

5

供用中の道路における山岳トンネルインバートの急速改修工法の開発

植村 義幸*1・清水靖也*2・加古 昌之*2

概 要

近年、大規模修繕工事やリニューアル工事の一環として、トンネルの長期安定性を確保するため、路面に変状が発生している区間にインバートを設置する工事が増えている。供用中のトンネル工事において、迂回路の確保やトンネルを通行止めにするのが難しいときは、車線規制を行い、車両を通行させながら施工せざるを得ない。この場合、1車線分の限られた空間での作業となるため、従来の工法では重機の入替えや材料の搬入出が制限され、1工種ずつしか工程を進められず、時間を要していた。

そこで、供用中の山岳道路トンネルにおいて、インバートの改修・更新工事の工期を短縮する「山岳トンネルインバートの急速改修工法」を植村技研工業（株）、SMCプレコンクリート（株）と共同で開発した。

キーワード：山岳トンネル、インバート、リニューアル、大規模修繕、急速施工

DEVELOPMENT OF A RAPID REPAIR METHOD FOR INVERTS IN MOUNTAIN ROAD TUNNELS CURRENTLY IN SERVICE.

Yoshiyuki UEMURA*1, Seiya SHIMIZU*2, Masayuki KAKO*2

Abstract

In recent years, as part of extensive repair and restoration of roads, there have been a growing number of projects for installing inverts in the damaged surface of the tunnel road segment in order to achieve durable tunnel stabilization.

During a construction project for a tunnel in service, when it is difficult to provide a detour or block the tunnel, it is necessary that road construction be performed while restricting traffic in one lane, and opening the other lane(s) to traffic.

In this case, since road work is limited to a limited space of only one lane, if conventional methods had been used, much time would have been required, not only due to restricted freedom in replacement of construction machines and carrying materials in, but also because only one process at a time can be carried out in the tunnel.

Therefore, we have created a "rapid repair method for mountain tunnel inverts" in cooperation with Uemura Giken Kogyo Co., Ltd. and SMC Preconcrete Co., Ltd. to shorten the period for repair and restoration of inverts, while keeping the mountain road tunnel open for traffic.

Keywords: mountain tunnel, invert, renewal, large-scale repair, rapid construction

*1 Manager, Tunnel Group, Tunnel Technology Department, Civil Engineering Division

*2 Civil Engineering Renewal Promotion Department, Civil Engineering Division

供用中の道路における山岳トンネルインバートの急速改修工法の開発

植村 義幸*1・清水靖也*2・加古 昌之*2

1. はじめに

近年、大規模修繕工事やリニューアル工事の一環として、トンネルの長期安定性を確保するため、路面に変状が発生している区間にインバートを設置する工事が増えている。供用中のトンネル工事において、迂回路の確保やトンネルを通行止めにするのが難しいときは、車線規制を行い、車両を通行させながら施工せざるを得ない。この場合、従来の工法（東日本高速道路(株)新潟支社発注 北陸自動車道 正善寺トンネル補強工事（当社施工）他）では、トンネル縦断方向の土留めを設置した後、対象範囲の掘削、インバートコンクリートの現場打設・養生、土砂や碎石による埋戻し（敷均し、締固め作業含む）の順に施工を進めていく。しかし、1車線分の限られた空間での作業であり、重機の入替えや材料の搬入出が制限されるため、1工種ずつしか工程を進められず、時間を要していた。

そこで、供用中の山岳道路トンネルにおいて、インバートの改修・更新工事の工期を短縮する「山岳トンネルインバートの急速改修工法」を植村技研工業(株)、SMCプレコンクリート(株)と共同で開発した。

