

シールド坑内インバートのプレキャスト化による生産性向上 Improving productivity through the use of precast parts for shield tunnel inverters

清川 明日菜* 東條 光洋**
Asuna Kiyokawa Mitsuhiro Tojo
田口 雅章**
Masaaki Taguchi

要 約

本工事は、ライフラインを地下空間に収納するための共同溝を構築する工事である。ライフラインを収納するための上下2段インバートをシールド坑内に施工するうえで、工期の面で課題があった。当初施工計画案では上下2段インバートを全て場所打ちコンクリート打設で行う予定であった。しかし、型枠設置撤去手間の省力化を図るためにL型擁壁を使用し型枠のプレキャスト化を行い、かつ、コンクリートの一部代用として早期に強度発現するエア系裏込め注入材を使用した。これにより、工期短縮および工事費の削減を可能とした。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. インバート施工方法の課題
- § 4. 対策案の検討
- § 5. 施工結果
- § 6. まとめ

§ 1. はじめに

本工事は、電気・水道・通信ケーブルといったライフラインを一体的に地下空間（トンネル）に収納するための共同溝を構築する工事である。

工事内容は、前工事の国道9号京都西共同溝シールド工事・国道9号京都西共同溝シールド西部工事（施工会社：西松建設）で施工したシールド坑内にライフラインを収納させるための上下2段インバート、トンネルの換気口および水道・電気をトンネル坑内から地上へ分岐させるための立坑の築造（中間シャフト立坑）である。

