

## 埋設型枠を用いたインバート覆工コンクリートの充填性に関する実験的検討

清水建設(株) ○フェロー会員 名倉健二 正会員 末田将大 正会員 御領園悠司 小池悠介  
辰巳シビルデザイン 正会員 新井達夫

## 1. 背景と目的

現在、建設業では生産性向上のため、工程短縮や施工の省人化・効率化の取り組みが進められており、山岳トンネルの分野においても、覆工のプレキャスト化や全自動覆工コンクリート打設システム等が導入されている。一方、インバートの施工においては、特に真円断面における施工が困難であると知られている。ここで、表-1に施工方法ごとの概略的な評価を示す。真円断面における一般的な施工方法として、ニードルビームの使用や底盤コンクリートを打設し、側壁部分にインバートセントルを用いる方法がある。しかしながら、これらの手法は施工機械が大規模になることやセントルの脱型、移設に時間を要するという課題がある。また、工期短縮を目的として、インバート部分のみにプレキャストを用いる方法も考えられるが、現場打ちと比較すると材料費のみで2~3倍の費用がかかるため、特殊な事情が無い場合は現実的ではない。

そこで、本論文はインバートセントルのような大規模設備やプレキャストほどの費用を必要としない埋設型枠を使用したインバート覆工の施工に着目した。埋設型枠は型枠と躯体の機能を有し、脱型を必要としないという利点があるが、埋設型枠背面におけるコンクリートの充填性を確保する必要がある。本実験では、実際のトンネルインバートを想定したモックアップ試験体による充填確認実験を行った。以下に実験方法および結果を報告する。

## 2. 実験方法

## 1) 実験概要

図-1に試験体概要図および写真-1に試験体全景を示す。本実験では、真円断面のインバート側壁部分において、特に角度が低く、締め込みが困難で未充填や気泡ができやすい箇所を再現し、充填性の検証を行う。充填を確実にする方法として、打音検査、充填確認孔およびパイプレータ挿入孔の設置を行った。

## 2) 埋設型枠概要

本実験で使用した埋設型枠詳細を図-2に示す。同埋設型枠は、真空押出成形法により製造された繊維補強セメント板で、強度と耐久性に優れ、比較的軽量で施工が容易である。原材料はセメント、珪石粉末、水、ポリプロピレン補強繊維等であり、型枠背面は打設コンクリートとの付着性能を高めるため、断面形状を逆台形突起とした。なお、埋設型枠が上面となるようなインバートでの使用例はない。

キーワード 生産性向上, 埋設型枠, 山岳トンネル

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設(株) 地下空間統括部 TEL03-3561-3891

表-1 施工方法ごとの概略評価

	インバートセントル	プレキャスト	埋設型枠
施工性	△	◎	○
工程	○	◎	○
品質	○	◎	◎
コスト	○	△	○

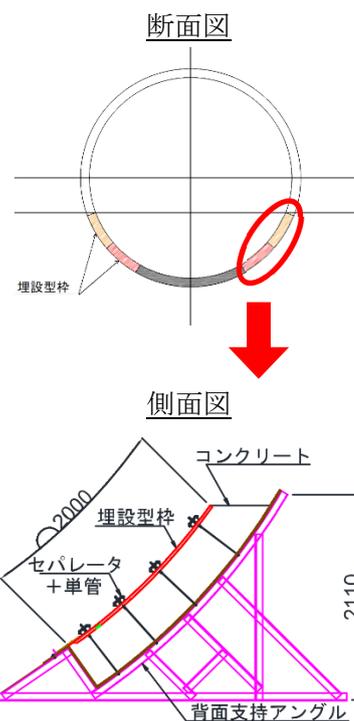


図-1 試験体概要図



写真-1 試験体全景

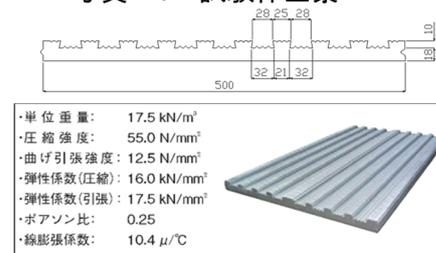


図-2 埋設型枠詳細

3) 使用材料および使用機械

表-2 に使用材料、表-3 に使用機械を示す。表-2 に示すようにコンクリートの配合は 24-18-25N とし、配筋は主筋を D22、25@125 の複鉄筋、配力筋を D16@250 とした。また、インバートの形状は円弧曲線長 2.0m、幅 4.5m(埋設型枠 9 枚)とした。なお、コンクリートの締固めには、高性能細径バイブレータφ27、高周波バイブレータφ40 および型枠バイブレータを使用した(表-3)。