本稿は、新工法の開発経緯、工法概要について報告するものである。

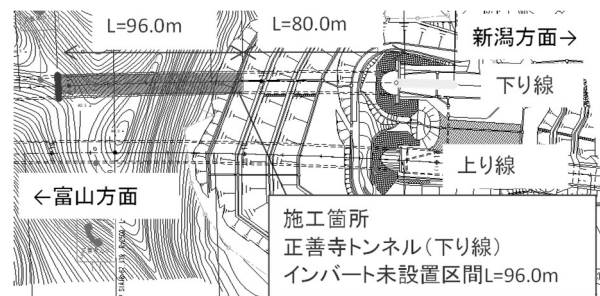
2. 開発の経緯

2. 1 正善寺トンネル補強工事の概要

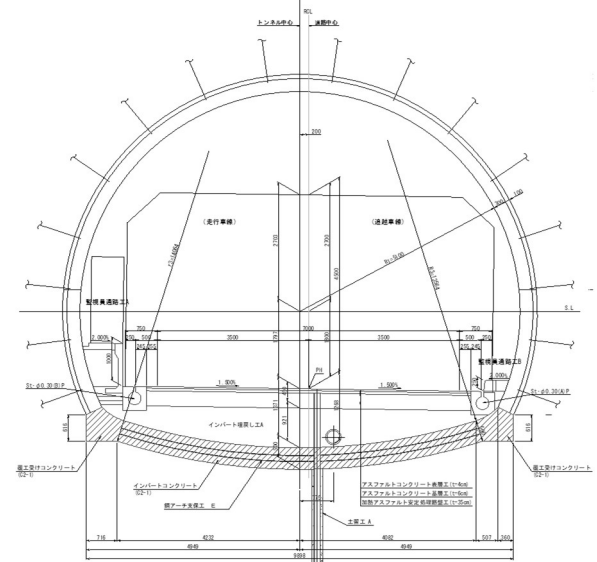
当社では、高速道路リニューアルプロジェクトである「北陸自動車道 正善寺トンネル補強工事」（発注者：東日本高速道路(株)新潟支社）の施工を行った。正善寺トンネル補強工事の工事概要を図-1に示す。



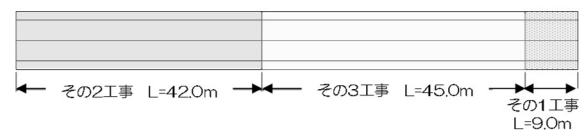
【施工位置図】



【施工位置平面図】



【標準断面図】



【工区割り】

図-1 正善寺トンネル補強工事の工事概要

*1 土木本部 トンネル技術部 トンネルグループ グループリーダー

*2 土木本部 リニューアル推進部

2. 2 施工ステップ

正善寺トンネル補強工事の施工ステップを図-2に示す。図中の網掛け部の施工は夜間通行止めで実施し、それ以外の施工は、片側交通規制（昼夜間施工）で実施した。

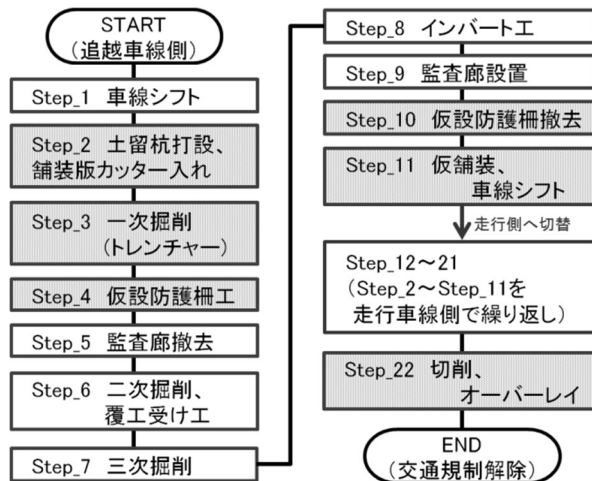


図-2 正善寺トンネル補強工事の施工ステップ

2. 3 施工速度向上の課題

正善寺トンネル補強工事の施工速度は、最も施工延長が長く、様々な工夫を行いながら施工したその3工事においても約15m/月（施工延長L=45.0mを約3ヶ月で施工）であった。正善寺トンネル補強工事の施工実績から、施工速度を向上させるためには、下記についての対策・改善が必要と考えられた。

(1) 土留の施工

土留杭の打設は夜間通行止めで施工を行ったが、1夜間で1班当り3本程度しか打設できないうえ、根固めモルタルの打設、砂による埋戻し及びモルタルによる頭部の埋戻しを行わなければならない、手間と時間のかかる作業であった。また、インバートの二次掘削及び三次掘削は、土留杭に横矢板（鉄矢木）を設置しながら掘削を行う必要があるため、非常に時間を要した。

これらのことから、土留めには親杭横矢板方式以外の効率的な施工方法の検討が必要と考えられた。

(2) 現場打ちコンクリートの施工

片側交通規制での施工では、1車線分の限られた空間での作業となるため、複数の工種を同時に施工することができない。コンクリート打設は昼間にしか行えなかったため、コンクリート打設準備が完了した後は、他作業が行えないため、待ち時間や作業調整が発生することが多くあった。また、コンクリート打設後には所定強度発現までの養生が必要であるため、この間も作業を行うことができなかった。

