北部の住民は仁方隧道を抜け、呉市の東西を通る国道185号を通り、日常から呉市中心部にアクセスするだけでなく、伝統産業の日本酒を出荷しています。また、救急医療施設が呉市中心部、若しくは、広島市内に位置するため、当該市道は周辺住民の生活道路としての機能、地域産業を支える物流道路としての機能だけでなく、救急医療施設へのアクセス機能など、地域にとって重要な役割を果たしています。

一方、仁方隧道は全長260m、幅員5.5mのトンネルであり、昭和13年（1938年）に広島県が建設し、昭和43年（1968年）に呉市へ移管され、建設後80年以上が経過しています（写真1）。トンネル全長の約5割の区間で吹き付けによるモルタル補修が施されているほか、全長の約3割の区間でコテ塗によるモルタル補修が施されています。

【仁方隧道の諸元】

- ・施設名：仁方隧道（にがたずいどう）
- ・管理者：広島県呉市
- ・路線名：市道白石4丁目3号線
- ・建設年：1938年（S13年）完成
- ・施設延長：260.0m、幅員：5.5m・工法：矢板工法

3. 直轄診断

仁方隧道は古いトンネルであり、建設時の資料が残っておらず設計や施工方法等の詳細が不明で、補修に関する資料も残っていないため、既設のトンネルの状態を確認することが困難な状態でした。トンネルの老朽化は著しく、トンネルに致命的な損傷が生じ第三者被害の発生や長期機能不全に陥るような状態になる前に早期に有効な対策を施す必要がありましたが、建築限界に余裕が無く対策を行うに当たってトンネル内の空間に制約条件あるなかで、補修および補強対策を計画するためには、高度な技術力が必要な状態でした。

また、平成30年に点検が実施されており、外力性と懸念されるひび割れが確認されたことや、過去に背面空洞調査も未実施であること、トンネルが位置する路線の重要性等を勘案し、直轄診断が必要と判断されました。

平成30年12月に呉市からの要請をうけ、平成31年3月に中国地方整備局、国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所で構成された「道路メンテナンス技術集団」により現地調査が行われ、技術的助言が報告されました。

4. 診断結果

1) 覆工背面空洞および地山の状況

事前に電磁波探査による調査を実施した結果、トンネル全延長にわたりトンネルアーチ部の覆工背面の地山との間に空洞が確認されました（図2）。また、覆工コンクリートのコア抜き箇所から地山状況を確認したところ、覆工背面に崩落した地山または施工時に詰めたズリのようなものが確認されましたが、地山は堅固でありました（写真2、3）。ただし、覆工背面の地山の一部に亀裂が確認され、一方、トンネル終点側に向かって水が集まりやすい谷地形で、且つ、覆工背面の地山の一部において風化が確認されたことから、終点側坑口部においては、地質・地下水等の状況を確認するための詳細調査を行うこととしました。（図3）

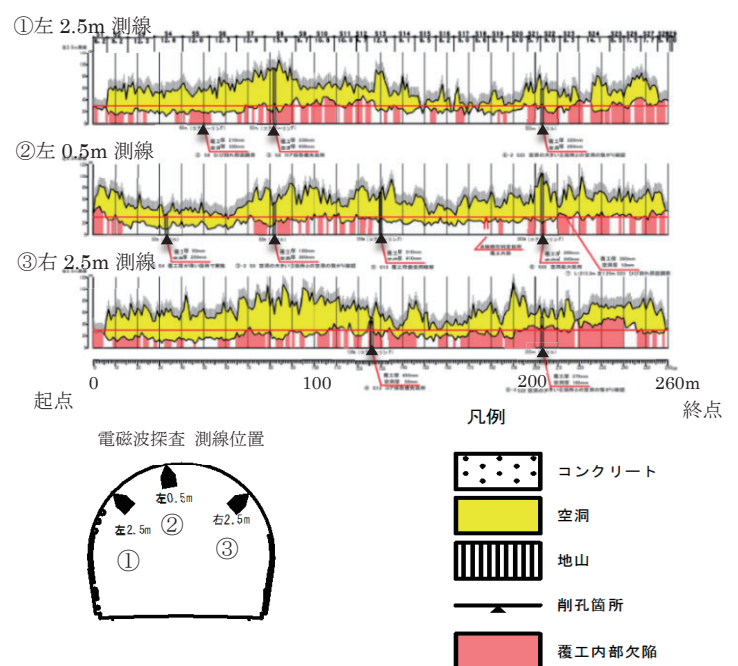




写真2 背面空洞
(空洞最大箇所)



写真3 背面空洞
(覆工欠損箇所)

