

部分薄肉化PCL版を用いたトンネル覆工の補強方法の開発

独立行政法人土木研究所 正会員 真下 英人 日本コンクリート工業(株) 正会員 松尾 久幸
 ジオスター(株) 正会員 久保田 伸一 日本サミコン(株) 正会員 音田 奨
 石川島建材工業(株) 正会員 中山 壮一郎

1. はじめに

「PCL版の部分的薄肉部に関する要素試験結果報告」の試験結果をもとに製作した部分薄肉化PCL版を、予め覆工コンクリートが終局状態になるまで載荷して損傷を与えた実大規模のトンネル覆工の内側に、PCL工法の布設手順に準じて内巻き補強し、その補強効果を確認することとした。

本報告は、部分薄肉化PCL版の補強効果に関する実験結果について述べる。

2. 実験概要

実験は、山岳トンネルにおいて覆工に緩み荷重が作用した場合を想定して行った。供試体は、予め損傷を与えた覆工コンクリート（外形9.7m、厚さ30cm、高さ1.0mの半円形）をPCL版で内巻き補強したものを使用した。覆工コンクリートは、補強後の載荷実験と同じ要領で載荷実験を行い、覆工コンクリートが終局状態になるまで損傷を与えた。

覆工コンクリートは無筋コンクリートとし、PCL版は要素試験の結果に基づき、鉄筋コンクリート部材（ $t = 14\text{cm}$ ）にはD13の主鉄筋を内外面ともに8本配置し、高強度鋼繊維モルタル部材（ $t = 7.5\text{cm}$ ）には長さ15mm、径0.2mmの鋼繊維を2%（体積比）混入したのに加えてD13の主鉄筋を内外面とも15本配置した。PCL版は、まず高強度鋼繊維モルタル部材を製造した後に鉄筋コンクリート部材を製造し、互いの鉄筋は重ね継手で継いだ。またPCL版と覆工コンクリートの隙間（50mm）には裏込めモルタル（1:2モルタル）を打設した。供試体概要を図-1に示す。

載荷は写真-1及び図-2に示すように覆工を内面側から見て右側を0度と定義した座標系において、10～170度全ての断面で軸力を導入し（20kN）、その後天端の80～100度の3断面で載荷を継続し、残りの部分のジャッキはバルブを閉めることでジャッキを地盤反力ばねに模擬して行った。

