

トンネル補強工法 (部分薄肉化PCL工法)

P C L 協 会

国立研究開発法人 土木研究所
つくば中央研究所 トンネルチーム

はじめに

当技術の適用(何をするための技術)

老朽化した**トンネル**の**補強**を目的とした
プレキャストコンクリート版を設置するライニング工法

紹介内容 ー 目次 ー

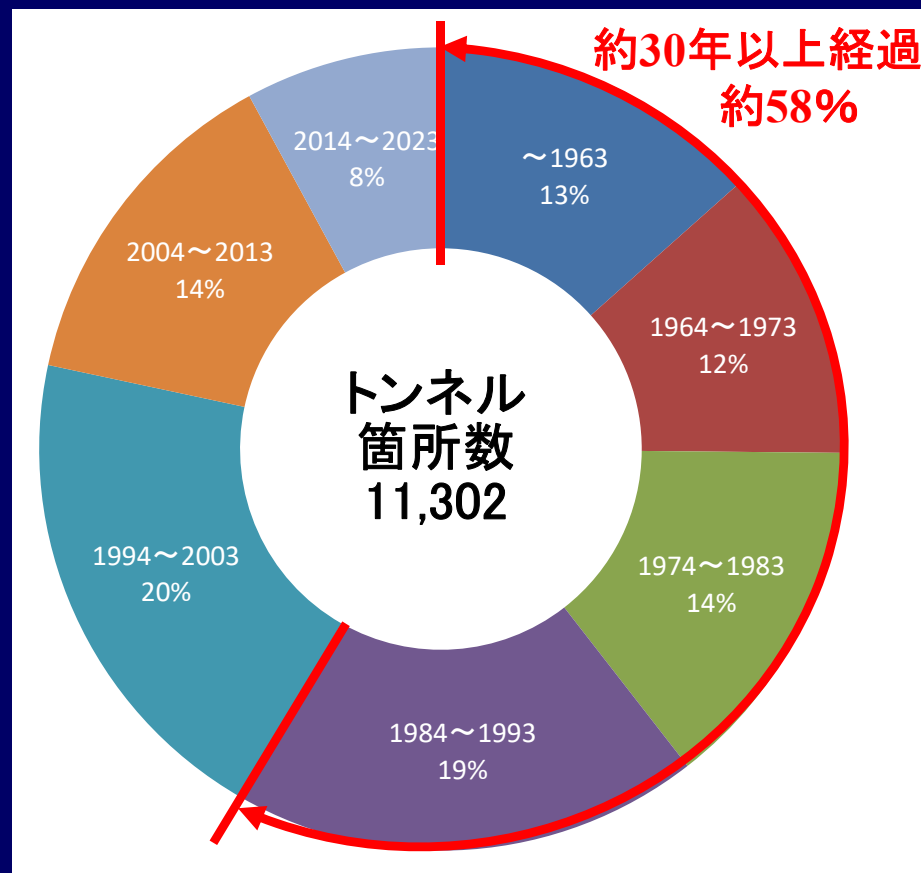
1. 道路トンネルの現況
2. 工法の概要(どのようなものなのか)
 - PCL工法
 - 部分薄肉化PCL工法
3. 施工
4. 実績(どのように使われているのか)
 - 部分薄肉化PCL工法の実績

1. 道路トンネルの現況

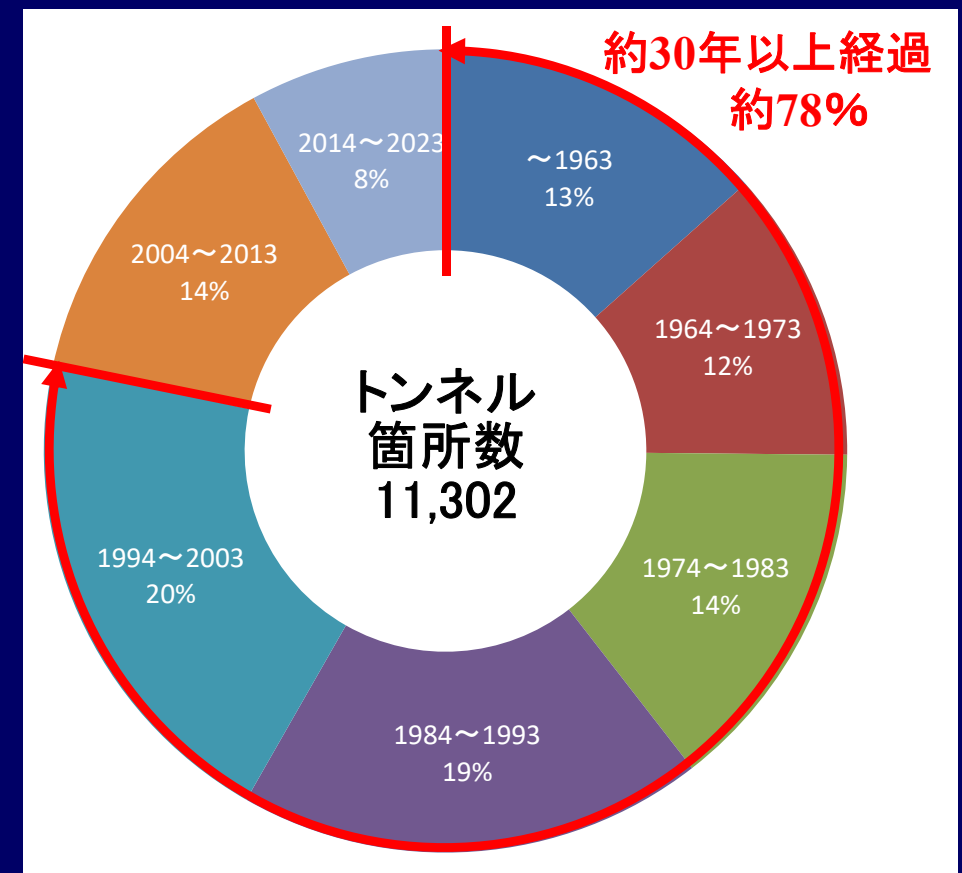
1. 道路トンネルの現況

1-1. 年代別のトンネル箇所数

- ・約30年以上経過すると老朽化による変状が発生しやすい



現在



10年後

1. 道路トンネルの現況

1-2. トンネルの変状事例1(外力作用によるもの)