本稿では、上下2段インバートを施工する上での課題と改善策および施工結果について報告する。

§ 2. 工事概要

工 事 名：国道9号京都西共同溝立坑構築工事

工事場所：京都市右京区西院南高田町地先～

京都市西京区上桂東ノ口町地先（図一）

発 注 者：国土交通省近畿地方整備局京都国道事務所

工事期間：（当初）

令和2年3月3日～令和4年3月15日

（第4回変更まで）

令和2年3月3日～令和5年3月31日

請負金額：¥1,878,840,000（税抜）（第4回変更まで）

工事内容：施工延長 L=2,785 m

中間シャフト立坑掘削・構築 1基

（最大掘削深 L=23.1 m, 掘削平面積 14.1 m²）

インバート工 1式（本稿での説明内容）



図一 全体平面図

* 西日本（支）京都西シールド（出）
（現：土木技術部技術課）

** 西日本（支）京都西シールド（出）

§3. インバート施工方法の課題

(1) 当初施工計画案

当初計画の標準断面図を図一2、インバート工施工フロー図を図一3、インバート工断面図を図一4に示す。

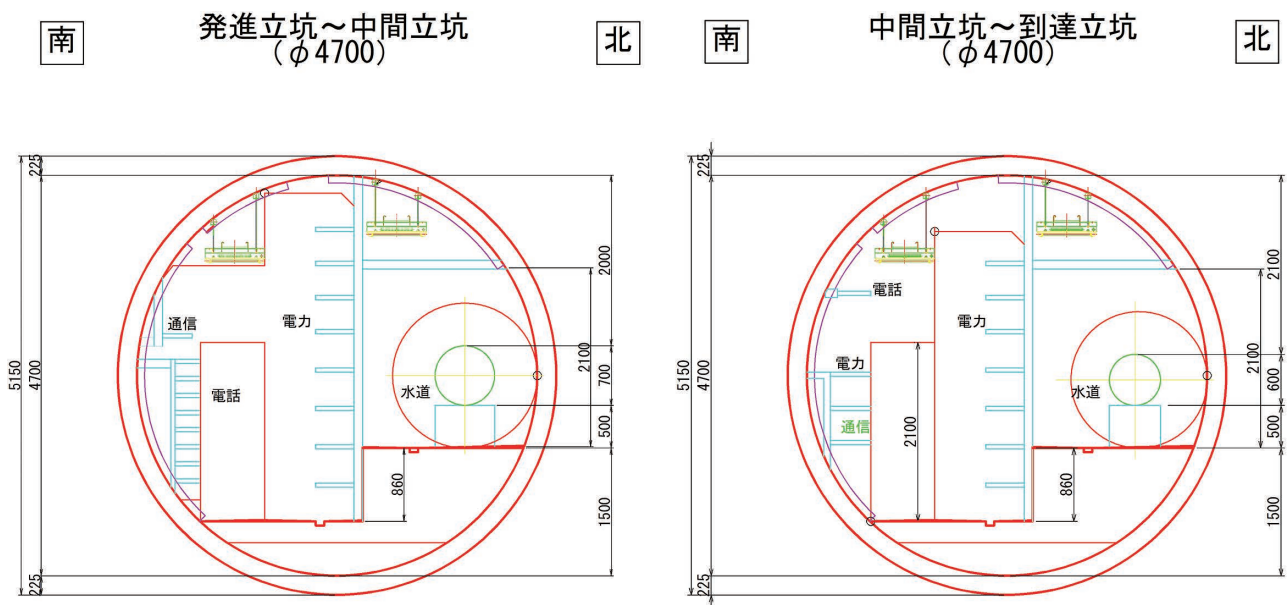
当初、施工順序を以降に示すように計画した。まずはじめに、エア系裏込め注入材①を到達立坑から発進立坑に向かって全線打設を行う。その後、図一3に示す(1)～(5)の1サイクルをエア系裏込め注入材①と同様に到達立坑から発進立坑に向かって1スパン65mで施工していくというものであった。コンクリート①・②の打設については、図一1に示す①発進立坑、②中間立坑、④到達立坑からの長距離圧送を計画していた。

(2) 課題1：長距離圧送の課題

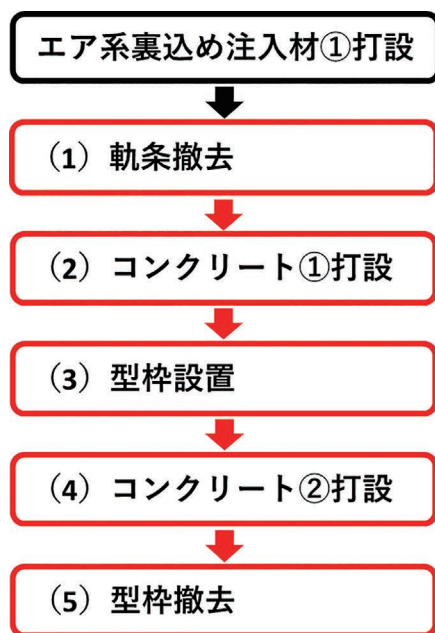
当初施工計画案を施工するにあたり、いくつかの課題が挙げられた。

一つ目に、中間立坑の敷地の制約である。前述に記載の通りコンクリート①・②の打設の際、各立坑からの長距離圧送を計画していた。しかし、中間立坑が営業店舗入口に接するため昼間施工が難しく、中間立坑からの長距離圧送が困難であった。二つ目に挙げられたのは、長距離圧送時の圧送管閉塞によるトラブルである。打設作業中に圧送管の閉塞トラブルが発生した場合、一回のトラブルにつき工期で約1月、工事費で約7百万円の損失が見込まれた。

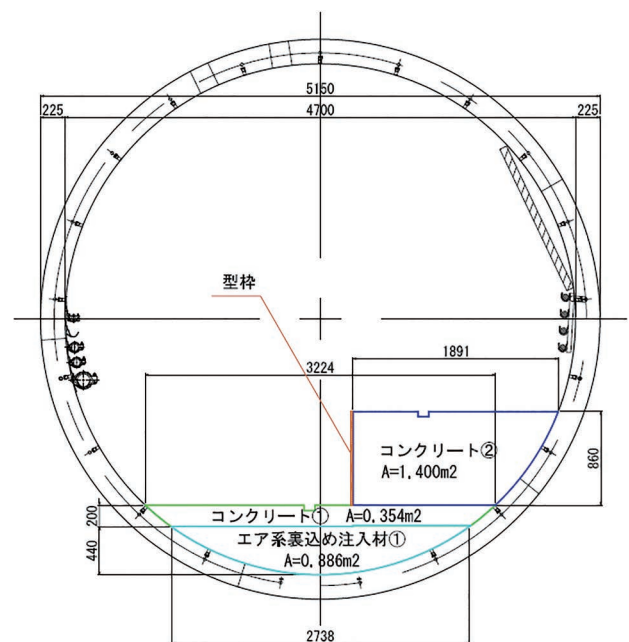
この2つの課題の改善策として、アジテーターカー(コ



図一2 標準断面図



図一3 施工フロー図 (当初計画)



