

# 盤下げ不要で工期短縮 狭いトンネル補強の決定版

## きょうあい 狭隘トンネルで優れた補強効果を発揮 部分薄肉化 PCL 工法

既存のトンネルを内側から高性能な PCL ( Precast Concrete Lining ) 版で補強するとトンネル径が小さくなってしまふ。そこで、株式会社 IHI 建材工業は、PCL 版を部分的に高強度、薄肉化することにより、トンネルの盤下げを行うことなくそのままトンネルを補強できる工法を開発した。

株式会社 IHI 建材工業  
事業統括部 土木部

夏目 岳洋  
武藤 香穂



部分薄肉化 PCL 施工



部分薄肉化 PCL 架設状況

### 建築限界 — 補強の壁 —

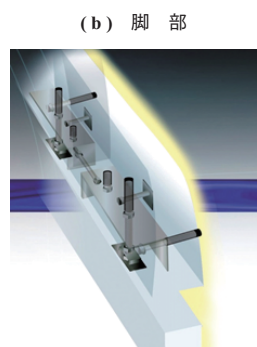
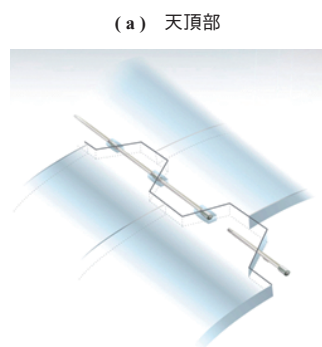
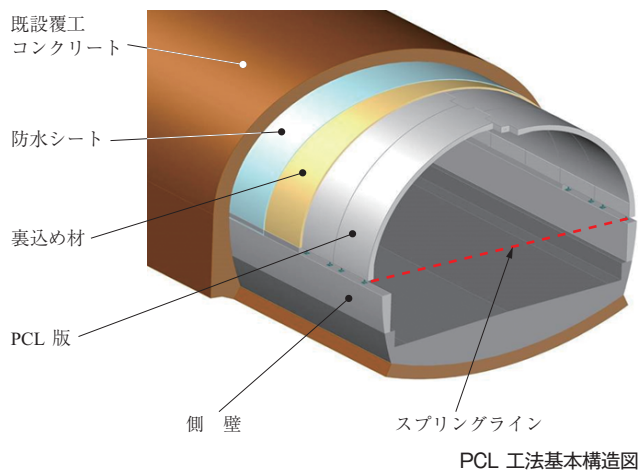
国内で供用されている道路トンネルは約 10 100 か所、トンネル総延長 4 300 km ( 2015 年時点 ) を超え、今後も増加する傾向にある。これらのトンネルのうち、供用年数 50 年を超えるトンネルは延長で約 10% あり、なかには外因 ( 外力、環境 ) または内因 ( 材料、施工、設計 ) などによる原因で変状が発生し、何らかの対策を必要とするものもある。こうした変状が発生したトンネルに対して、耐荷力の向上を目的とした各種の補強対策が実施されている。しかし、

トンネルの建築限界 ( 空間を確保しなければならないスペース ) を確保するために路面を掘り下げる工事 ( 盤下げ ) が必要となるため、工期およびコストが増大し、十分な補強対策が困難であった。そこで従来、トンネル補強対策などで用いられている「PCL 工法」を基本に、断面に余裕がないトンネルに対する補強対策として、国立研究開発法人土木研究所 ( PWRI )、株式会社 IHI 建材工業 ( IKK ) が事務局を務める PCL 協会 4 社との共同研究により「部分薄肉化 PCL 工法」の開発を行った。

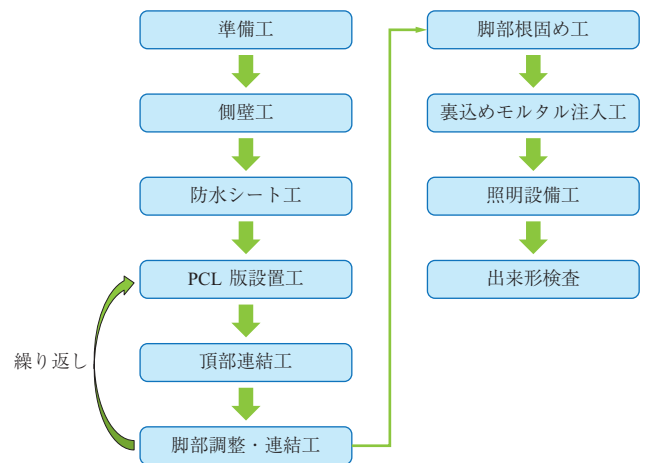
## PCL 工法とは

PCL 工法は、トンネルの内装、仕上げ、補修または補強を目的としたコンクリート版を用いたライニング工法の設計、製造、施工方法を総称したものである。下図に示すように、頂部継手部 1 か所および側壁との接続部左右 2 か所にヒンジ（ちょうつがい）構造を有する 3 ヒンジ構造である。具体的にはトンネルのスプリングライン（トンネルの断面で上半アーチの始まる線）を基準に下半部を現場打ちコンクリートの側壁とする。上半部を既設覆工コンクリートの内面に漏水防止措置として防水シートを貼り付けた後、2 分割を基本として PCL 版を架設する。なお、天頂部と脚部をボルトによりそれぞれ連結する。次に防水シートと PCL 版の空隙部にモルタルなどの裏込め材を充填して完成となる。主な特長は以下のとおり。

