

改良型部分薄肉化 PCL 版の曲げ性能試験

(株)IHI 建材工業 正会員 夏目 岳洋 ジオスター(株) 正会員 藤原 慎八
 日本コンクリート工業(株) 正会員 山岸 健治 ○日本サミコン(株) 正会員 小黒 勝之
 (国研) 土木研究所 正会員 石村 利明

1. はじめに

トンネル内巻き工法の一つである PCL 工法(プレキャストライニング工法)には, 肩部の建築限界を確保するためにトンネル内面側の部材厚を部分的に薄くした「部分薄肉化 PCL 版」が開発されている(図-1)¹⁾。この部材は, 薄肉部に超高強度繊維補強コンクリート(UFC)を用いているため, 薄肉部と普通コンクリートである標準部を分けて製造する必要等の課題があった。そこで, 薄肉部を鉄筋コンクリートとトンネル背面側に設置した補強鋼板との複合構造とした新たな部分薄肉化 PCL 版の開発を行った。本報告では, この改良型部分薄肉化 PCL 版の曲げ性能試験結果について報告する。

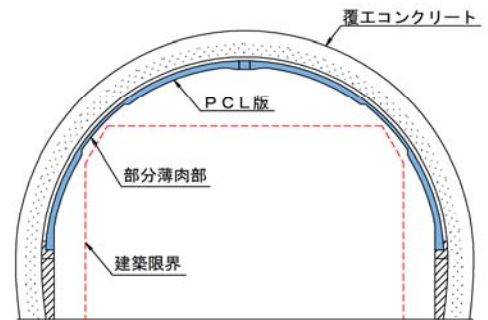


図-1 部分薄肉化 PCL 版

2. 試験体・載荷試験方法

試験体の種類と形状を図-2に示す。試験体の種類は, 標準 RC 部材と部分薄肉部材の2種類とした。また, 部分薄肉部材は, トンネル内面側と外面側で非対称となるため, 外面側が引張となる場合を正載荷, 内面側が引張となる場合を負載荷とし, 両ケースの曲げ載荷を実施した。

標準 RC 部材は, コンクリート厚さを140mmとし, 鉄筋はSD345-D16を12本配置した。部分薄肉部材の標準部は部材厚, 鉄筋配置とも標準 RC 部材と同様($t=140\text{mm}$, SD345-D16-12本)と

し, 薄肉部は厚さ75mmの鉄筋コンクリート(SD345-D19-7本)に, 厚さ9mmの補強鋼板を配置した。また, 補強鋼板とRC部との一体化を図るため, 補強鋼板には孔あき鋼板ジベル^{2),3)}を2列配置し, 両端部にずれ止め筋を配置した。なお, コンクリートの設計基準強度は全て 40N/mm^2 とした。

載荷方法は, 支間長2,800mmの単純支持とし, 載荷幅550mmの2点載荷で実施した。ひずみ測定は, コンクリート表面, 補強鋼板表面, 異形鉄筋, 孔あき鋼板ジベルについて実施した。また, 載荷実験に先立ち各試験体に対してRC断面計算を行い, 許容応力度発生時の曲げモーメント(以降「抵抗モーメント」とする)を算出した。載荷実験に際しては, この抵抗モーメントが発生する載荷荷重時のひずみ値や応力状態について確認を行うこととし, さらに終局状態における荷重や変位状況, 断面変化部の接合構造の状況についても確認することとした。

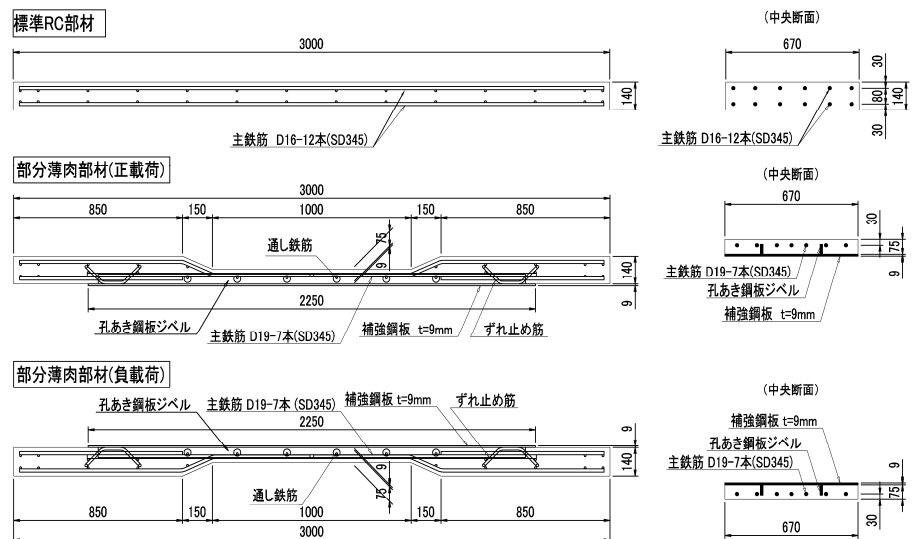


図-2 試験体の種類と形状

キーワード トンネル補修・補強, PCL 工法, 部分薄肉, 複合構造, 孔あき鋼板ジベル

連絡先 〒130-0026 東京都墨田区両国 2-10-14 (株)IHI 建材工業内 部分薄肉化 PCL 工法研究会事務局 TEL. 03-6271-7327

3. 試験結果

抵抗モーメント作用時のひずみと応力度を表-1 に示す。抵抗モーメント作用時の応力度は、抵抗モーメントを作用させた時の試験体中央部の各ひずみ量とヤング率の関係から求めた。