このため、現場打ちコンクリートによらない施工方法や打設回数を低減した施工方法の検討が必要と考えられた。

(3) インバート埋戻し方法

正善寺トンネル補強工事では、インバートの埋戻しは当初設計から現場打ちコンクリートであり、施工時の提案によりインバートと同時打設することで工程短縮を図った。しかし、通常インバートの埋戻しは碎石や良質土を使用し、敷均し・転圧管理を行いながら施工するのが一般的である。この場合、材料搬入の時間制限（夜間の材料搬入不可）や施工・品質管理の手間等の問題により効率的でない。このため、効率的なインバート埋戻し方法の検討が必要と考えられた。

3. 開発工法

3. 1 開発工法の概要

開発した工法は、狭あいな施工箇所では函渠や開渠を敷設する際に用いられるオープンシールド工法を応用したトンネル改修装置を用いて、トンネルインバートの半断面を掘削する。次に、トンネル改修装置後方に設置した吊り降し設備でインバートブロックを設置し、インバートを構築する。埋戻し材にはEPSブロック等の軽量部材を使用する。この工法では、トンネル改修装置を用いることにより土留め杭を不要とし、さらにインバートブロックを用いることによりコンクリートの打設・養生作業を大幅に削減した。残り半断面の掘削は、既に土留め付きのイ

ンバートブロックが設置されているため、トンネル改修装置は不要である。また、埋戻し材にEPS等の軽量な材料を用いて人力での施工を可能とすることで、重機の入替えや材料の搬入