- (1) PCL 版は厳密な品質管理のもとで工場生産される高品質な製品である。
- (2) PCL 版と既設覆工コンクリートとの空隙部に裏込め材を充填することにより、不慮の荷重に対



PCL 版連結詳細図



PCL 工法 施工フロー

しても高い安定性が期待できる。

- (3) 専用の架設機械を使用することにより、工期を短縮できる。
- (4) 一時的な車線規制を伴うものの片側交互通行開放下での施工が可能である。
- (5) 既設トンネルとの取り合いは側壁部のみであり、準備工事が比較的容易である。
- (6) 従来技術（現場打ちコンクリート覆工補強）と比較すると、施工延長 30 m では約 30% のコスト削減が可能である。

PCL 工法の一般的な施工フローを上図に示す。

## 現場条件に応じてさまざまな施工方式が可能

交通条件、PCL 版の重量、施工延長ならびに経済性などを総合的に考慮して、PCL 版の架設方式（架設機械）を選定することができる。

PCL 版架設工法の標準的方式は以下のとおり。

- (1) 自走式専用機械方式
- (2) フォークリフト方式
- (3) トラック搭載型簡易据え付け機械方式
- (4) 自走式組み立て架台方式
- (5) 架台けん引方式
- (6) 側壁走行方式
- (7) 専用エレクター方式

一般的な架設方式である自走式専用機械方式とフォークリフト方式を次ページに示す。



自走式専用機械方式



フォークリフト方式

## 交通開放（片側交互通行）での施工可能

地域生活における重要路線または十分な迂回路を近接箇所に設置するのが困難なトンネルで施工を行う場合、交通開放（片側交互通行）下での施工が求められる。PCL 工法では施工専用の架設機械を使用することにより片側交互通行下での施工が可能となり、地域住民および道路使用者の負担を軽減することができる。

## 部分薄肉化 PCL 工法

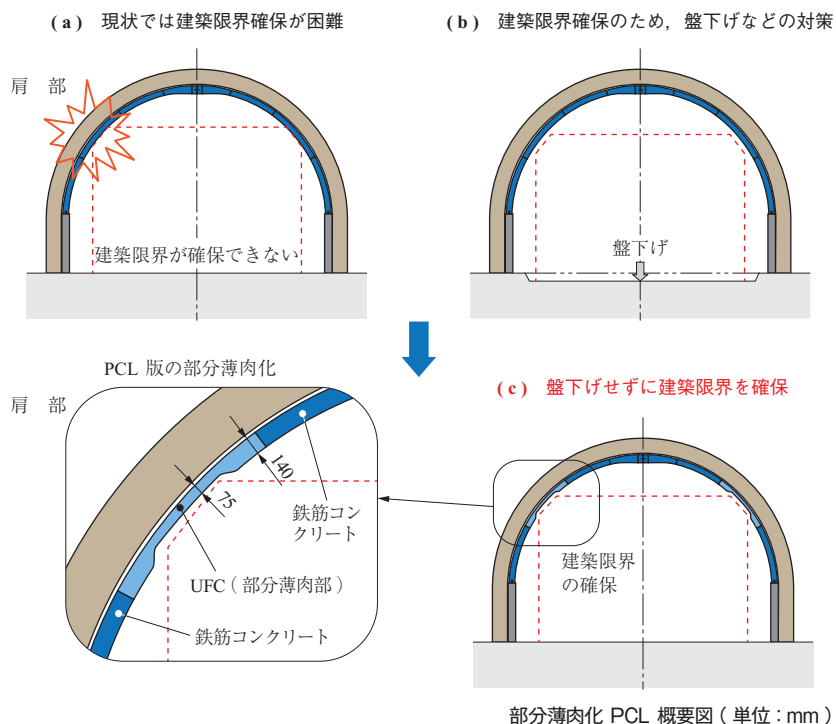
変状の見られるトンネルには建築年次が古くトンネル断面に余裕がない場合がある。このような条件で圧縮力に効果のある補強工法として円弧上のプレキャストコンクリート版を設置する PCL 工法がある。しかし、PCL 工法を採用しても既設路面の盤下げを行ってトンネル肩部の建築限界を確保することが必要となる場合がある。そこで、建築限界のネックとなる上部アーチ左右の肩部を部分的に薄肉にして建築限界を確保する部分薄肉化 PCL 工法を開発した。

