

山岳トンネル覆工コンクリートのプレキャスト化

西松建設(株)	技術研究所	フェロー会員	○佐藤 幸三
西松建設(株)	技術研究所	正会員	石山 宏二、我彦 聡志
西松建設(株)	土木設計部	正会員	岡井 崇彦
戸田建設(株)	土木本部	正会員	浅野 均
戸田建設(株)	土木工事技術部	正会員	中林 雅昭、山田 勉
戸田建設(株)	土木技術統括部	正会員	請川 誠
ジオスター(株)	技術統括本部		小高 武

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートは、吹付けコンクリートとセメントの間の狭い範囲にコンクリートを打込んで構築される。そのため、巻厚不足や締固め不足等による品質不良が懸念されるとともに、セメントの押上げ、乾燥収縮や温度変化に起因するひび割れの発生が懸念される。これらの対策として流動性の高いコンクリートの使用、マイスタークリート工法の採用等を行うことにより不具合は減っているが完全には防止できていない。また、狭い空間でのセメント面板のケレン、剥離剤塗布、棒状バイブレータを用いた締固め等は苦渋作業となっており作業環境面に課題がある。そこで、山岳トンネルの覆工をプレキャスト化することで各種問題を解決し生産性向上を図ることが出来ると考えて検討を加えた。

2. プレキャスト化のメリット

(1) 生産性向上

熟練工を必要とせず、現場打ちに比べて覆工コンクリートの施工速度が約 1.5 倍に向上する（試算）。

(2) 品質向上

プレキャスト製品を使用するため、均質かつ緻密なコンクリートとなるとともに巻厚不足や温度応力・施工上のひび割れを抑制できる。

(3) 安全性向上

狭いセメント内での苦渋作業が無くなり、坑内にセメント等の大型設備が不要となることで作業時および車両通行時の安全性が向上する。

(4) 環境影響低減

プレキャスト部材の薄肉化による掘削土量やコンクリート使用量が減少することによる CO₂ 削減および覆工施工用車両通行の減少による坑内環境の改善が期待できる。

3. プレキャスト化の概要

3-1 仕様・形状

従来、覆工コンクリートの部材厚さは経験工学的に 300mm 以上に設定されている。プレキャスト化にあたり、ハンドリング、掘削断面減少等を考慮して薄肉化を図るために鉄筋コンクリート構造とした。部材厚は M-N 破壊包絡線から求め、CIIや DIパターン等の無筋区間は 170mm, DIIIパターンの有筋区間は 230mm に設定した。製造場所から運搬可能な形状とするために、プレキャスト化した覆工（以下、PCa 覆工）は図-1 に示すように 3 分割とした。

PCa 覆工の脚部形状は、図-2 に示すようにレール上を安定走行するための水平なローラ接地面とローラ撤去後にインバート軸線に直交する面の 2 面構造とした。

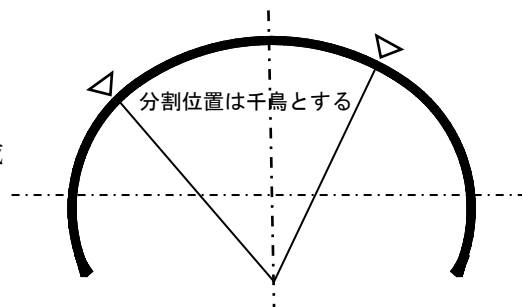


図-1 分割位置（3分割）

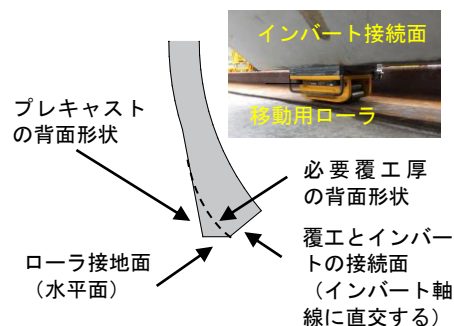


図-2 脚部詳細

キーワード 山岳トンネル 覆工コンクリート プレキャストコンクリート

連絡先 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4054 西松建設株式会社 愛川技術研究所 TEL046-285-7101

