

## 6. 「排気排水・注入ホース」を用いた覆工コンクリート天端部の充填性向上技術と適用事例

The Technique and Application of Improvement of Filling Properties of Lining Concrete Top End Part by 「Sucking Air and Drainage Injection Hose」

駒田 憲司\* 中山 清\*\* 上野 濟\*\*\* 石戸 善明\*\*\*

### —概要—

トンネル覆工コンクリートの天端部の打込みには吹上げ方式が採用されている。天端部は背面に空洞を残さずコンクリートを充填することが重要であるとされているものの充填状況を目視確認できないため、充填不足や打設にともなう巻き込み空気・ブリーディング水の残留などにより、背面空洞の発生や密実性の低下など不具合が生じやすい。従来技術では、エア抜きホースなどで巻き込み空気・ブリーディング水を吸引排除する方法や、グラウトホースなどで充填材を注入する方法により充填性を確保する方法がある。そこで筆者らは打設時に生じる空気・ブリーディング水を吸引して排除する機能と、吸引後の空隙に充填材を注入する機能を併せ持った「排気排水・注入ホース」を開発した。本報では排気排水・注入ホースの概要ならびに実トンネルへの適用事例について述べる。

### —技術的な特長—

排気排水・注入ホースは、ホース壁面の開口部を可能な限り大きくしたメッシュホースに、空気とブリーディング水は通し、セメント粒子は通さない地盤改良の圧密促進等に用いられるフィルターシートを10mmラップでらせん状に巻いたものである。排気排水・注入ホースは、コンクリート打設時には真空ポンプに接続し、吸引の負圧によりフィルターシートのラップ部が閉じ、空気と水を通すフィルターシートから巻き込み空気、ブリーディング水を排気排水する。さらに打設後は、グラウトポンプに接続して注入圧によりラップ部が開き充填材を空隙部等に注入することができる。