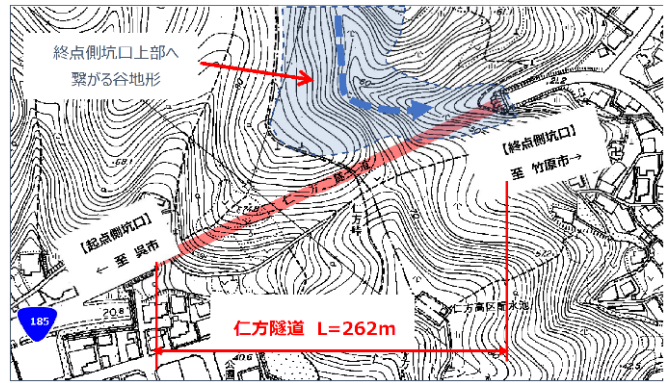


図3 仁方隧道周辺の地形

2) ひび割れ・漏水

仁方隧道はトンネルの約8割の区間においてモルタル補修が実施されていたため、その下にある覆工コンクリートの状況を直接確認することができず、覆工自体の損傷の詳細な状況は把握できませんでした(写真4)。また、前述のとおり補修についての資料が残っておらず、構造や補修目的の詳細について確認することができていません。補修箇所においては、全体的に表面にひび割れの発生を確認しており、トンネル中央部よりもトンネル坑口付近の両端部が顕著に漏水を伴っていました。

覆工の横断目地部においては、トンネル横断方向のひび割れが全周にわたって発生しており、横断方向のひび割れの間をつなぐようにトンネル縦断方向にひび割れが発生していました。(写真5)

ひび割れ箇所において、覆工コンクリートのコア採取を行ったところ、コールドジョイントやジャンカが確認され(写真6)、これらに起因してひびわれが発生しているものと推察されました。また、内装板の背面にも縦断方向打ち継ぎ目部にジャンカがみられ、そこからの漏水が確認されました。



写真4 モルタル補修状況



写真5 覆工ひび割れ状況



写真6 採取したコアの状況

3) うき・剥離

トンネル内のモルタル補修箇所においては、多くのうき・剥離がみられました(写真7)。特にトンネル横断目地部のうきの箇所では、定期点検時に触診程度で落下する危険なコンクリート片があり、除去されていましたが、直轄診断時には、今後の変状進行によって落下の危険性がある箇所を指摘し、両坑口の面壁部の化粧モルタル箇所のうきについては、呉市により叩き落としによる応急措置が速やかに実施されました。

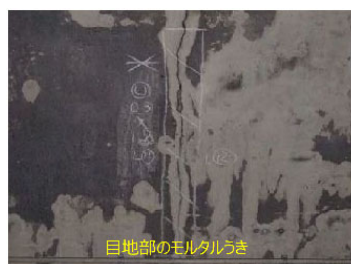


写真7 目地部モルタルのうき



写真8 目地部段差

4) 覆工部の段差

終点側坑口に近い2スパンの覆工打ち継ぎ目地部において、モルタル補修後に4～10mm程度の段差が生じている痕跡がみられました。これは、モルタル補修の後に外力による影響で生じたものと考えられます(写真8)。

5) 覆工コンクリートの品質

覆工コンクリートの品質については、採取した覆工コンクリートのコア全てに空隙などの内部欠陥が確認され、事前に採取したコアの強度を確認したところ、一部のコアで十分な強度が発現していない状況でした。内部欠陥については、採取した試料と電磁波探査結果からトンネルアーチ部の半分程度の区間に存在すると想定されます。

また、トンネルアーチ部の天端部分において、コンクリートの巻厚が標準巻厚を大きく下回る箇所が確認されました。

5. 修繕代行による補修方法

1) 概略

直轄診断および詳細調査の結果を受け、①突発性崩壊への対策、②覆工のうき・剥離、ひび割れ等の材質劣化及び巻厚不足等の品質不足の対策の観点、及び、建築限界(内空縮小が20cmまでしかとれない)や道路の利用状況(通行規制への影響)から、アンカーを設置した上で発泡ウレタンによる覆工背面空洞への「裏込め注入工」とプレキャスト版による「内巻補強工」(図4)の組み合わせでI期とII期に分けて行うこととしました。

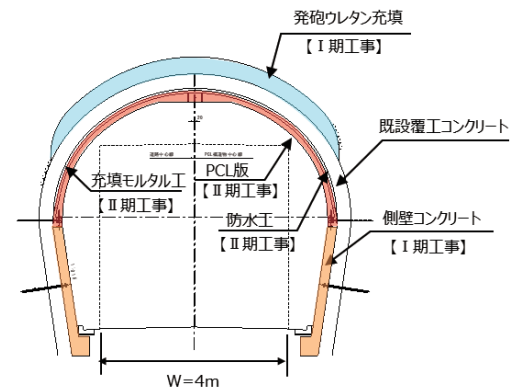


図4 標準横断面図

2) 突発性崩壊への対策検討

突発性崩壊については、電磁波探査による調査結果からほぼ全長にわたり対策が必要であると判断しました。対策工としては、一般的に「覆工内面の補強対策(内面補強工・内巻補強工)」と「裏込め注入工」、「覆工改築工」があります。そのうち「覆工改築工」は対策厚にNATMと同様の30cm程度が必要となると想定され、建築限界を確保できないことから除外しました。