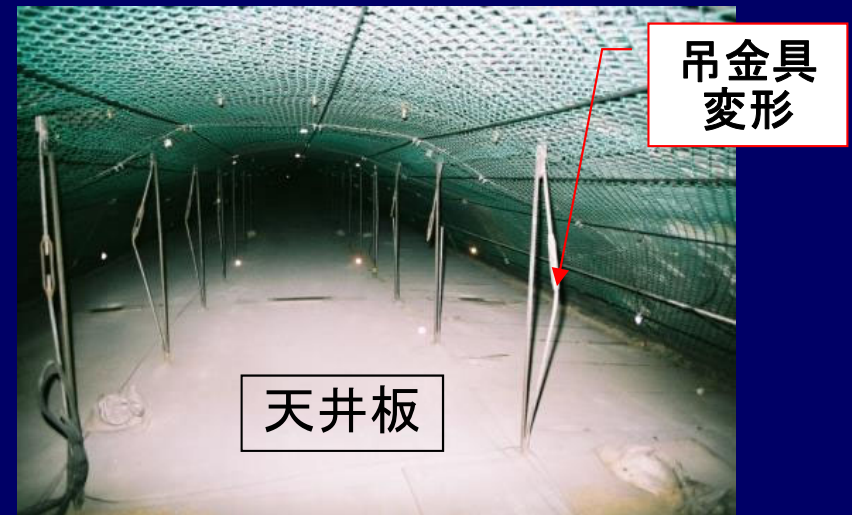
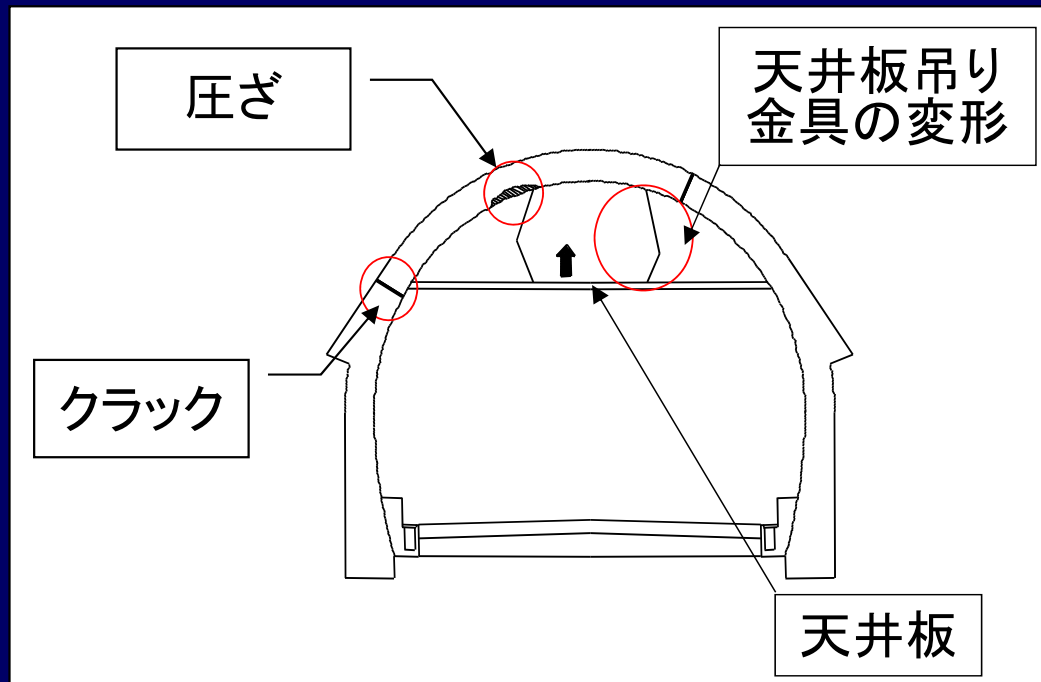
〇〇〇トンネル (約L=2500m)

中央部の30m区間に大きな変状が発生
(覆工の圧ざ・クラック、天井板吊金具の変形)



【対策工】

変状区間における覆工の打直しを実施



1. 道路トンネルの現況

1-3. 変状事例2(ひび割れによるブロック化)



単一のひび割れが交差しブロック化



ひび割れと横断目地との
組合せで半月状にブロック化



コールドジョイントと横断目地との
組合せでブロック化



コールドジョイントとひび割れとの
組合せでブロック化

1. 道路トンネルの現況

1-4. トンネル変状対策工の分類と選定

トンネル変状対策工は変状の度合から、大きく以下の3つに分類される

変状の
度合

大



小

1. 外力対策

→トンネル補強技術

本工法は補強
技術にも対応

2. はく落防止対策

→トンネル補修技術

3. 漏水・凍結対策

2. 工法の概要

(どのようなものなのか)