3-2 施工方法

坑外で2リング分のPCa覆工を組み立て、レール上を運搬して坑内の奥側から順次設置し、PC鋼棒でトンネル軸方向に連結する。その後、一定の区間ごとにPCa覆工背面に裏込め注入する。この作業を繰り返すことで覆工コンクリートを完成させる（図-3）。組立、運搬および設置時は、坑口部および坑内に切羽作業の重機が通行できる空間を確保しているため、切羽作業と同時進行が可能である。また、運搬に使用するローラの回収が可能となるようなインバート形状としてコストダウンを図っている。

DIIIパターンにおいては、インバートコンクリートの鉄筋を覆工コンクリートに定着させる。運搬時はPCa覆工側に鉄筋を収納しておき、設置箇所インバートにあらかじめ埋込んであるモルタル充填接手に落とし込む方法を考案した（図-4）。

4. 模擬覆工を用いた確認試験

模擬覆工2リングを用いて移動・設置試験を実施した（写真-1）。

製作したプレキャスト覆工は $R=1,500\text{mm}$ の単心円、 $t=170\text{mm}$ 、 $L=2,000\text{mm}$ であり、脚部構造は図-2に示すような形状とした。移動用レールの延長は $8,000\text{mm}$ とし、 $1/2$ の $4,000\text{mm}$ は移動用ローラの撤去・仮受材設置等の作業を確認するために切欠き部を設けた模擬インバートを設置した。組立て架台で組立てを行い、 $8,000\text{mm}$ を牽引した後、模擬インバート部で移動用ローラを仮受け材に受け替えて移動のスムーズさや設置の容易さ等を確認した。本試験によって、検討したPCa覆工の組立・運搬・設置に至る一連の施工方法に対する妥当性を確認した。

5. コスト比較

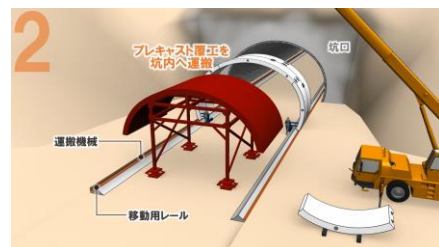
国土交通省発注のAトンネル（2車線断面）の延長 200m でコスト試算を行い従来覆工との比較を行った。PCa覆工は従来覆工に比べて覆工製作費が大きくなるため6%コストアップとなった。PCa覆工の製作費は延長が長くなることで単価が下がるわけではないことから、延長が長くなればPCa覆工のコスト増はより大きくなる。このことから、今回の前提を基にした現状の積算方式ではトンネル延長 200m が従来覆工とPCa覆工の分岐点となると考えられる。PCa覆工の製作費を抑えることでより長距離への適応が可能であると考えられる。

6. おわりに

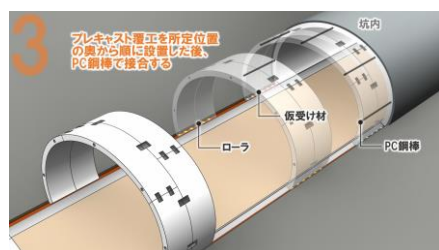
山岳トンネルには、各種設備を設置するための箱抜き、トンネル線形、勾配等の特徴が現場毎に異なるため、覆工コンクリートのプレキャスト化には解決しなければならない課題が残されている。しかしながら、生産性、品質、安全性、環境影響、ライフサイクルコストの面から覆工コンクリートをプレキャスト化することのメリットは大きいと考える。プレキャスト化を前提とした設計・施工とすることで、種々の課題は解決できると考えている。



① 坑外での組立て



② 覆工の移動



③ 覆工の連結



④ 覆工の完成

図-3 プレキャスト覆工の施工手順

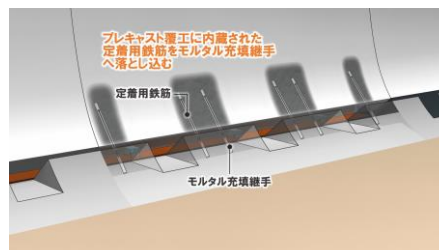


図-4 インバートとの接続



写真-1 模擬覆工全景