本報ではダムの本体工事に先立つ仮排水トンネル（総延長 496.5m）の覆工コンクリートに排気排水・注入ホースを適用した事例について述べる（図-3）

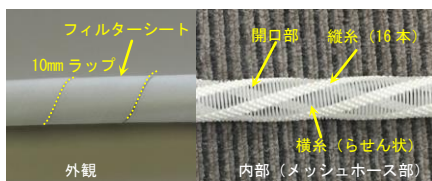


写真-1 コンクリート打設時の排気排水のイメージ

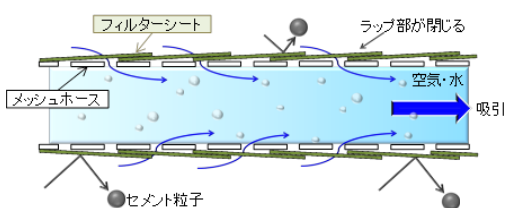


図-1 コンクリート打設時の排気排水のイメージ

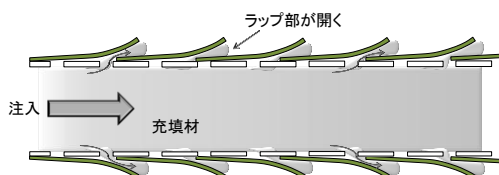


図-2 コンクリート打設後の注入のイメージ

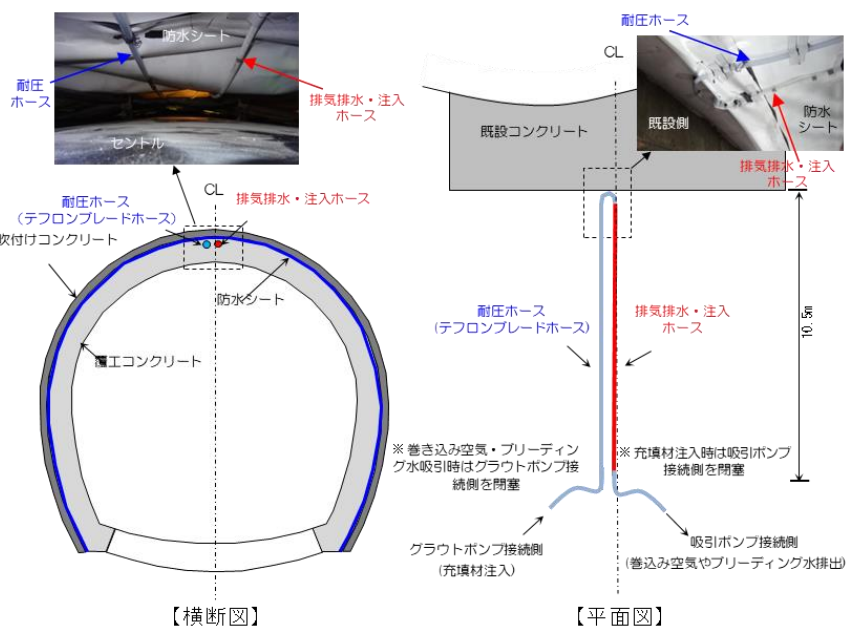


図-3 排気排水注入ホースの配置および施工状況

\*土木技術本部エンジニアリング事業部 \*\*東京土木本店立野ダム仮排水路作業所  
\*\*\*九州地方整備局 立野ダム工事事務所

## 「排気排水・注入ホース」による覆工コンクリート天端部の充填性向上技術と 適用事例

### The Technique and Application of Improvement of Filling Properties of Lining Concrete Top End Part by 「Sucking Air and Drainage Injection Hose」

○駒田 憲司\*      中山 清\*\*      上野 濟\*\*\*      石戸 善明\*\*\*  
Kenji KOMADA      Kiyoshi NAKAYAMA      Wataru UENO      Yoshiaki ISHITO

ABSTRACT. Blowing up method is adopted for driving the top end part of the tunnel lining concrete. However, the top end part of the tunnel lining concrete cannot be visually confirmed at the top end portion, incomplete problems such as generation of a back cavity and reduction in compactness are liable to occur due to insufficient filling and entrained air and bleeding water caused by casting.

「Sucking air drainage and injection hose」 can concentrate the two functions of exhaust drainage and injection into one hose and can discharge the entrained air / bleeding water and fill it into the gap, So that the lining concrete Improve the quality of construction as well as realize reduction of construction cost. In this report, we report the outline of 「Sucking air drainage and injection hose」 and the results applied to tunnel.

Keywords: 排気排水・注入ホース、覆工コンクリート、巻込み空気、ブリーディング水、充填材、注入、  
*Sucking air and drainage injection hose Lining concrete, Entrained air, Bleeding water, Filling material, Injection*

## 1. はじめに

近年、トンネル覆工コンクリートの剥落事故が頻発して以来、社会的注目が集まり、その品質に対して厳しい目が向けられている。

一般的に、覆工コンクリートの打設は 10.5m 程度の延長を 1 スパンとして全断面を一度に打ち込むことになっており、天端部の打込みは吹上げ方式が採用されている。そのため、天端部は打設にともなう巻込み空気やブリーディング水の残留などによる充填不良により背面空洞や密実性の低下など不具合が生じやすい。従来技術では、エア抜きホースなどで巻込み空気・ブリーディング水を吸引排除する方法や、グラウトホースなどで充填材を注入する方法により充填性を確保する方法がある。

今回開発した「排気排水・注入ホース」は、覆

工コンクリートの品質向上を図る従来の技術を踏まえ、施工の効率化とコストの縮減をさらに図るため、排気排水と注入の 2 つの機能を 1 本のホースに集約したものである。ここでは、排気排水・注入ホースの特徴と、覆工コンクリートの巻厚が 1m を超える非常に厚い箇所がある仮排水トンネルの覆工コンクリートに排気排水・注入ホースを適用した結果について報告する。

## 2. 排気排水注入ホースの概要

### 2.1 ホースの構成

排気排水・注入ホースは、メッシュホースにフィルターシートを 10mm ラップで、らせん状に巻いたものである(写真 1)。メッシュホース本体は、らせん状の合成繊維を横糸(モノフィラメント糸)とし、これにそれよりも細かい軟質の合成繊維 16 本を縦糸(スパン糸)として織り込んだもの