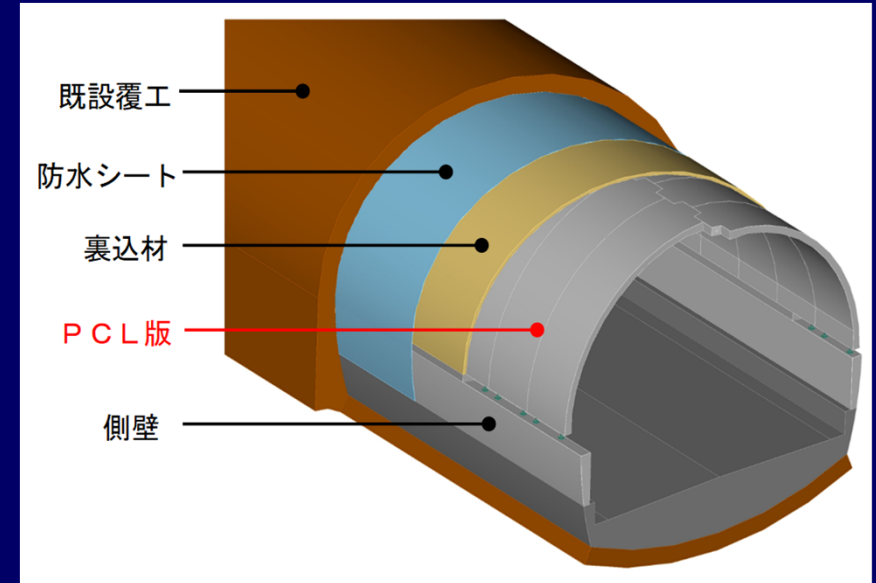
2. 工法の概要

2-1. PCL工法とは

- ① プレキャスト製コンクリートアーチを組立て、トンネルの補修、補強を行う工法
- ② PCL版は2分割アーチ構造で自立
- ③ トンネル内部で専用重機によりPCL版を設置
- ④ 片側交互交通による施工が可能

※1) PCL版の設置時は、1枚当たり15～25分程度の全面通行止めが必要

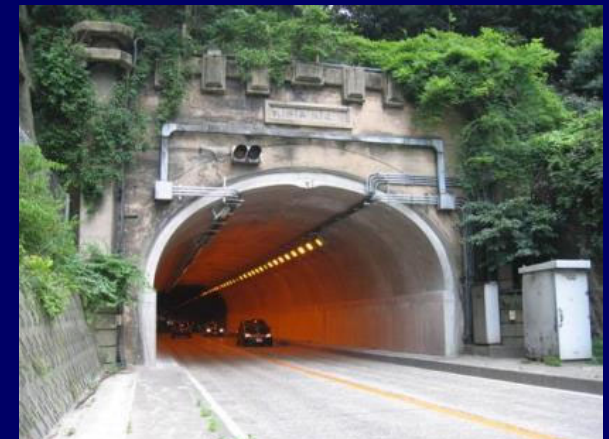
※2) 日々の施工完了後、全面開放が可能



①施工写真



②完成写真

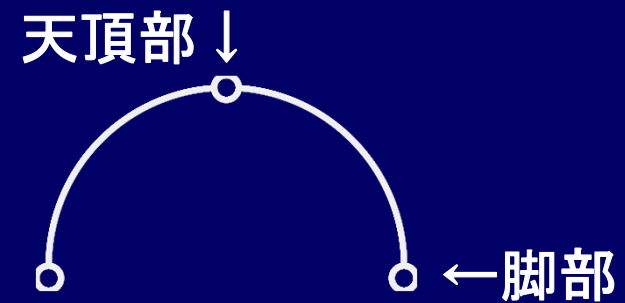


③完成写真

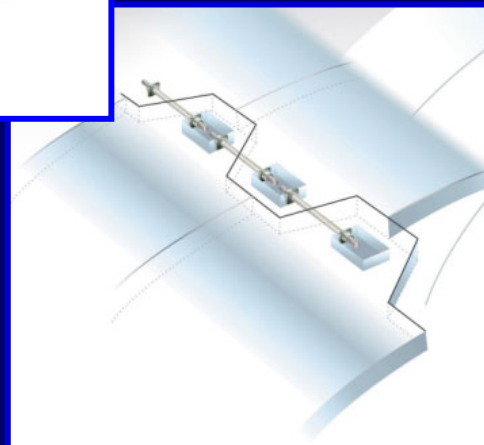
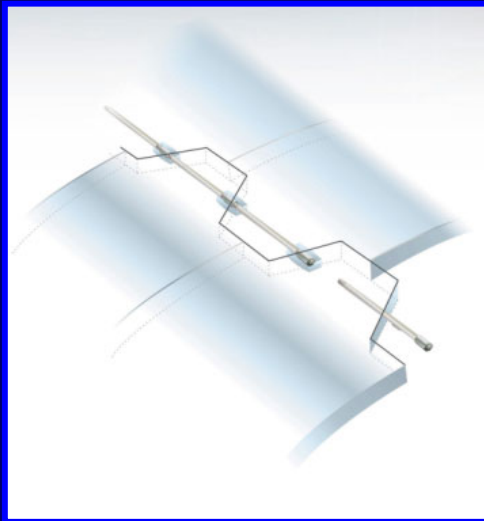
2. 工法の概要

2-2. PCL工法の構造

2分割PCL版の天頂部と脚部をヒンジ
とした3ヒンジアーチ構造

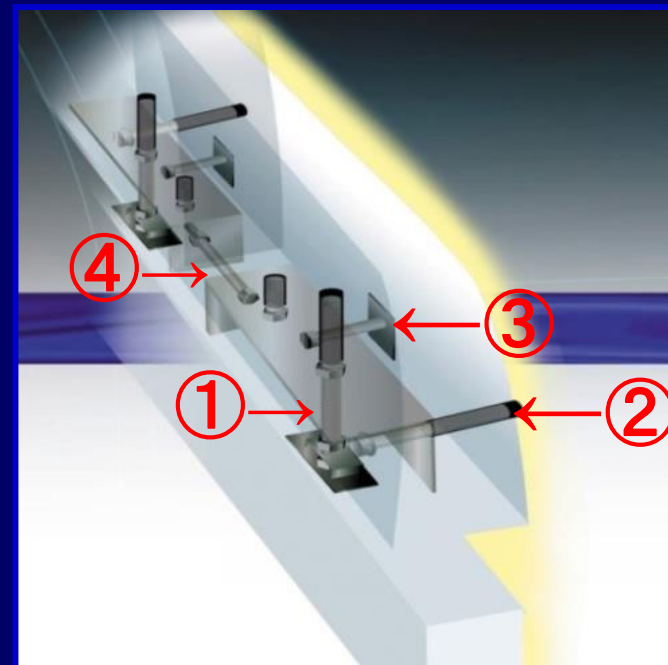


●天頂部 連結ボルトにより固定



●脚部 各ボルトにより固定

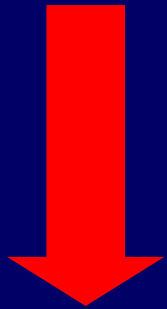
- ①高さ調整ボルト
- ②支持ボルト
- ③押出しボルト
- ④脚部連結ボルト