部分薄肉化 PCL 工法の特長としては以下がある。

(1) 薄肉にした部分は、超高強度繊維補強コンクリート (UFC : Ultra high strength Fiber reinforced Concrete) を使用することにより、剛性、耐荷力を確保した。

- (2) 盤下げ工事を行わなければ建築限界が確保できないようなトンネルに適用可能である。
- (3) これまでの PCL 工法の施工方法がそのまま流用可能である。

UFC は、繊維補強を行った超高強度セメント質複合体で、圧縮強度は  $150 \text{ N/mm}^2$  以上である。





実物大規模試験状況

透水・透気・塩化物イオンの拡散係数が通常のコンクリートに比べて著しく小さく、耐久性や、耐塩害性、耐摩耗性、耐衝撃性に優れている。

### 耐荷力 2 倍, 工短縮, コスト削減

部分薄肉化 PCL の性能確認を目的として、PWRI の実物大規模の覆工載荷試験装置により、従来工法である現場打ち覆工コンクリートとの補強実験を行い、その効果を確認した。

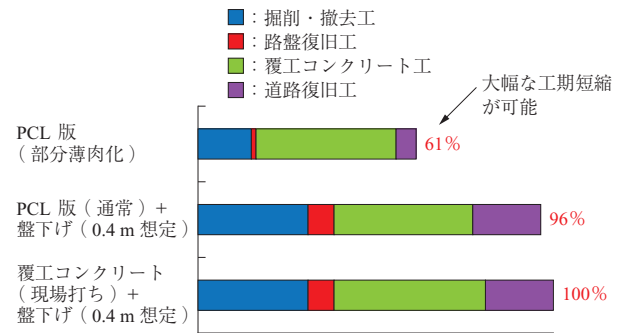
その結果、現場打ち覆工コンクリートと比較して約 2 倍の耐荷力があることが確認できた。

部分薄肉化 PCL 工法を採用することで、建築限界を確保するための路面の盤下げ工事が不要となり、工事期間が従来工法の現場打ち覆工コンクリートと比較して 39%（従来 PCL 工法と比較して約 36%）の短縮が見込まれる。

また、コスト面においても従来の現場打ち覆工コンクリートと比較して 12%（従来 PCL 工法と比較して同等）の削減が見込まれる。

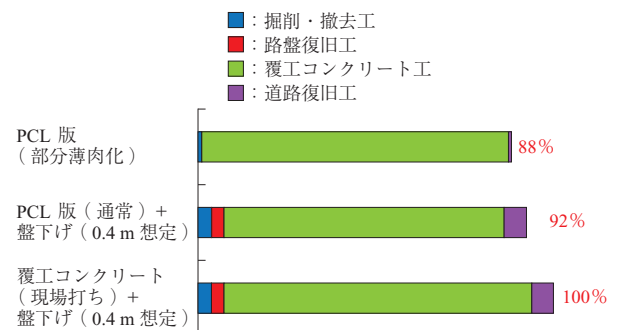
### 今後の展開

部分薄肉化 PCL の開発により PCL 工法の適用範囲を広げることができた。また、工事全体のコストも従来の PCL 工法と同等であることが確認できた。しかし、PCL 版の製造コストに着目すると、部分薄肉化 PCL 版の部分薄肉（UFC）部の製造は専用工場で行う必要があるため、新たに UFC 工場とコンクリート工場間の運搬費が発生する。また、型枠（鋼製）も薄肉用と標準部用の 2 型必要となるため、従来の



(注) 想定した比較条件  
 ・内巻き延長  $L=30.0$  m  
 ・盤下げ施工区間 90.0 m (すり付け長を考慮)  
 ・盤下げ高  $h=0.4$  m

工期の比較 (例)



(注) 想定した比較条件  
 ・内巻き延長  $L=30.0$  m  
 ・盤下げ施工区間 90.0 m (すり付け長を考慮)  
 ・盤下げ高  $h=0.4$  m

コストの比較 (例)

PCL 版に比べて製造コストが割高となってしま<sup>はん</sup>う。

今後は、新材料の選定や鋼<sup>はん</sup>鋼とコンクリートの合成構造を用いた新型の部分薄肉化 PCL 工法を開発し、さらなるコスト削減を達成することによりお客さまにご満足いただける製品を提供したい。

問い合わせ先

株式会社 IHI 建材工業  
 事業統括部 土木部 技術グループ  
 電話 (03) 6271 - 7237  
<http://www.ikk.co.jp/>