出が少なくなり、敷均し、締固め作業を削減している。

開発した工法の3次元イメージ図を図-3に、概要図を図-4に示す。

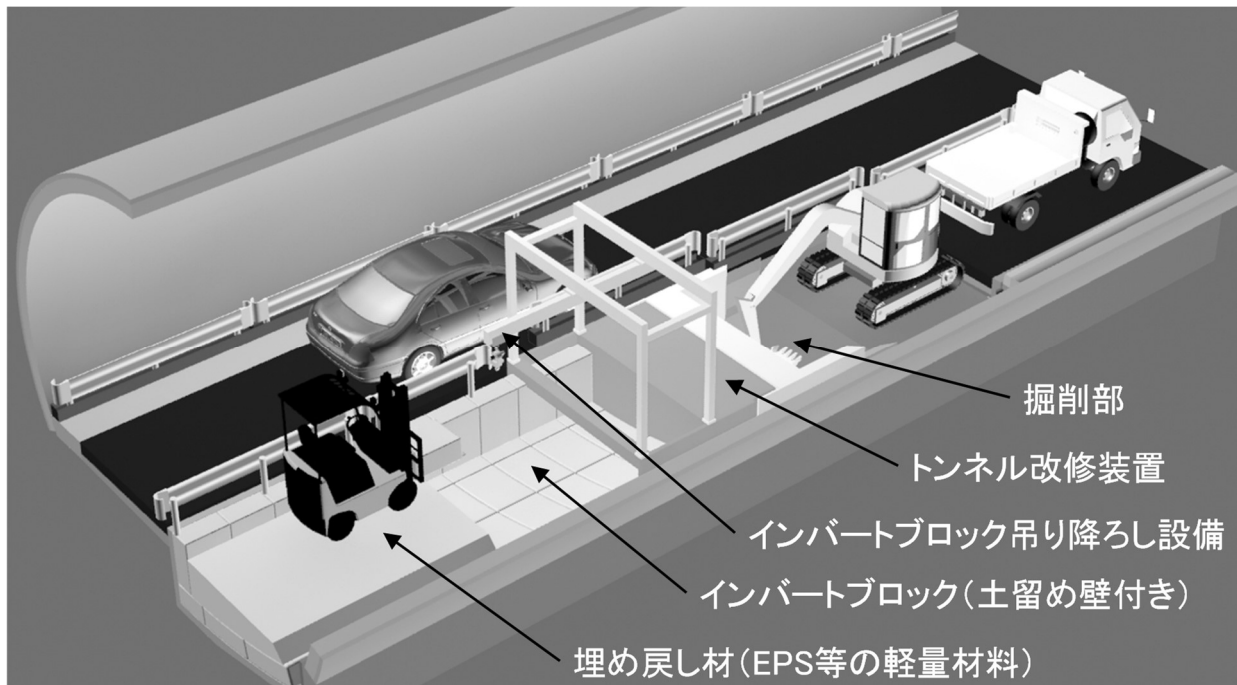


図-3 開発した工法のイメージ図

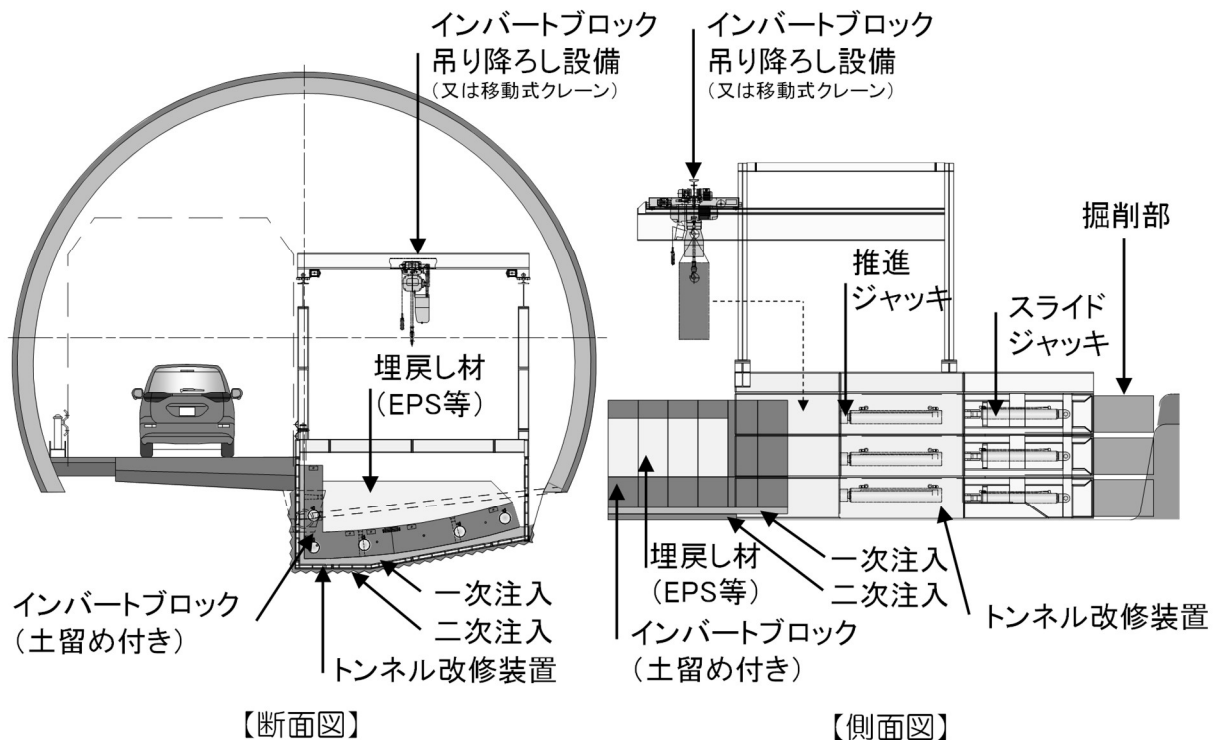


図-4 開発した工法の概要図

3. 2 プレキャストインバートブロック

開発した工法に用いるプレキャストインバートブロックを図-5に示す。

プレキャストインバートブロックは、1断面当り4分割（半断面当り2分割）であり、トンネル縦断方法の長さは1ブロック50cmである。改修装置を使用して掘削を行う断面のトンネルセンター側に設置するブロックには、土留めとなる厚さ35cmの壁を設けている。縦断方向のブロックの接続位置合わせを容易にするため、ガイドピンを設け、隣接するブロックは緊結ボ

ルトで一体化させる。その他、一次注入用の注入孔を設けている。プレキャストインバートブロックの施工性確認のため、平成31年4月19日、20日に当社建設技術総合センターにおいて、公開組立て試験を実施（写真-1）し、半断面のブロック組立て時間は15分程度であり、施工効率の向上が可能であることを確認した。