2. 工法の概要

2-3. 部分薄肉化PCL工法(開発の背景)

●背景



薄肉で内空断面を確保しつつ補強効果が期待できる工法がない

●新しい補強技術(民提案型共同研究)

薄肉でも十分な補強効果が得られる
新補強技術の開発

載荷パターンを再現した実物大試験により
耐荷力を確認

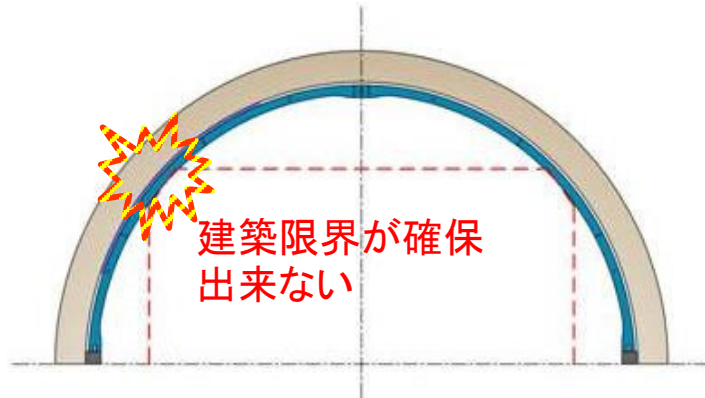
2. 工法の概要

2-4. 部分薄肉化PCL工法(特徴)