図一4 インバート工断面図

ンクリート運搬機械，写真一）にてコンクリートを坑内運搬する施工方法を検討した。

(3) 課題2：工期・工事費の課題

前述の課題の改善策としてアジテーターカーでの施工計画案を考えたが、この方法についても課題があった。前述の図一3に示す施工を行う場合、各立坑からの長距離圧送では1月で約260mの進捗、工期は約11ヶ月が見込まれた。同様の施工方法をアジテーターカーで行う場合、1月で約120mの進捗、工期は約23ヶ月と従来の長距離圧送時に比べ約2倍の施工期間が掛かることがわかった。また、工事費を比較しても長距離圧送では約3.94億円に対し、アジテーターカーで行う場合約5.29億円となり、当初に比べ約3割（約1.35億円）の増加が見込まれた。このため、施工方法の再検討を行った。



写真一 使用機械「アジテーターカー」

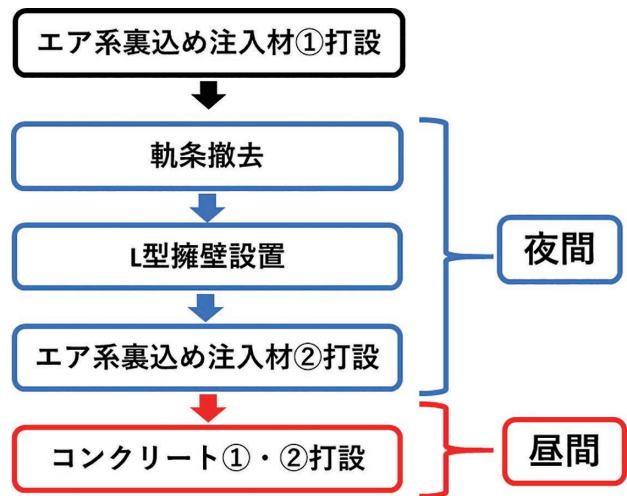
§4. 対策案の検討

実施施工フロー図を図一5、施工断面図を図一6に示す。当初計画で施工を行う場合、1スパン65mに対し図一3の(1)～(5)を完了するには1サイクル当たり5日間を要する。また、アジテーターカーの運搬可能な容量は最大3.25m³であり一回の打設量が制限される。このため、課題2でも述べたように従来の長距離圧送に比べ工事期間が長くなり、工事費に関しても増加が見込まれた。

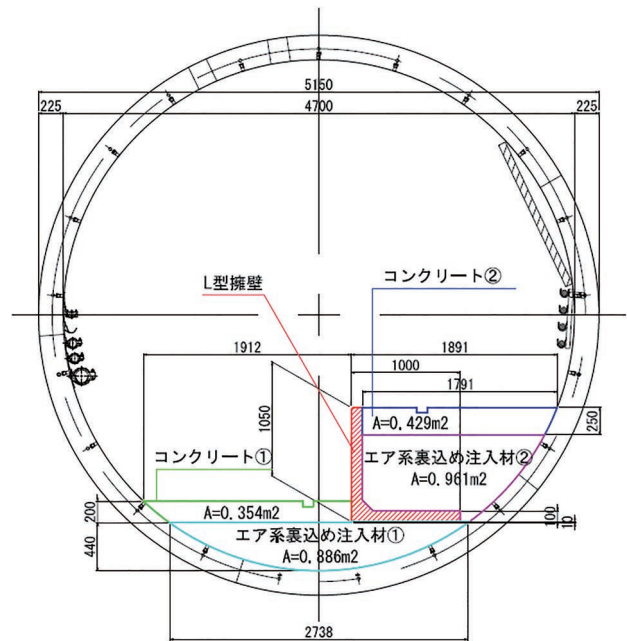
そこで、工程短縮のために型枠のプレキャスト化およびエア系裏込め注入材②の使用について検討を行った。当初計画では、コンクリート①、②の打設を別々に行い、コンクリート②の打設のために型枠を設置しなければならなかった。しかし、型枠の代わりにプレキャスト製品であるL型擁壁を使用することで、コンクリート①・②の同時施工および型枠の設置撤去手間の省略化を図ることができる。