標準 RC 部材の抵抗モーメント作用時のコンクリートの圧縮応力は 12.4 (N/mm²)、鉄筋の引張応力は 158.0 (N/mm²)であり、何れも許容応力度以下となる結果であった。部分薄肉部材においても抵抗モーメント作用時の応力は、コンクリート、鉄筋、鋼材の何れとも許容応力度以内であった。なお、部分薄肉部材の正載荷時と負載荷時では、各材料に発生する応力は圧縮側と引張側で反転するため、鋼板の場合は正載荷の時に引張側、負載荷の時に圧縮側の応力となる。

載荷状況及び載荷終了後の断面変化部の接合構造の状況を写真-1 に、載荷時の曲げモーメントと中央変位量の関係を図-3 に示す。部分薄肉部材の正載荷においては、標準 RC 部材と同等以上の剛性及び終局モーメントを示した。これは、抵抗モーメント時のひずみ分布からも示される通り、補強鋼板が鉄筋やコンクリートとの複合構造として協働した結果であると考えられる。負載荷においては、標準 RC 部材と比較して剛性が小さくなるものの、終局モーメントは同等の値を示し、塑性変形能に富んだ挙動を示し、補強鋼板が圧縮に対しても有効に機能することが確認された。

4. まとめ

- 抵抗モーメント作用時のすべての試験体において、コンクリート、鉄筋、補強鋼材に発生する応力度が許容応力度以内であることが確認された。
 - 部分薄肉部材の正載荷においては、標準 RC 部材と同等以上の剛性を有し、実験で得られた終局モーメントも標準 RC 部材を上回る結果が示され、鋼合成構造である部分薄肉部の補強鋼板と鉄筋およびコンクリートとの一体挙動が示唆された。
 - 負載荷においては、標準 RC 部材と比較して剛性が小さくなるものの、終局モーメントは同等の値であり、塑性変形能に富んだ挙動を示しているため、補強鋼板が圧縮に対しても有効に機能することが確認された。
- なお、本実験は（国研）土木研究所、(株)IHI 建材工業、ジオスター(株)、日本コンクリート工業(株)、日本サミコン(株)で構成される部分薄肉化 PCL 工法研究会により行われたものである。

参考文献

1) 音田奨 他：PCL 版の部分薄肉部に関する要素試験結果報告，土木学会第 59 回年次学術講演会（H16 年 6 月）
2) 古内仁 他：孔あき鋼板ジベルのせん断伝達耐力に関する一考察，第 6 回復合構造の活用に関するシンポジウム（26）
3) 園田佳巨 他：3 次元弾塑性 FEM による孔あき鋼板ジベルの設計式に関する基礎的考察，土木学会応用力学論文集 Vol.11（2008 年 8 月）

表-1 抵抗モーメント作用時のひずみと応力

項 目		試験体			許容応力度 (N/mm ²)
		標準RC部材	部分薄肉部材		
			正載荷	負載荷	
抵抗モーメントMr (kN・m)		20.626	18.531	20.459	
抵抗モーメント作用時のひずみ ※1 (μ)	コンクリート	-400	-360	—	
	鉄筋	790	-210	790	
	鋼板	—	230	-370	
抵抗モーメント作用時の応力度 ※2 (N/mm ²)	コンクリート	-12.4	-11.2	—	-14
	鉄筋	158.0	-42.0	158.0	±180
	鋼板	—	46.0	-74.0	±140

※1 試験体中央部のひずみ
※2 コンクリートE_c=3.1(×10⁴ N/mm²)、鉄筋・鋼板E_s=2.0(×10⁵ N/mm²)で算出

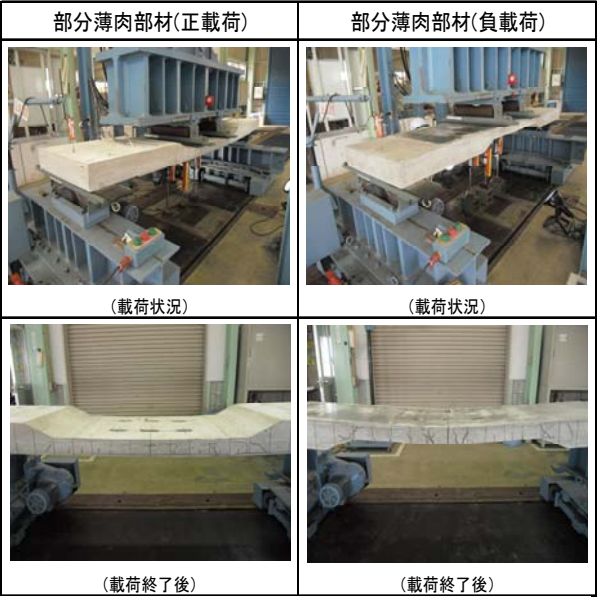


写真-1 載荷状況及び載荷終了後

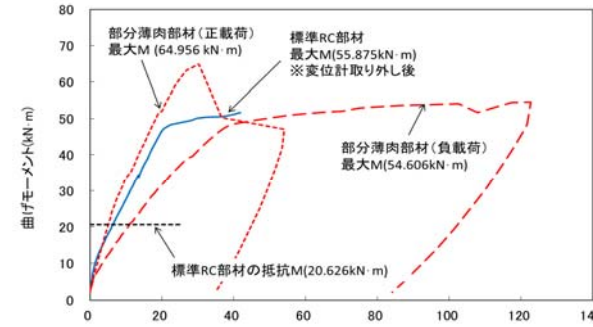


図-3 曲げモーメントと中央変位量の関係