4. 施工ステップ

開発した工法の施工ステップを図-6～図-20に示す。

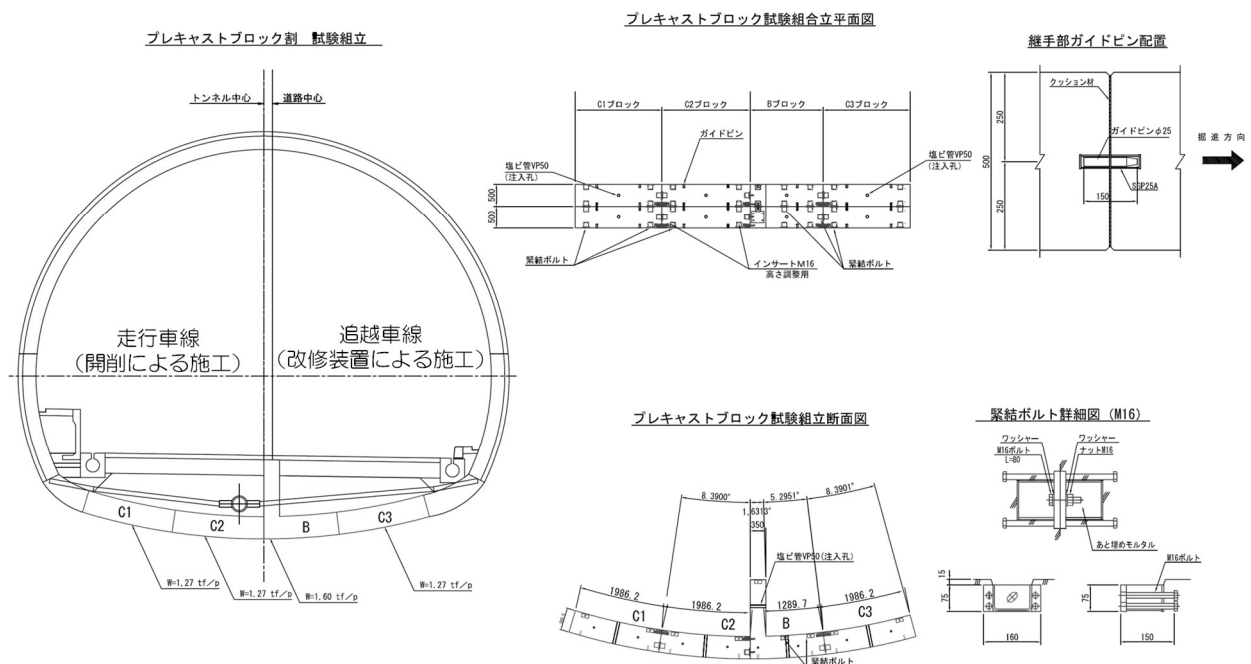


図-5 プレキャストインバートブロック概要図



写真-1 プレキャストインバートブロック公開組立て試験状況

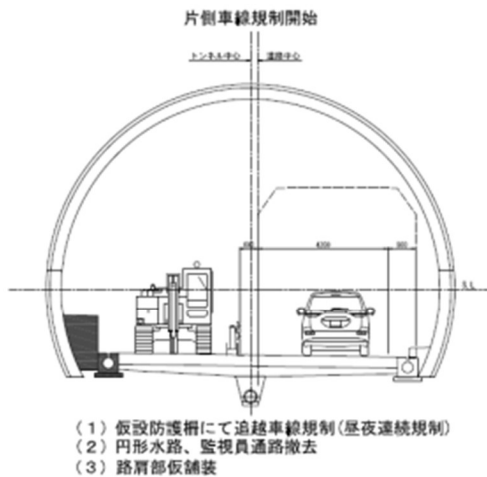


図-6 Step_1

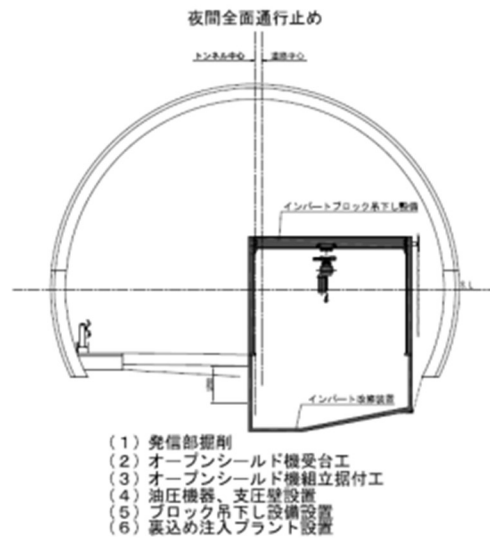


図-9 Step_4

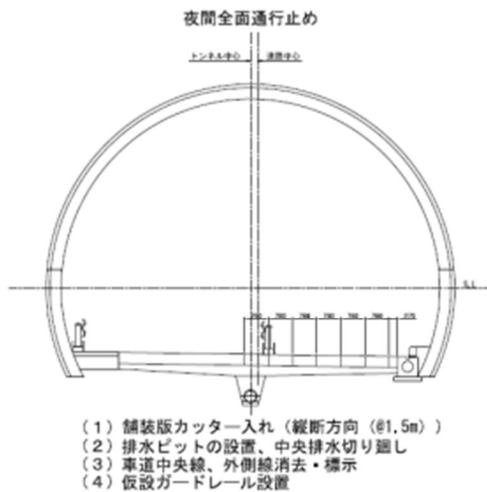