\*青木あすなろ建設 (株) 土木技術本部エンジニアリング事業部

\*\*青木あすなろ建設 (株) 立野ダム仮排水路作業所

\*\*\*九州地方整備局 立野ダム工事事務所

※本報の内容は、第 82 回(山岳)施工体験発表会にて発表済みである。

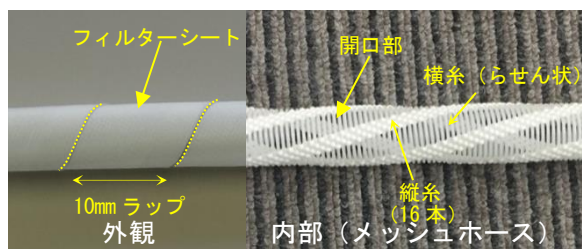


写真1 排気排水・注入ホースの構成

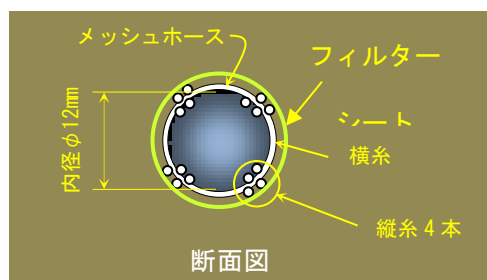


図1 排気排水・注入ホース（断面構造）

で、コンクリート打設時には空気やブリーディング水を排気排水、打設後には安価なセメント系充填材を注入しやすいように、ホース壁面の開口部（開口率 66%）を可能な限り大きくしている(図-1)。また、フィルターシートには、コンクリート打設時に発生する空気やブリーディング水は通し、コンクリートのセメント粒子はほとんど通さない地盤改良の圧密促進などに用いられるドレーン材用のフィルターシートを使用している。

## 2.2 排気排水・注入ホースの特徴

排気排水・注入ホースは、コンクリート打設時には、真空ポンプに接続し吸引することで吸引負圧により、らせん状に巻いたフィルターシートのラップ部が閉じ、空気と水を通すフィルターシートから巻き込み空気・ブリーディング水のみを排気排水できる(図 2)。

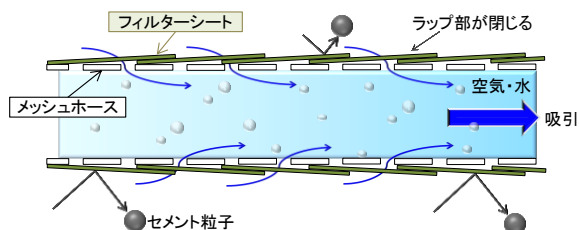


図2 コンクリート打設時の排気排水のイメージ

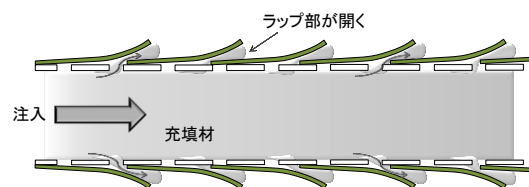


図3 コンクリート打設後の注入のイメージ

また、コンクリート打設後には、グラウトポンプに接続して充填材を注入することで注入圧により、らせん状に巻いたフィルターシートのラップ部が開き充填材をホース内とホース周辺の空洞部に注入できる(図 3)。

## 3. 排気排水・注入ホースの現場適用

### 3.1 工事概要

工事名：立野ダム仮排水路工事

発注機関：国土交通省 九州地方整備局 立野ダム工事事務所

施工場所：熊本県菊池郡大津町大字外牧地先

工事内容：立野ダム本体の構築に先立って仮排水トンネル(L=496.5m)の施工を行うものである(図 4)。

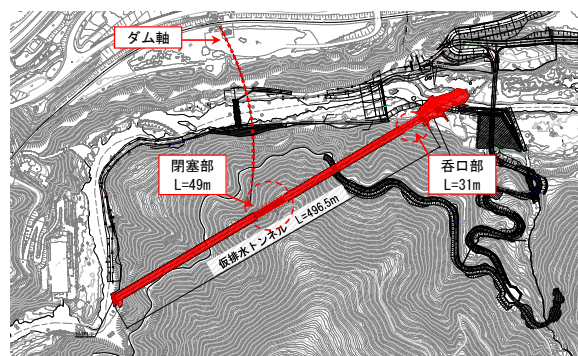


図4 工事概要（平面図）

### 3.2 対象の覆工コンクリート

本トンネルの覆工コンクリートの巻厚は、標準部は 300mm であるが、呑口部(L=31m)については、洪水時最高水位に対する被圧対策として 1,500mm に、閉塞部(L=49m)については、グラウティング注入圧に対する安全性から 1,300mm となっている(図 5)。