4) 実験方法

充填性に影響を及ぼす要因として、バイブレータの能力と適用範囲、挿入孔の大きさと位置の組み合わせを考慮し、3 タイプの試験体を作製した(図-3)。タイプ-1はφ75×2段、タイプ-2はφ100×2段、タイプ-3はφ100×3段とした。また、各タイプの打設方法を図-4 に示す。1 層目は、バイブレータ挿入用孔より高性能細径バイブレータを使用して締固めを行った。2 層目は、バイブレータ挿入用孔より高性能細径バイブレータ、上部より高周波バイブレータを使用して締固めを行った。3 層目は、上部より高周波バイブレータを使用して締固めを行った。なお、各層に充填確認孔(φ7mm)を設け、コンクリートが充填されたことを確認した後に、次の層の打設を開始するものとした。また、上部から高周波バイブレータを円滑に挿入できるようにガイド鉄筋を追加配置した。

表-2 使用材料

使用材料	規格
埋設型枠	繊維補強セメント板
コンクリート	24-18-25N
鉄筋	主筋:D22、D25
	配力筋:D16

表-3 使用機械

使用機械	規格
高性能細径バイブレータ	φ27
高周波バイブレータ	φ40
型枠バイブレータ	コテ型

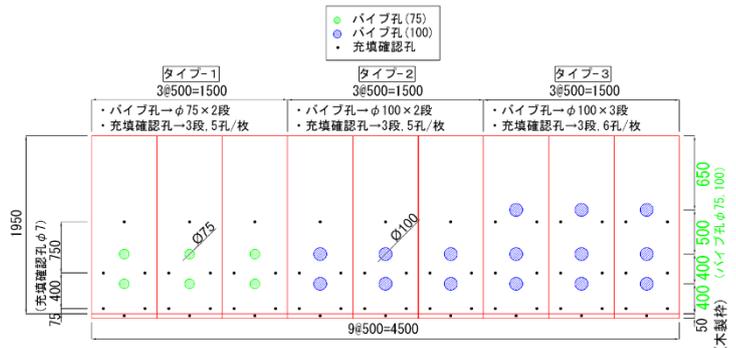


図-3 タイプ概要

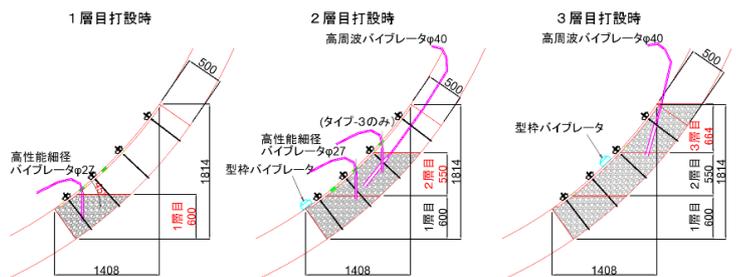


図-4 打設方法

3. 充填確認実験結果

実験結果を写真-2 に示す。充填状況はテストハンマーによる打音検査に加え、埋設型枠を一部はつり、確認した。試験体全面への打音検査において、異音は検知されなかった。はつりによる確認では、各タイプの中央部を幅 10cm、深さ 5cm をはつり取り、埋設型枠背面の充填状況を目視確認した。その結果、空隙は確認されず、充填状況は良好であった。これらのことから、各タイプの施工方法により、充填性を確保できることが明らかとなった。実施工においては、打設手間の低減や経済性、労務の経験度合等から最適なタイプを選定したい。

4. 今後の展望

今後は、現場への適用に向け、施工性の面からもさらなる検証を行う予定である。

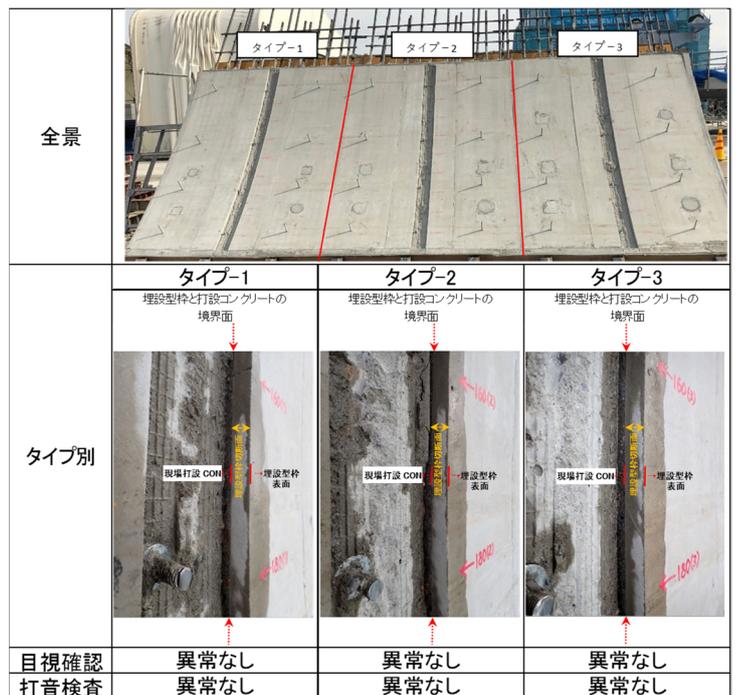


写真-2 実験結果