図-7 Step_2

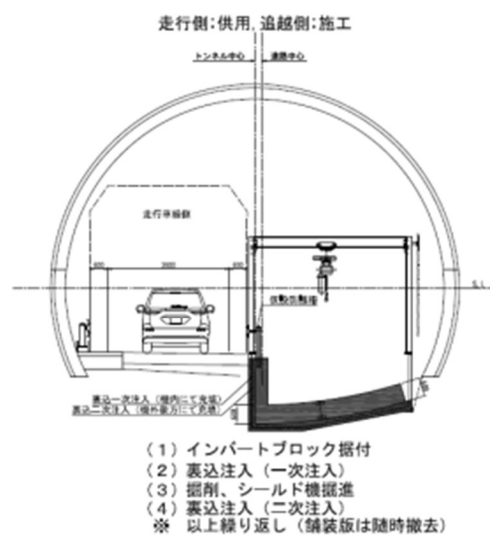


図-10 Step_5

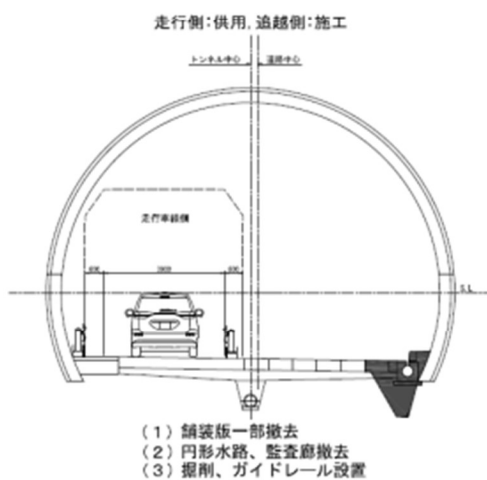


図-8 Step_3

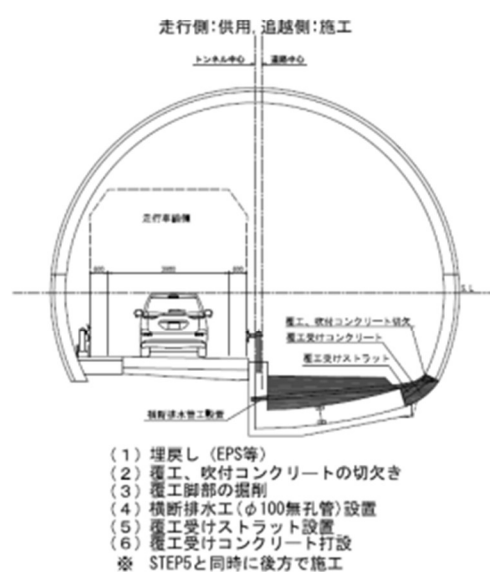


図-11 Step_6

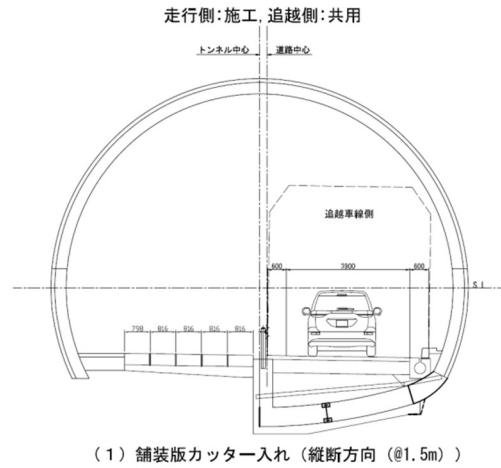
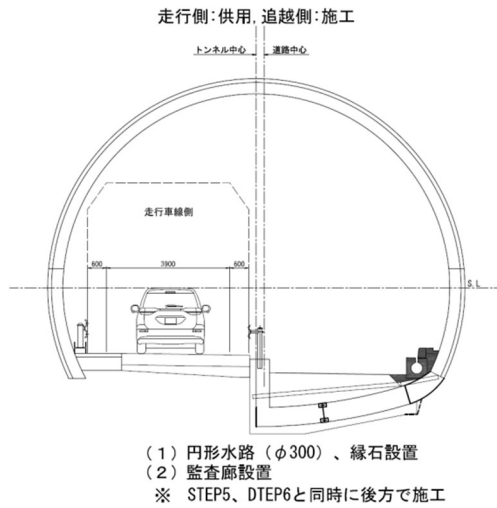