裏込め注入の材料は、「覆工への影響」、「巻厚不足箇所への適用」、「湧水箇所への適用性」に優れた「発泡ウレタン」の適用性が高いと判断しました。特に仁方隧道の場合は、覆工コンクリートの巻厚不足や品質の問題から、注入にあたり、覆工コンクリートに影響が出ないように注意しながら施工を行う必要がありました。そのため、既設覆工コンクリートの応力照査を行い、発泡ウレタンの自重と注入圧の圧力管理値を決定しました。また、自由発泡による圧力も発生するすと考えられ、この圧力は0.0188Mpaを想定しているものの、これは覆工コンクリートの背面圧力に対する耐力0.052Mpa以下であるため、自由発泡状態であれば、施工に問題はないと考えます。

なお、注入材が覆工背面に過度に注入された場合には、覆工へさらなる圧力が作用する可能性もあるため、発泡ウレタンがある程度充填できたと確認できれば、早期に注入を停止することで、既設覆工に大きな圧力を作用させることなく、注入が可能と考えました。この場合、天端に若干の空洞が残存する

可能性も考えられましたが、突発性崩壊に対しては、空洞深さが30cm未満程度となれば対策は不要となります。仁方隧道の平均空洞深さは30cm程度であるため、ある程度充填できれば、完全に充填しなくても十分な対策工になると考えました。

3) 材料劣化及び品質不足対策検討

材質劣化の対策工としてはネット工、内面補強工（炭素繊維シート、格子筋補強、成型版接着）、内巻補強工（プレキャスト工）が考えられます。

ネット工については、構造的な補強とはならず、アンカーが長期的に有効に作用するか懸念がありました。内面補強工については、対策工の定着を考慮して、既設の補修モルタルを撤去する必要がありましたが、既設覆工コンクリートと強固に一体化している場合は撤去が困難であり、撤去できた場合でも、既設覆工コンクリートの状態がよくない可能性が高く、長期的に既設覆工に問題が生じる可能性もあり、これらを除外しました。内巻補強工については、内空断面の縮小が他の工法よりも大きいものの、既設覆工の品質の問題が全線に存在しているため、構造的な補強となる内巻補強工による対策が望ましいと判断しました。また、内巻補強工による覆工巻厚の回復も行われるため、裏込め注入において完全に充填できなくても、安全性が確保される利点もあります。

内巻補強の工法については、プレキャストコンクリート版を覆工位置に設置し既設覆工との間にモルタルを充填する工法が考えられます。施工には通行止めが必要でしたが、地元より通行止め期間を可能な限り短くすることを要望されており、プレキャスト工法を採用することにより通行止め期間を短縮でき、且つトンネル内空の縮小も抑えられます。

以上のことから、建築限界も考慮し全延長にわたり、プレキャスト版の内巻補強を実施することとしました。(写真9)

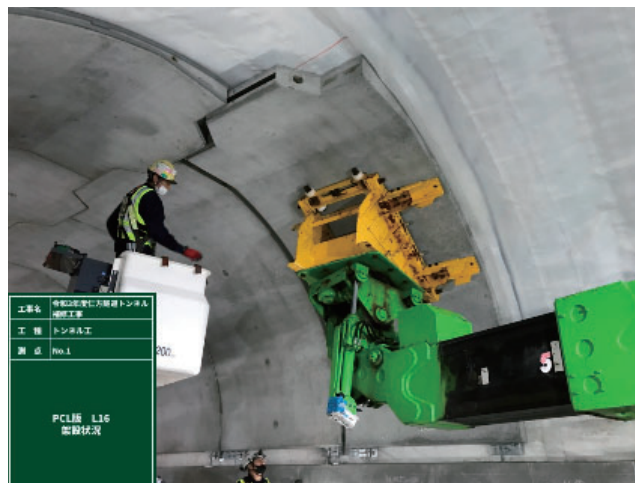


写真9 プレキャスト版施工状況

おわりに

仁方隧道は古いトンネルであり、建設当時の資料や補修に関する資料がなく、覆工コンクリートはモルタル補修により確認できない状況であったため、覆工背面の地山の状態や損傷状態を把握することが非常に困難な状態でありました。そのため、専門的な技術力が不可欠であり、状況把握のため、近接目視や打音検査以外に、電磁波探査、コア採取、地質調査等の詳細調査を行い診断、補修計画を立て、補修工事を行いました。また、施工ヤードが狭く、地域住民も利用していることから、安全管理や工程管理に苦

慮しました。管理者である呉市からは、修繕代行業について、人的負担や適切な工法選定などの技術面で大変心強い制度であるとのことをご意見をいただきました。

平成31年の呉市長より修繕代行の要請があつてから4年を経た、令和5年2月に完了し、同年3月の引き渡し式をもって、呉市へと引き渡されました。(写真10、11)



写真10 仁方隧道坑口



写真11 仁方隧道坑内

[参考文献]

- 1) 仁方隧道直轄診断(呉市道 白石4丁目3号線)結果報告書(H31.3.19 国土交通省中国地方整備局道路メンテナンス技術集団)
- 2) 広島国道東部トンネル点検業務 (R2.3 広島国道事務所)