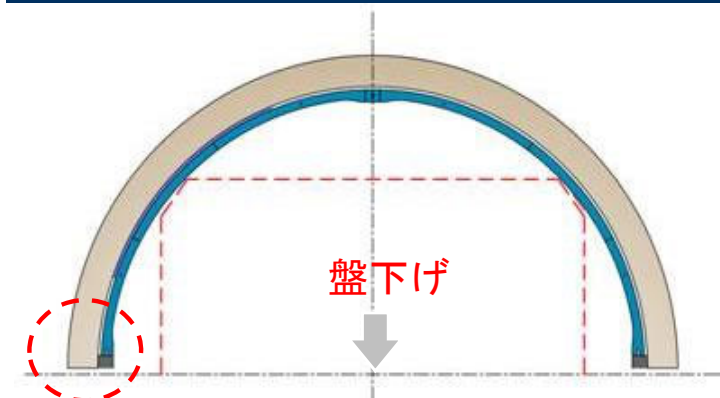
建築限界を侵す場合にトンネル肩部のみを薄肉化したPCL版を用いた工法

- ◆薄肉部については、**UFC(超高強度繊維補強コンクリート)製**または**鋼板とコンクリートの複合構造**となる

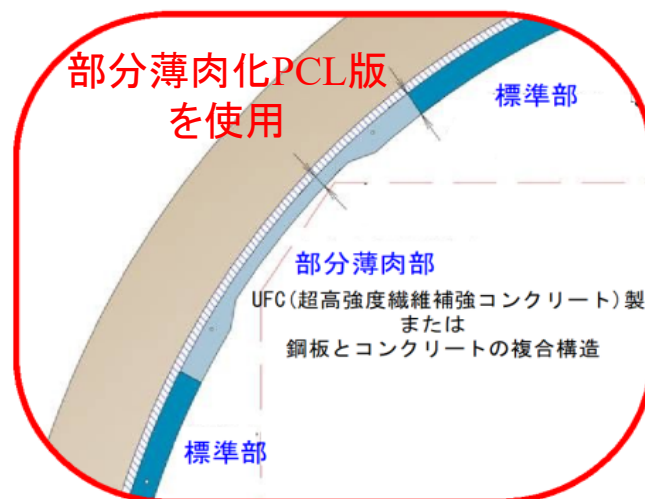
現状では建築限界確保が困難



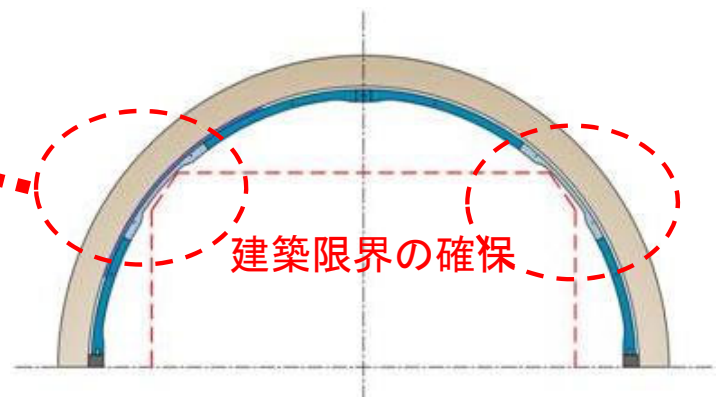
確保のため、盤下げする必要



部分薄肉化PCL版
を使用

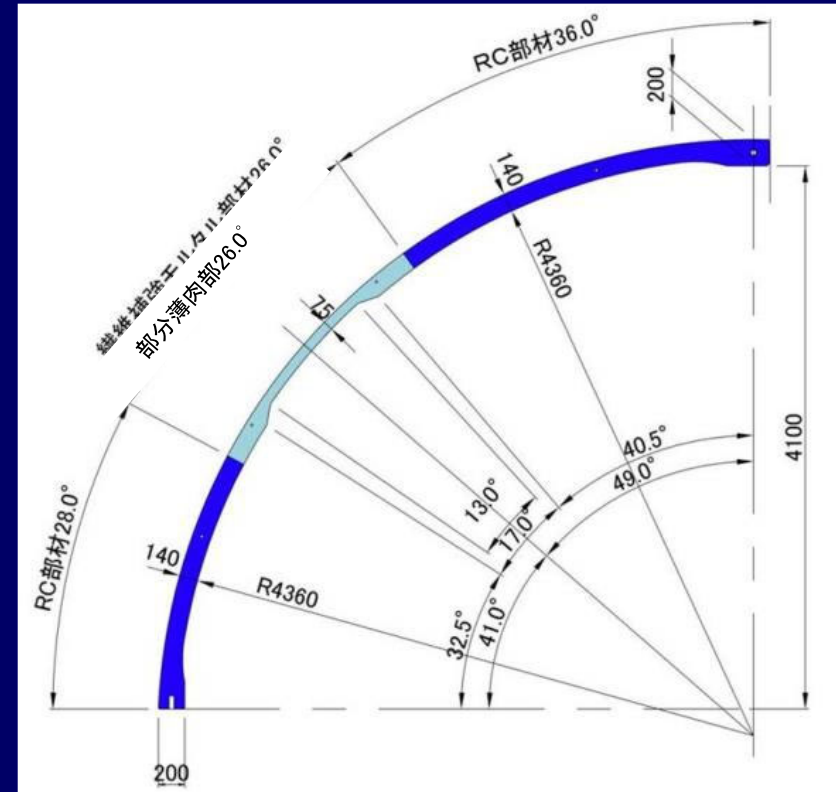


盤下げせず建築限界を確保



2. 工法の概要

2-5. 部分薄肉化PCL工法(版部材_例)



通常部
部材厚 $t=140\text{mm}$

鉄筋コンクリート構造

薄肉部
部材厚 $t=75\text{mm}$

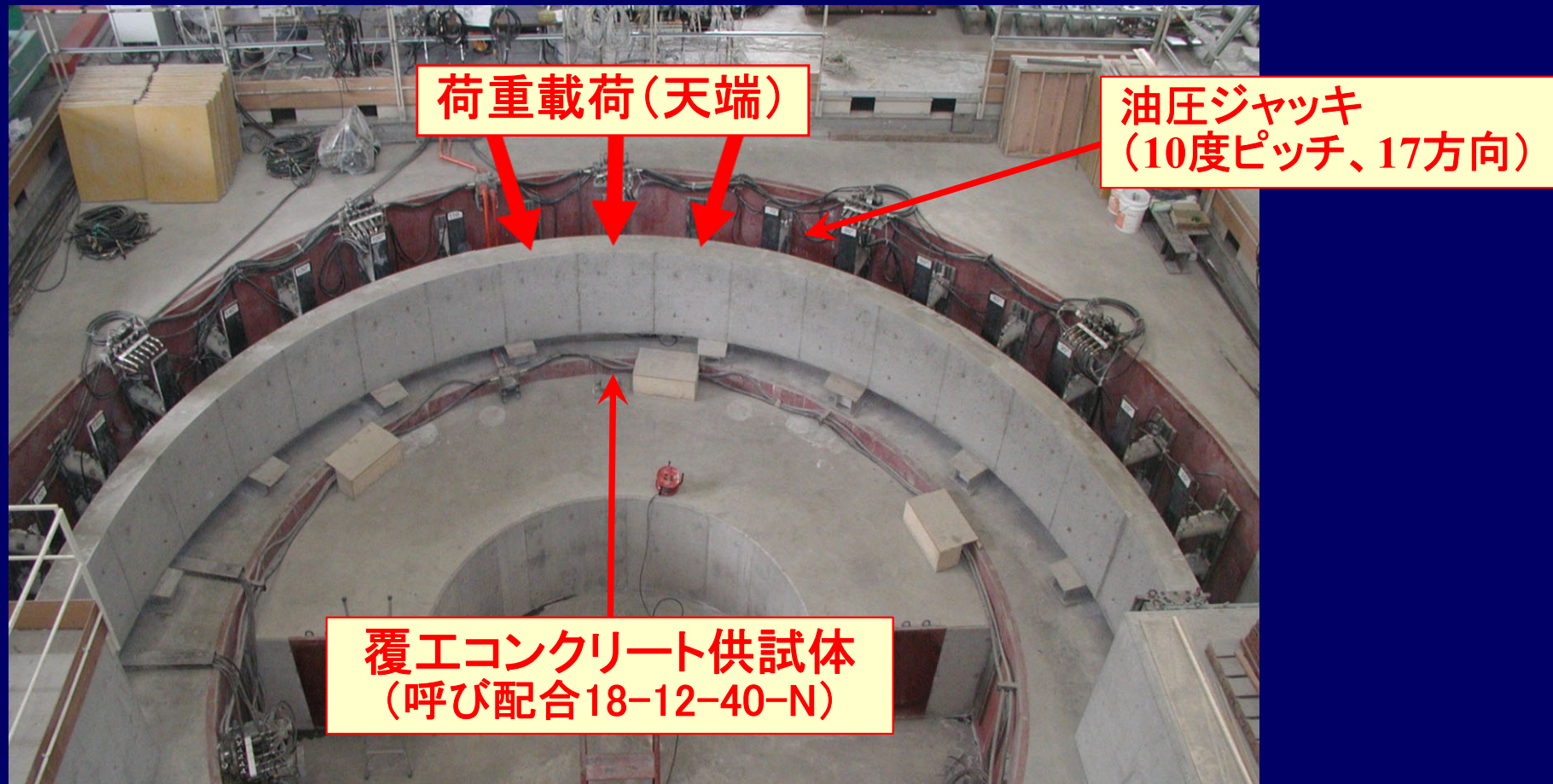
UFC(超高強度繊維補強コンクリート構造)製
または
鋼板とコンクリートの複合構造

2. 工法の概要

2-6. 部分薄肉化PCL工法(共同研究)