また、積載容量の小さいアジテーターカーを使用して施工進捗を大きくするには、コンクリート打設量を減らすことが必要となる。打設量削減のために、コンクリート②の一部をエア系裏込め注入材② ($\sigma_{1d}=0.5\text{ N/mm}^2$) を使用し施工を行った。エア系裏込め注入材②を打設翌日にコンクリート打設が可能となる強度の配合とすることで、図一5の施工フロー図に示すように軌条撤去、L型擁壁設置、エア系裏込め注入材②を夜間で行い、コンクリート①、②の打設を昼間で行う昼夜二部制での施工を可能とした。

検討の結果、軌条撤去からコンクリート打設完了までの当初1サイクル完了に5日間要していた所、1日で完了することができ、1月当たり312m、工期にすると約8ヶ月での施工が可能となった。また、30%の工期短縮および30%の工事費の削減も見込まれた。



図一5 実施施工フロー図



図一6 実施施工断面図

§5. 施工結果

前述の「4. 対策案の検討」で記載した変更計画案の施工結果を示す。施工の方法としては、前述の図-5で示す通り実施した。実施工での施工スパンは、1日の施工量を考慮して15.6mとした。表-1にインバート工の日当たり施工量実績を示す。

また、実施工に際しては様々な課題が発生したことから、以下に示す対応を図った。

(1) 軌条撤去およびL型擁壁設置

シールド坑内での軌条撤去およびL型擁壁設置を行うには、人力での施工および移動式クレーンを投入しての施工がともに困難であった。そこで、坑内に特殊運搬台車を設置し施工を行った。写真-2に特殊運搬台車、写真-3に特殊運搬台車を使用しての軌条撤去およびL型擁壁設置状況を示す。

(2) コンクリート①・②打設

コンクリートは発進立坑下に待機したアジテーターカーに投入し、打設箇所まで坑内運搬した。発進立坑内に待機したアジテーターカーにコンクリートを投入するために、発進立坑にコンクリート落下装置を設置した。発進立坑地上部から立坑下まで約38mの高さがあり、そのまま投入すると材料分離を起こす可能性がある。そこで、コンクリート落下装置を取り付けた。コンクリート落下装置は、落下装置内にあるショックアブソーバーでコンクリート落下時の衝撃を吸収する。そして、ショックアブソーバー内のコンクリートと新たに落下してくるものがミキシングされながら排出される構造となっているため、材料分離を防ぎながらアジテーターカーへのコンクリート投入が可能となる。図-7にコンクリート落下装置の概要図、写真-4にコンクリート落下装置を示す。

打設箇所まで運搬した後、打設箇所に設置された定置式ポンプへコンクリートを投入、定置式ポンプから配管を使用し、コンクリートを圧送し打設を行う。写真-5にアジテーターカーから定置式ポンプへの投入状況を示す。

表-1 日当たり施工量実績

	施工量 (日当たり)
軌条撤去	15.6 m
L型擁壁設置	15.6 m
エア系裏込め注入材②打設	14.99 m ³ (延長 15.6 m)
コンクリート①・②打設	12.21 m ³ (延長 15.6 m) (コンクリート①: 5.52 m ³) (コンクリート②: 6.69 m ³)