図-12 Step_7

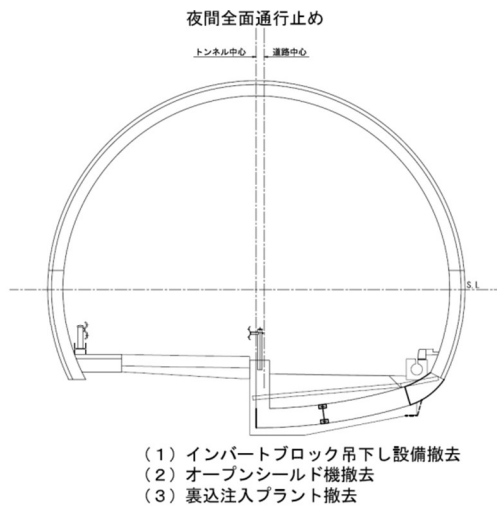


図-15 Step_10

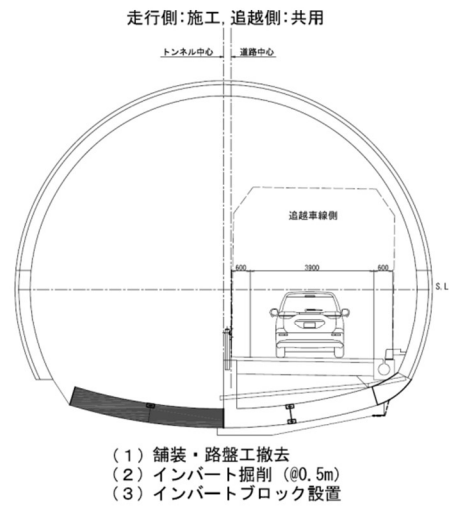


図-13 Step_8

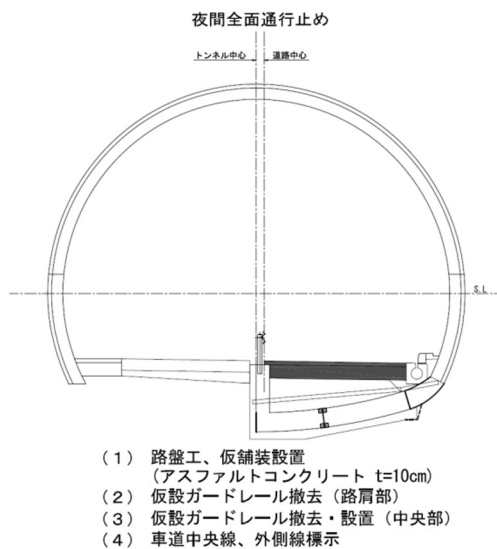


図-16 Step_11

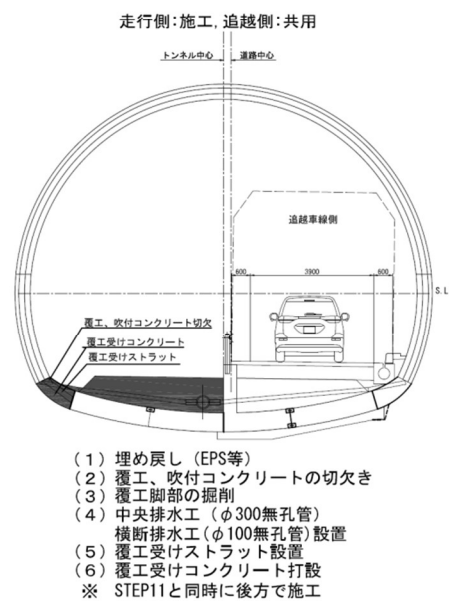


図-14 Step_9

図-17 Step_12

5. 開発工法の施工速度

4. で示した施工ステップで施工した場合の必要作業日数は、施工延長 100m 当り 74 日である。暦日に換算すると 86 日（74 日×7/6（日曜休工））÷3 ヶ月であるため、施工速度は、約 33.3m/月（施工延長 L=100m/3 ヶ月）となる。正善寺トンネル補強工事の施工速度が 15m/月であるため、施工速度は約 2.2 倍である。