① 覆工、実物大の载荷実験

- ・覆工形状: 厚0.30m、外径 ϕ 9.7m、軸方向1m (2車線道路トンネルの覆工を想定)
- ・载荷形式: 上方の地山が緩んで覆工天端に荷重を受ける場合を想定



2. 工法の概要

2-6. 部分薄肉化PCL工法(共同研究)

②部分薄肉化PCL版、実物大の載荷試験

- ・前頁の実験で損傷を与えた覆工を部分薄肉PCL版で補強し載荷試験
- ・部分薄肉化PCL版の部材厚は、肩部75mmで肩部以外は140mm

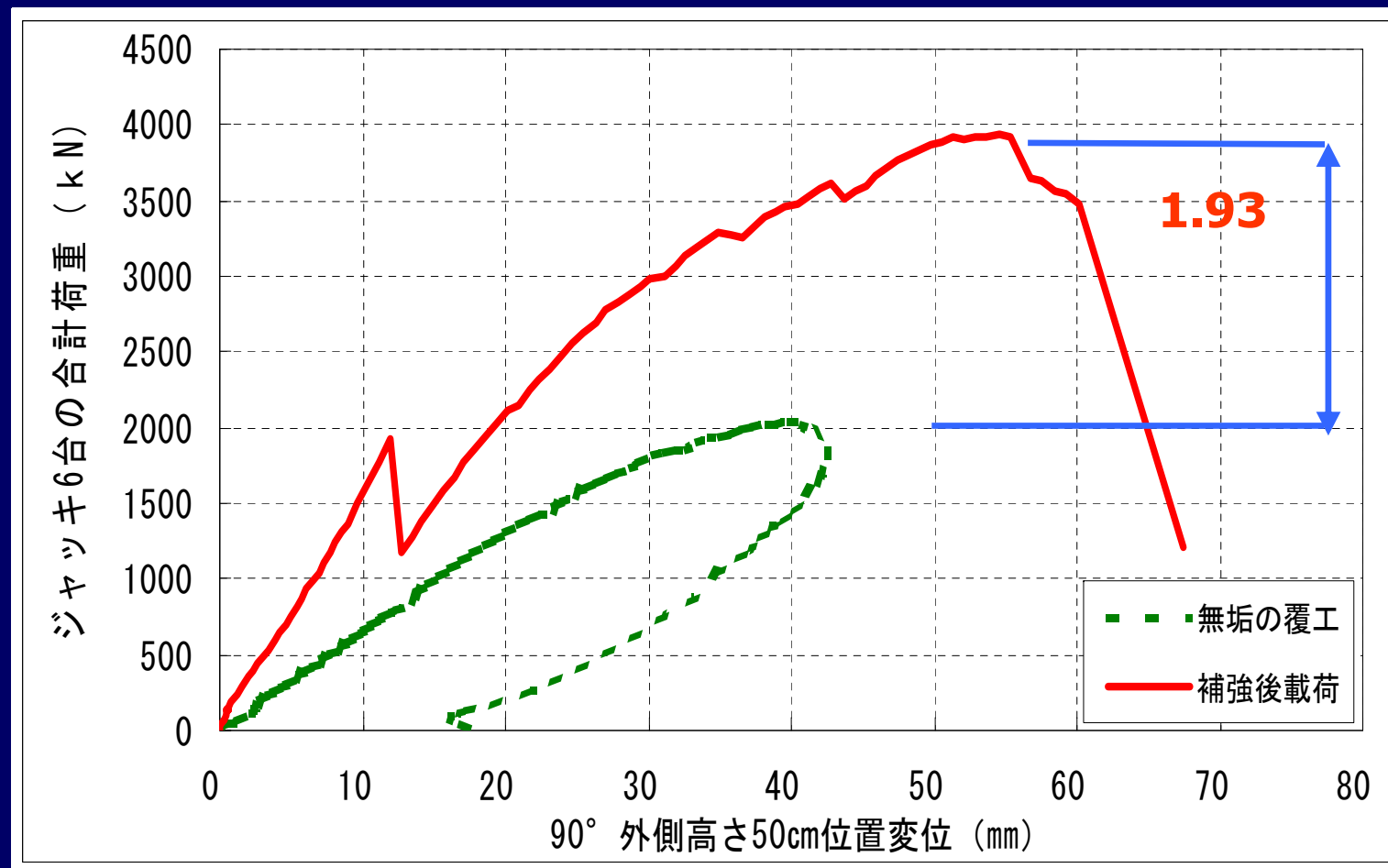


2. 工法の概要

2-6. 部分薄肉化PCL工法(共同研究)