排気排水・注入ホースの適用は、先行で施工する標準部の 1 スパンで試行的に行い、その後、呑

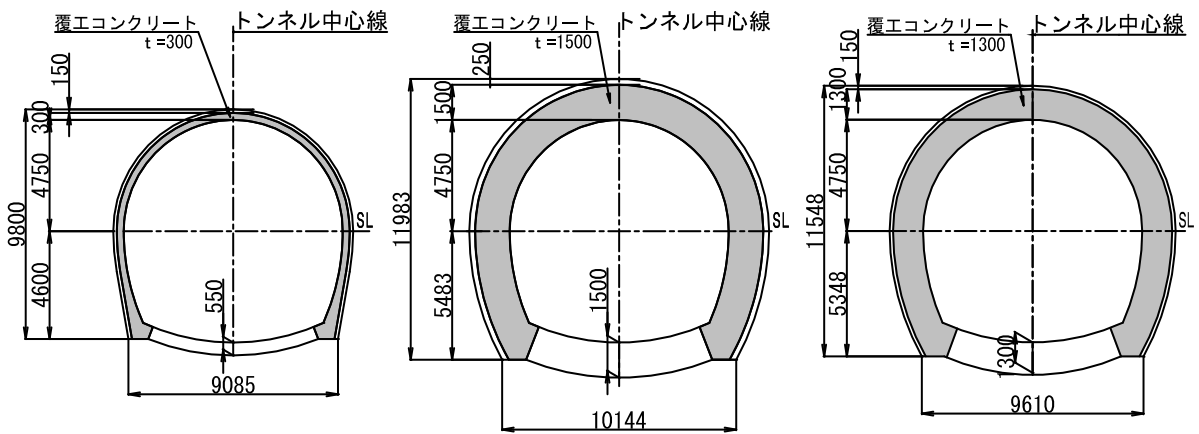


図5 仮排水トンネルの断面図

口部、閉塞部においても順次実施した。

### 3.3 現場適用

#### 3.3.1 適用方法

排気排水・注入ホースは覆工コンクリートの背面となる防水シート面(閉塞部は吹付けコンクリート面)にトンネル軸方向にブチルテープ(閉塞部はコンクリートネイルとバインド線)で設置した。排気排水・注入ホースの既設コンクリート側と棲枠側の両端には耐圧ホース(テフロンブレ

ードホース)を接続し、既設コンクリート側の耐圧ホースはUターンさせて両方の耐圧ホースを妻枠側から出すように配置した(図6)。排気排水の吸引時や充填材の注入時には耐圧ホースを介して真空ポンプ、グラウトポンプに接続して排気排水・注入を行った。充填材の注入は、反対側ホースからの充填材排出後にホースを折り曲げ閉塞し、その後、棲枠の隙間から充填材の排出状況を確認した上で完了とした。