荷重の制御方式は軸力導入までは荷重制御とし、その後は変位制御とした。変位制御時の載荷ピッチを表-1に示す。

表-1 載荷ピッチ

変位	90°	80° 100°
10mmまで	0.4mm	0.25mm
終了まで	0.8mm	0.5mm

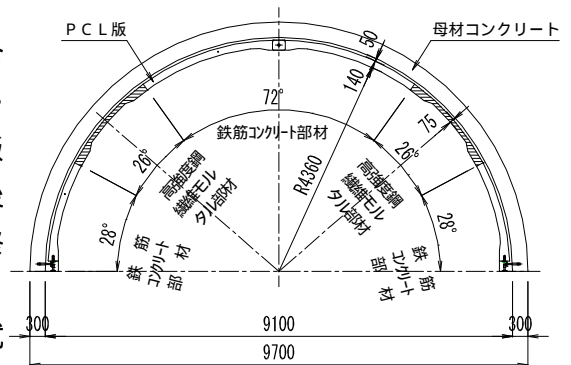


図-1 供試体概要図



写真-1 載荷実験状況

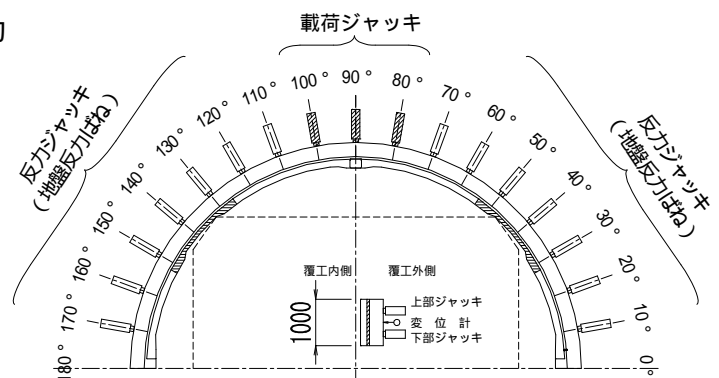


図-2 載荷実験概要

キーワード トンネル，補修・補強，PCL工法，部分薄肉，高強度鋼繊維モルタル

連絡先 〒113-0024 東京都文京区西片1-17-8 K Sビル ジオスター(株)内PCL協会事務局 TEL 03-5844-1208

3. 実験結果

表 - 2 に管理供試体の試験結果を示す。各試験は、
 載荷実験当日に行ったものである。

図 - 3 に覆工コンクリートに損傷を与えるため
 に行った載荷実験の荷重変位曲線と補強後に行っ
 た載荷実験の荷重変位曲線を示す。

覆工コンクリートに損傷を与えるための載荷実
 験では、載荷ジャッキの合計が 2042.8kN で最大荷
 重に達した。その後、円周方向に長いひび割れを観
 測して載荷を終了した。（写真 - 2）

補強後の載荷実験では、載荷ジャッキの合計が
 1919.6kN に達した時に P C L 版の 90° 上部外面側
 が欠け、荷重が急激に落ちた。これは、左右の P C
 L 版天頂接合部には若干のすきまがあり、その隙間
 分 P C L 版が変位したため、裏込めモルタルと P C
 L 版との付着が切れたためと考える。その後、載荷
 荷重は上昇し、最大荷重 3944.6kN に達した。これ
 は、裏込めモルタルと P C L 版が重ね部材として荷
 重に抵抗したためと考える。また、その後若干荷重
 が低下した後、P C L 版 90° 付近の内面が崩壊
 し、それと同時に覆工外面側コンクリートが大きく
 剥落して実験を終了した。（写真 - 3、写真 - 4）

表 - 2 管理供試体試験結果

	圧縮強度 N/mm ²	静弾性係数 kN/mm ²	ポアソン比	備考
覆工コンクリート	14.9	15.2	0.17	損傷載荷時
PCL 版（コンクリート）	76.1	34.7	0.17	再載荷時
PCL 版（高強度鋼繊維EFL外）	210.0	53.1	0.20	再載荷時
裏込めモルタル	36.3	18.8	0.23	再載荷時
覆工コンクリート	23.9	18.7	0.20	再載荷時

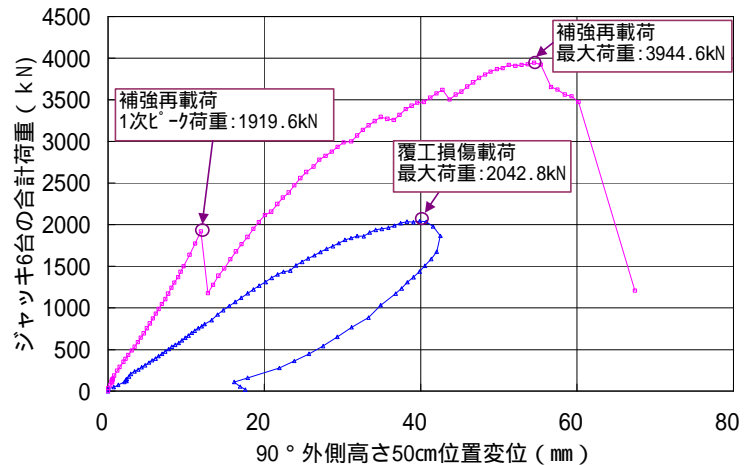


図 - 3 荷重変位曲線



写真 - 2 覆工損傷状態



写真 - 3 再載荷最終状態 1
 （補強内面，上面）



写真 - 4 再載荷最終状態 2
 （90° 覆工外面）

4. まとめ

山岳トンネルにおいて覆工に緩み荷重が作用した場合を想定して行った実験では、薄肉部を有する P C L 版で補強したトンネルは、無筋コンクリートで覆工した健全なトンネルと同程度の耐力を有していることが確認できた。今後は、膨張性地山に挙げられる特殊地山で全周から荷重が作用した場合を想定して同様の実験を行い、部分薄肉化 P C L 版を用いたトンネル覆工の補強方法の開発に努めたい。

参考文献

- 1) 箱石・真下・石村・森本：損傷トンネル覆工における内巻きコンクリートの補強効果に関する実験的研究，土木学会トンネル工学研究論文・報告集，2003。
- 2) 砂金・真下：トンネル覆工の耐荷力に及ぼす鋼繊維補強コンクリートの効果，土木技術資料 44-12(2002)