③ 載荷試験結果

損傷を受ける前の覆工 ($t=300\text{mm}$ 、圧縮強度 18 N/mm^2) と比較して、
耐力が 約1.9倍向上することを確認



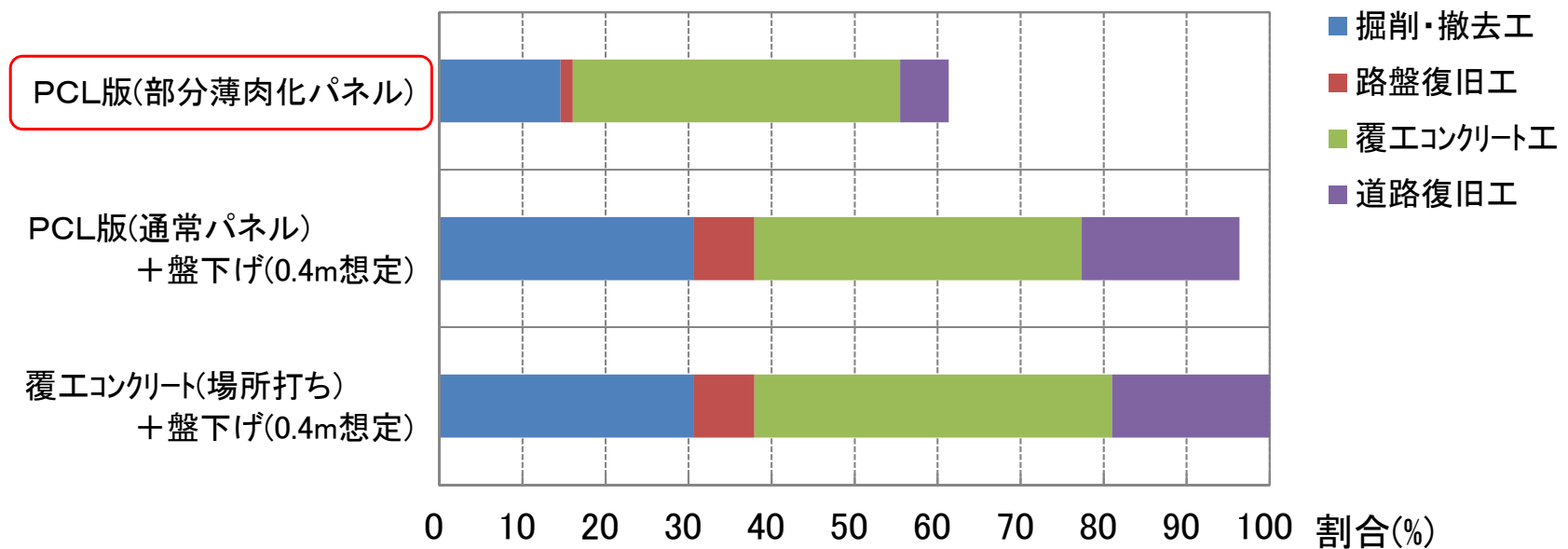
2. 工法の概要

2-7. 部分薄肉化PCL工法(工期の比較_例)

【想定した比較条件】

- ・内巻き延長L=30.0m
- ・盤下げ施工区間90.0m(摺付け長を考慮)
- ・盤下げ高h=0.4m

大幅な工期短縮が可能



工期比較(例)