覆工コンクリートの打設に排気排水・注入ホ

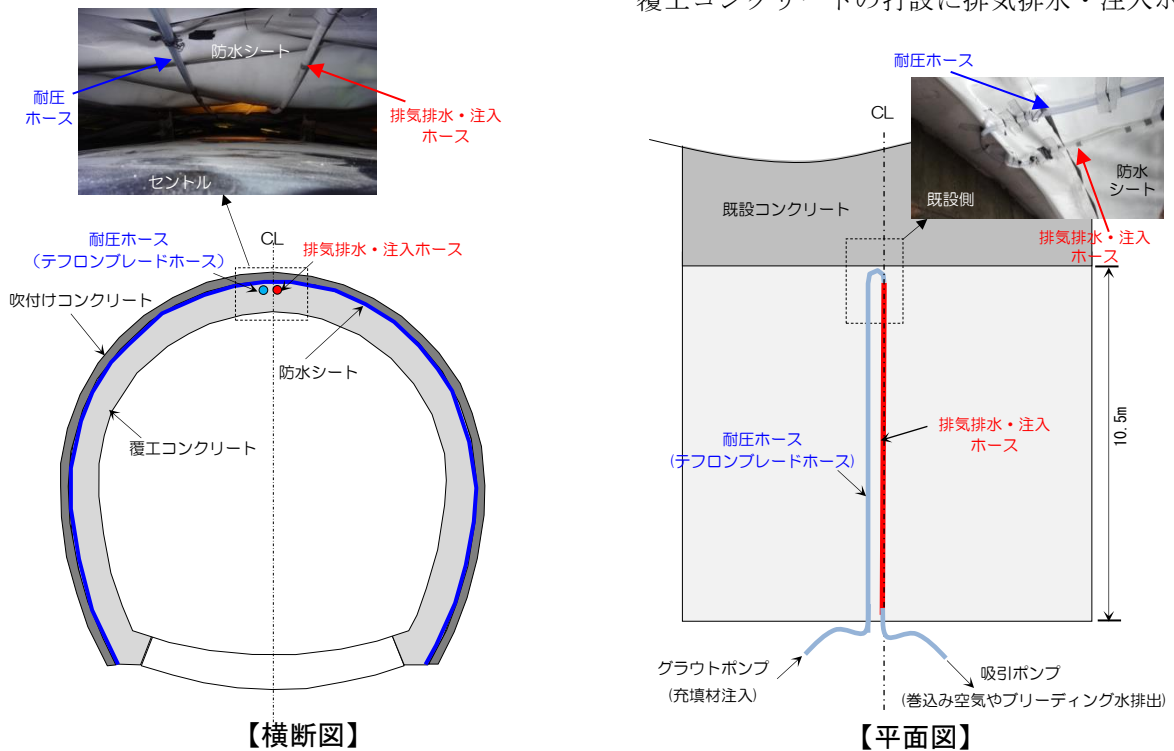


図6 排気排水注入ホースの配置および施工状況

ースを適用した結果、排気排水時には、棲枠からのブリーディング水の漏れがなく、天端部で発生したブリーディング水のほとんどを排気排水・注入ホースから排水することができ、巻込み空気とともに排気排水を良好に行えることが確認できた。また、打設後の充填材注入についても反対側ホースからの充填材のリターン確認後に、ホースを閉塞すると棲枠の隙間から充填材の排出が生じたことから、充填材がホース周辺の空隙に充填されたと判断できる(写真2)。

なお、設計巻厚の厚い呑口部、閉塞部については、吹上げ方式による打設が困難であるため、

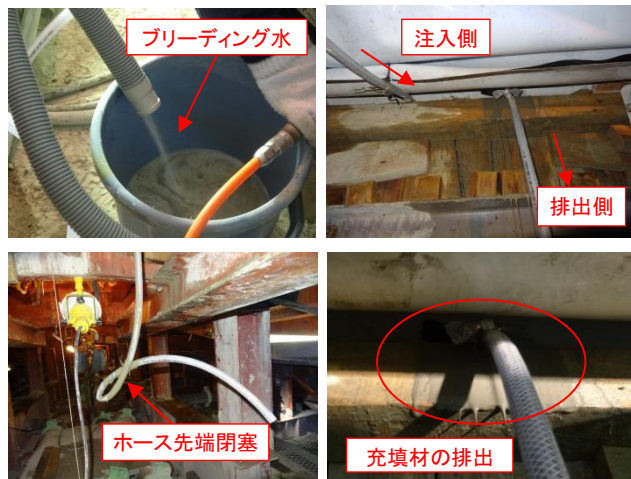
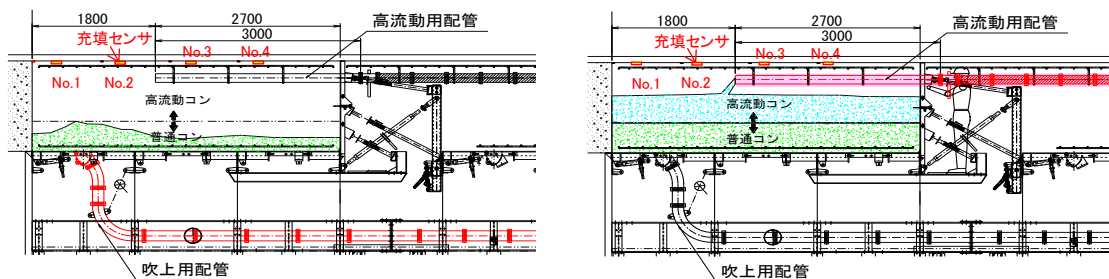