6. まとめ

正善寺トンネル補強工事の施工実績をもとに、供用中の道路における山岳トンネルインバートの急速改修工法を開発した。今後は下記に示す事項について検討及び改良を行い、更なる急速施工を目指す所存である。

- (1) 供用車線と施工区域の境界に設置するガードレールは、車線切替え時に効率的な盛替えが可能な仕様及び設置方法を検討する。
- (2) 今回開発した工法では、工事着手前の車線シフトが必要であり、付属設備の事前移設延長も従来工法よりも長くなる。このためこれらの作業も含めた工程及び工事費を検討する必要がある。
- (3) これまでは主に机上での検討であったため、今後は実物大の改修装置、プレキャストインバートブロックを使用した工場試験や試験施工を行い、問題点や課題を抽出して工法の改良を検討する。
- (4) 現状のプレキャストインバートブロックの厚さは正善寺トンネル補強工事の現場打ちインバートコンクリートと同じ 50cm としている。しかし、現場打ちインバートコンクリートの設計基準強度が 18N/mm²であるのに対して、プレキャストインバートブロックは早期脱型や運搬時の振動、施工推力等に対応するため、コンクリート強度は 50N/mm²としており、厚さを低減できる可能性がある。厚さを低減することができれば 1 ブロック当りの延長を延ばせるため、施工効率の更なる向上に繋がる。

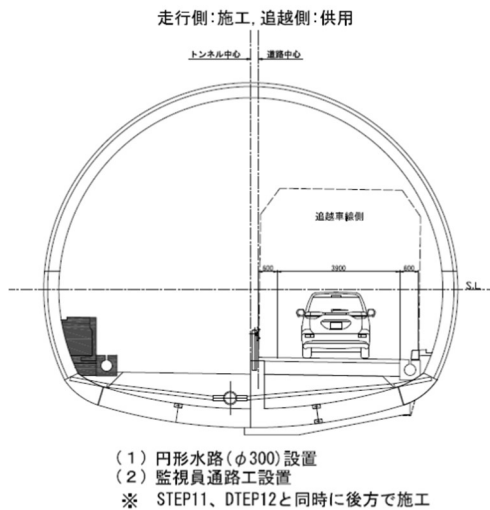


図-18 Step_13

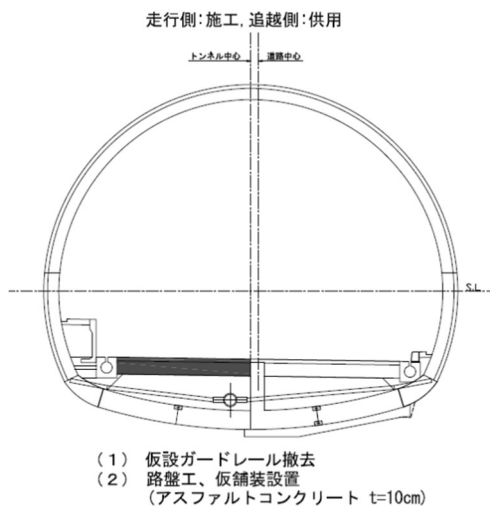


図-19 Step_14

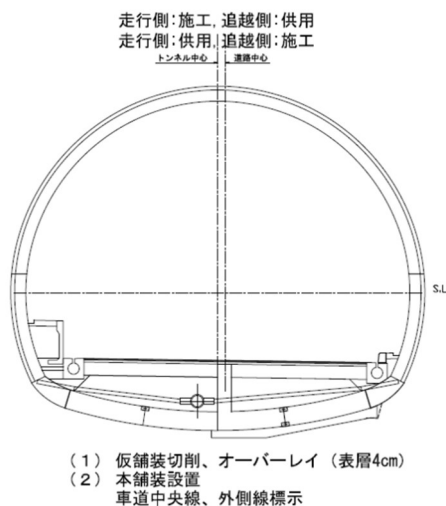


図-20 Step_15