

## トンネル補強工法の開発（その1） - トンネル補強工法の提案と室内実験概要 -

日本コンクリート工業（株） 正会員 ○石川 高志，松尾 久幸  
（株）熊谷組 土木技術部 正会員 森 康雄，岩井 孝幸

### 1. はじめに

築後 20～30 年以上を経過するトンネルでは，覆工背面の空洞，覆工コンクリートのジャンカ，コールドジョイント，巻き厚不足，ひび割れなどの施工不良や劣化現象が多く見られる．それに伴い，既設トンネルの地圧対策や劣化対策として，ひび割れ注入，繊維シート補強，裏込め充填，鋼板補強，吹き付けモルタル，ロックボルト打設などのさまざまなトンネル補修・補強工法が提供・採用されている．

本報告は，鋼製アーチ支保工，鉄筋コンクリートならびに鋼繊維補強高強度モルタル製埋設型枠（以下，覆工板と呼ぶ）を組合せたトンネル補強（覆工巻立て）工法を提案するとともに，鋼製模擬トンネルを用いた室内実験の結果概要について述べる．

### 2. 補強工法に関する課題と対策

既設トンネルの補強工法として求められる課題に対し，表-1 のような対応策を提案することとした．

表-1 トンネル補強工法開発における課題と対応策

課 題	対 応 策
内空断面の確保	できる限り内空断面の縮小を避けるため補強厚を薄くする．
トンネル内側面の耐久性の向上	耐久性が高いことを考慮して，トンネル内面側に鋼繊維補強高強度モルタル製の埋設型枠を適用する．
裏込めコンクリートの品質確保	トンネル底盤にたまり水があることを想定して，補強厚さが薄くても裏込めコンクリートが打設できることを前提に，材料分離抵抗性，水中不分離性，流動性，セルフレベリング性などのコンクリートの品質を確保する．
経済性	既存の補強工法よりも経済的であることが要求され，ここでは，トンネルの断面形状に左右されない同一の埋設型枠を使用する．



図-1 施工フロー

### 3. 補強工法の提案と室内実験概要

補強構造として，鋼製アーチ支保工，鉄筋コンクリート覆工ならびに覆工板（裏込めコンクリート打設に埋設型枠として機能する）の組合せを適用した．今回の室内実験で使用した材料の仕様を表-2 に示す．また，模擬トンネルの概略形状を図-2 に示す．鋼製セグメントを組合せて延長 3m の模擬トンネル（半径 1650 mm，馬蹄形）を製作し，その内側に図-1 の施工フローの通り，厚さ 85 mm の補強対策を行った．この時，アーチ支保工の組立性，補強鉄筋と覆工板の取り付け作業性，ならびに裏込めコンクリートの打設高さや覆工板の変形を考慮した充填性などの項目についての施工効率を把握するとともに，補強前と補強後において載荷実験を行い補強効果の確認をした．