写真2 排気排水・注入ホース実施状況



a) 普通コンクリート打設時（吹上げ方式）

b) 高流動コンクリート打設時（流下方式）

図7 呑口部・閉塞部の打設要領図

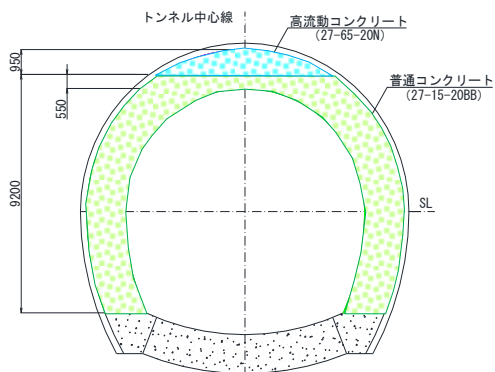


図8 呑口部の配合別打設割図



(繊維混入前) (繊維混入後)

a) 普通コンクリート



b) 高流動コンクリート

写真3 覆工コンクリートの品質管理試験状況

表1 覆工コンクリートの配合表

区分	呼び強度	スラブ または スラブラフロー	粗骨材の 最大寸法 (mm)	セメント 種類	水セメント 比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					混和剤 <sup>*1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )
							セメント	混和材	水	細骨材	粗骨材	
普通	27	21	20	BB	51.5	51.0	340	2.73 <sup>*2)</sup>	175	922	952	3.14
高流動	27	65	20	N	51.5	53.9	340	130 <sup>*3)</sup>	175	880	902	6.29

\*1)高性能AE減水剤  
\*2)補強繊維PP-1種-A  
\*3)フライアッシュII種

打設スパンの延長を 4.5m とし、巻厚 550mm 程度まで普通コンクリートでの吹上げ方式による打設を行い、それ以降についてはコンクリートを高流動コンクリートとして棲型枠上端からの打込みとした(図 7、図 8、写真 3、表 1)。

また、覆工コンクリート背面には充填センサを既設側から 1m 間隔で 4 箇所設置し、天端部背面の充填状況を確認した(写真 4、写真 5)。



写真 4 設計巻厚 1500mm 呑口部の打設状況



写真 5 充填センサとコンクリートチェッカー

### 3.3.3 非破壊機器による充填確認

覆工コンクリートの充填状況を確認するため、「道路トンネル定期点検要領 平成 26 年 6 月」の覆工厚・背面空洞調査の代表的な手法に示される電磁波法(地中レーダ)による非破壊探査を実施した。

なお、探査は地中レーダで探査可能であると考えられる設計巻厚 300mm の標準断面を対象とした。



アンテナ



データ処理機(SIR3000)



探査実施状況

写真 6 アンテナとデータ処理機および探査状況

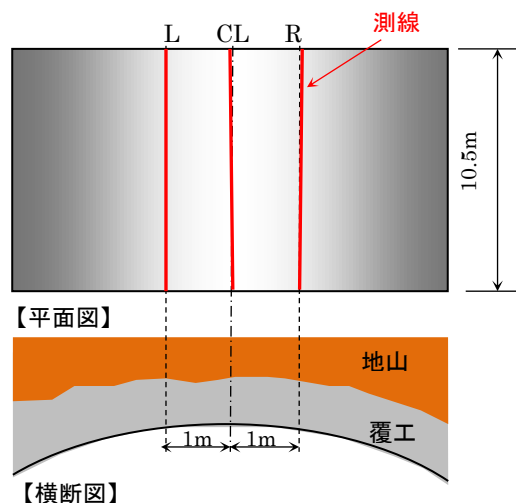


図 9 電磁波レーダ法の測線

#### (1) 使用機器

名称・型式 : Model 5130(GSSI)  
SIR-3000(写真 6)  
製品仕様 : 寸法 300×300×170mm  
重量 5.0kg  
発信周波数 400MHz

#### (2) 対象ブロックと測定箇所

測定対象のブロックは、排気排水・注入ホースを適用した設計巻厚 300mm のブロックとした。スパン延長は 10.5m で、測定箇所は天端中心のトンネル軸方向を測線として横断方向に 1m 間隔の 3 測線で実施した(図 9)。