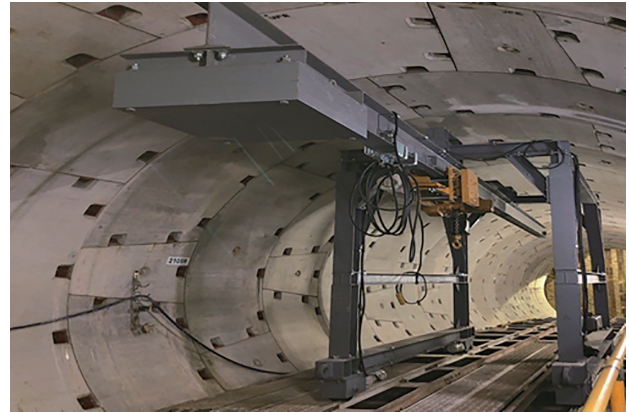


写真-2 特殊運搬台車



写真-3 軌条撤去・L型擁壁設置状況

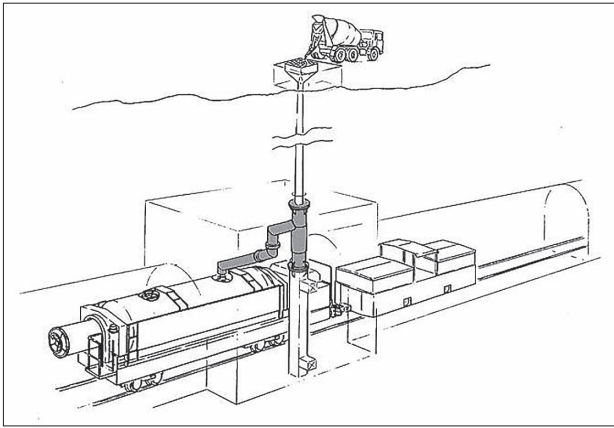


図-7 コンクリート落下装置概要
(丸矢工業 HP より引用)

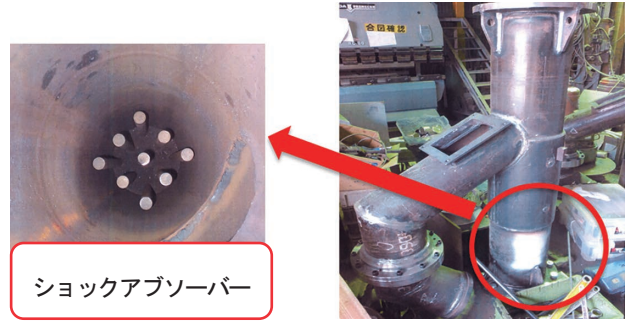


写真-4 コンクリート落下装置



写真-5 アジテーターカーから定置式ポンプへの投入状況

表-2 工期・工事費比較表

	当初計画案	変更計画
写真		
施工方法	1 サイクル 軌条撤去→コンクリート①打設→型枠設置→ コンクリート②打設→型枠撤去	1 サイクル 軌条撤去→L型擁壁設置→エア系裏込め注入材② 打設→コンクリート①・②打設
工期	11 ヶ月 (260 m/月) ※エア系裏込め注入材①打設を含まない	8 ヶ月 (312 m/月) ※エア系裏込め注入材①打設を含まない
工事費	約 394 百万円	約 276 百万円
⇒ 3 ヶ月の工期短縮, 約 118 百万円の工事費削減		

§6. まとめ

今回のインバート工の施工では、工期短縮が課題であった。型枠設置の代わりにプレキャスト製品を使用すること、またコンクリートの一部代用として早期に強度発現するエア系裏込め注入材②を使用することで3ヶ月間の工程短縮、3割の工事費削減という結果が得られた。表-2に工期・工事費の比較表を、写真-6にインバート工施工完了時の写真を示す。

今回、工程短縮のため翌日にコンクリート打設を行えるよう、本工事では早期強度が得られる裏込め注入材を使用した。裏込め注入材の特徴として早期強度の他に水希釈に強いという点がある。これらの特徴から、埋戻しや海水で満たされた護岸・岸壁の背面空洞充填、深礎工法におけるライナープレートの背面注入材として活用できると考える。

本報告が今後の計画の参考となれば幸いである。



写真-6 インバート工施工完了