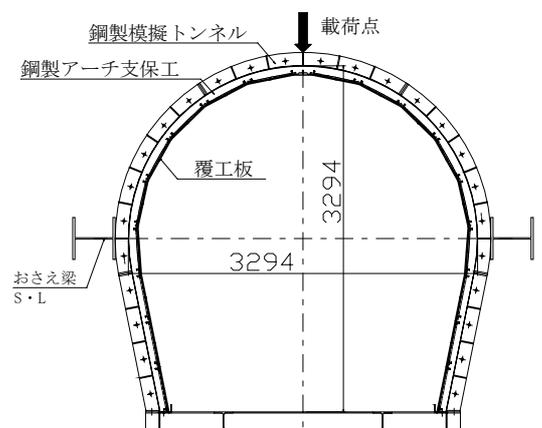


図-2 模擬トンネルの概略形状

キーワード トンネル補強，鋼繊維補強高強度モルタル，補強効果，水中不分離性コンクリート，載荷実験

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 TEL 03-3235-8646

〒108-0075 東京港区港南 1-8-27 日本コンクリート工業(株) TEL 03-5462-1051

表-2 実験で使用した補強部材の仕様

材 料	仕 様
鋼製アーチ支保工	溝型鋼 (75×40×5×7) ×2, @1,000 mm
鉄 筋	D13, 主筋(延長方向)@150 mm, 配力筋(断面方向)@300 mm
覆 工 板	1470 mm×470 mm×厚さ 10 mm, 鋼繊維補強高強度モルタル製 標準パネル(グラウト孔有無・2種類), 天端パネル
支 保 材	角形鋼管口-100×100×3.2
裏込めコンクリート	水中不分離性コンクリート
グ ラ ウ ト	ブレミックスモルタル

#### 4. 覆工板の形状と施工性

##### (1) 覆工板の形状

実験に使用した覆工板（標準パネル）の形状を図-3に示す。覆工板は、幅 1470 mm、高さ 470 mm、厚み 10 mmとし、質量約 30 kgと人力施工が可能な大きさとした。また、裏込め材との付着を確保するため、インサートを埋込み施工時にボルトを用いて裏込め材との付着を確保した。

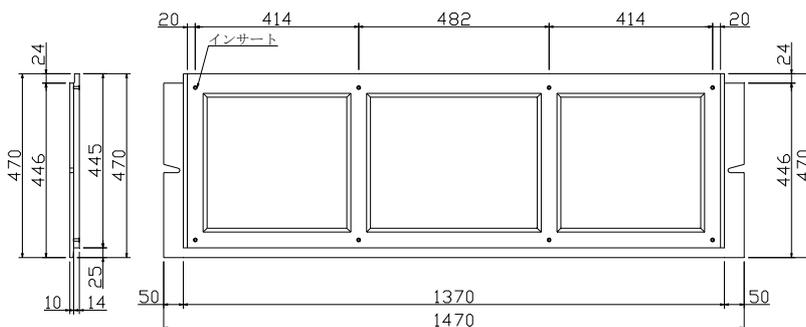


図-3 覆工板形状（グラウト孔無し）

その他、標準パネルに裏込め材充填のため2インチのグラウト孔を設けたものと天端パネルの計3種類を準備した。覆工板の板厚は、裏込めコンクリートの側圧に耐えるように決定した。

##### (2) 施工性の確認

写真-1に施工状況を示す。覆工板は、鋼製アーチ支保工にあらかじめ溶接で固定したボルトを介して仮止めし、支保材で固定した。この方法によって、およそ10m<sup>2</sup>/人の施工性が確認できた。



写真-1 施工状況

#### 5. 裏込めコンクリートの充填性

裏込めコンクリートの種類は水中不分離性コンクリートとし、事前に行った配合実験によって、流動性や材料分離抵抗性を確認するとともに配合を決定した。また、実験ではポンプ車（2インチ配管）により鉄筋が組み立てられた幅 75 mmの隙間に充填できることを確認した。（詳細は「トンネル補強工法の開発（その2）」を参照）

#### 6. 補強効果の確認

補強効果を定量的に評価するための载荷実験は、载荷は両スプリングラインを梁で押え、ジャッキによってトンネル頂部軸方向に渡した梁を1点で载荷する方法とした。実験によって、提案工法に補強効果が備わっていることを確認した。（詳細は「トンネル補強工法の開発（その3）」を参照）

#### 7. まとめ

①. 覆工板の取付け作業向上には、鋼製アーチ支保工の建込み精度が大きく係わり、精度が確保されていれば容易である。②. 裏込めコンクリートは、2インチの配管で幅 75 mmの隙間に打設可能である。粘性が大きくても、打設速度を0.3m<sup>3</sup>/h程度にすることで充填性を確保できる。③. 今回の提案工法はセントル型枠を用いた既存の「補強セントル+打巻き工（現場打ち）」と同程度以上の経済性を有していることが判った。

#### 8. 今後の課題

今後の課題として、補強効果の定量的な評価、覆工板の部分的な改良、裏込めコンクリート打設時の切梁設置の必要性について、さらなる検討を加える予定である。