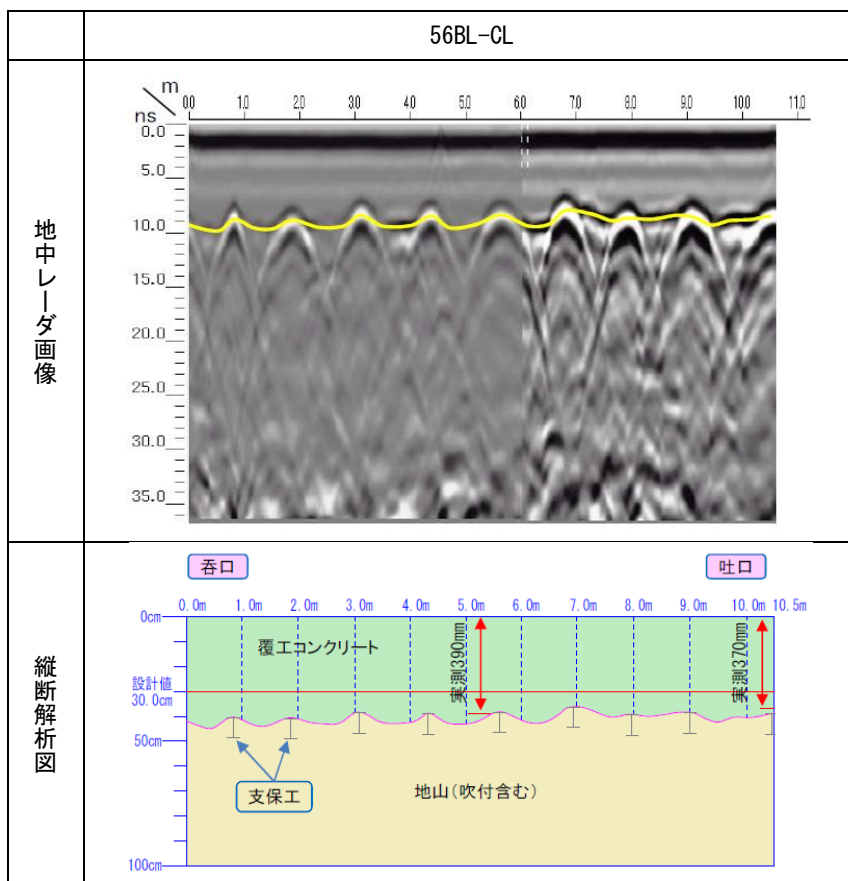


図 10 電磁波法による覆工コンクリート背面の探查結果  
(上：レーダ画像／下：解析図)

### (3) 測定結果

電磁波法による背面空洞の調査結果は、地中レーダの測定データを解析ソフト RADAN7 で処理した地中レーダ画像と、その解析結果を図示した縦断解析図を併記している。測線のうちトンネル中心線(CL)の結果を以下に示す(図 10)。測定した 3 測線は、いずれも設計巻厚を十分満足しており高い充填性を確保することができた。

## 4. まとめ

### (1) 現場適用の結果

覆工コンクリートの打設にともなう巻込み空気、ブリーディング水による背面空洞の発生や品質低下の防止対策として排気排水機能と充填材の注入機能を併せ持つ排気排水・注入ホースの開発に取り組み、現場への適用を通して覆工コンクリートの品質向上とともに、施工の効率化やコス

ト縮減に有効な技術であることが確認できた。

### (2) 今後の展望と課題

国土交通省の「道路トンネル定期点検要領 平成 26 年 6 月」では、覆工コンクリートの表面的な変状の点検とともに、覆工の巻厚や背面空洞の有無、その大きさを電磁波法などの非破壊検査により調査することが新たに盛り込まれている。また、中国地方整備局では管内の道路トンネルの維持管理、背面空洞に起因する突発性の崩壊に対する調査および、その評価、対策工の施工を安全かつ合理的に実施することを目的に「トンネル補修工法に関する手引き(案) 国土交通省 中国地方整備局 平成 19 年 3 月」が作成されている。社会資本の維持管理・更新の重要性が再認識されている中、トンネル覆工コンクリートの施工段階において背面空洞を防止することは非常に重要と

なる。そのため、今後、覆工コンクリートの充填性向上対策として「排気排水・注入ホース」の活用を進めていきたいと考える。

また、トンネル定期点検などにおける覆工背面の調査は、現状においては今回適用した電磁波法による調査が非破壊検査として唯一実用化されている手法である。今回「排気排水・注入ホース」を適用した設計巻厚が 300mm の覆工コンクリートについては、覆工背面の充填度を施工後に調査することができ、本ホースの有効性を検証できた。しかし、電磁波法の適用範囲は 50cm～60cm 程度であり、設計巻厚が 1,300mm～1,500mm と非常に厚い覆工コンクリートについては、施工時に充填センサにより確認を行い、巻厚の厚い覆工コンクリートにおける本ホースの有効性を検証した。今後は巻厚が厚い覆工コンクリート背面の探査方法についても検討していく必要があると考える。

最後に、弊社開発の「排気排水・注入ホース」を本工事に適用するに当たって、ご指導いただいた九州地方整備局 立野ダム工事事務所の関係者の皆様に感謝いたします。