3. PCL工法の施工

3. PCL工法の施工

3-1. 施工フロー ①防水工・側壁工

防水工・側壁工



PCL版架設工



脚部根固め工



裏込め注入工

- ・既設覆工からの漏水・導水対策として、防水シートを施工
- ・側壁を現場打ちにて施工



3. PCL工法の施工

3-2. 施工フロー ②PCL版架設工

防水工・側壁工



PCL版架設工



脚部根固め工



裏込め注入工

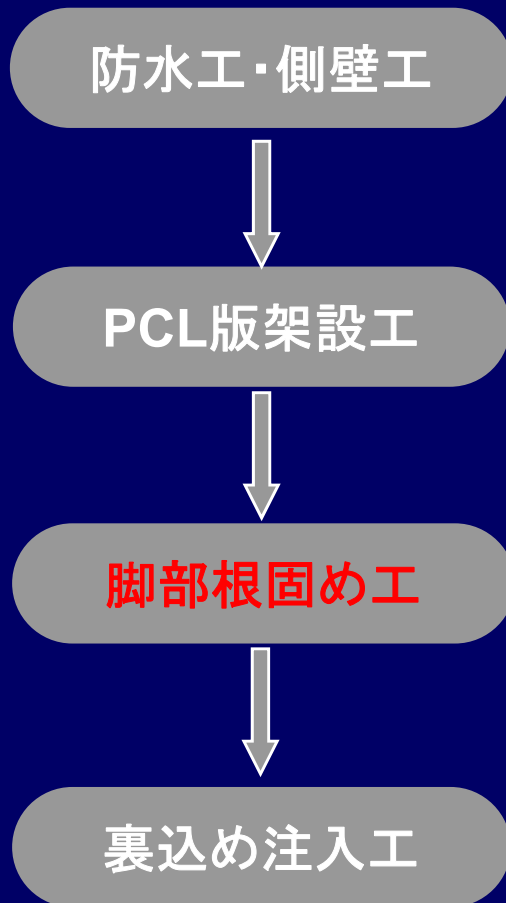
- ・現場条件に合わせた専用機械により
PCL版の架設



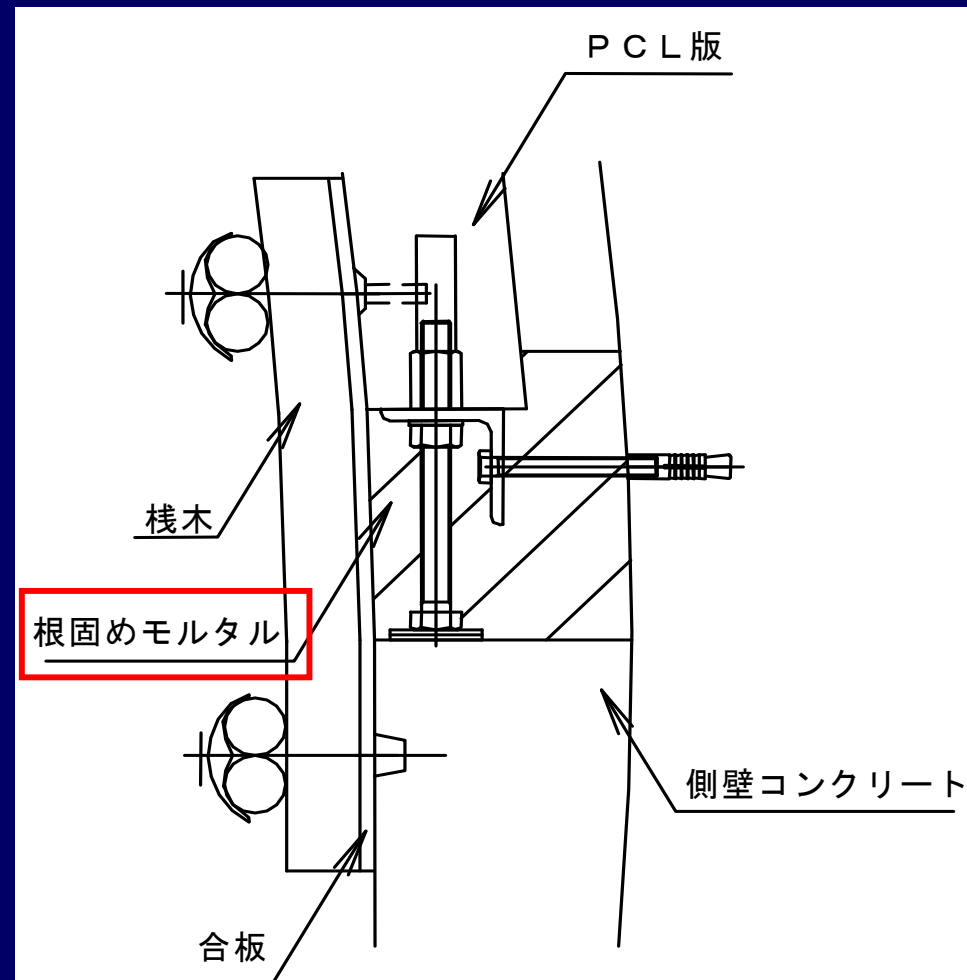
※) 写真はPCL工法の専用機械である
スピナー方式による施工例

3. PCL工法の施工

3-3. 施工フロー ③脚部根固め工

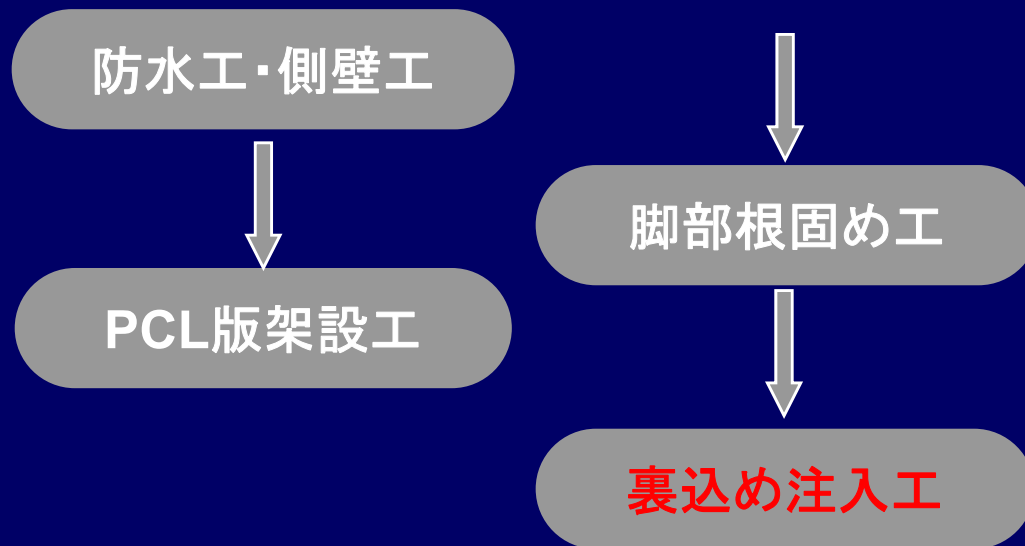


・PCL版脚部と側壁コンクリートの隙間に
モルタルを注入

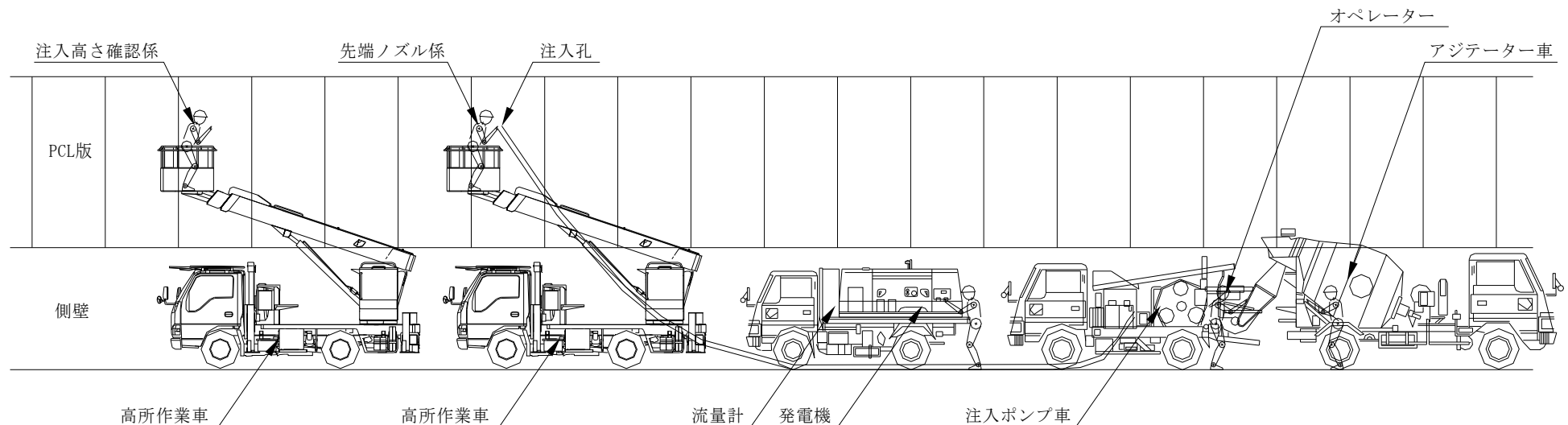


3. PCL工法の施工

3-4. 施工フロー ④裏込め注入工



- ・PCL版と既設覆工（防水シート）の隙間にエアモルタルを注入
- ・1回の注入高さは約1～1.5m程度



3. PCL工法の施工

3-5. PCL版の架設方式 ①スピナーーム方式



トンネル内でトラックより
直接荷取り



所定の位置に設置

3. PCL工法の施工

3-5. PCL版の架設方式 ①スピナーーム方式

(トレーラーからの荷取り状況)



3. PCL工法の施工

3-6. PCL版の架設方式 ②フォークリフト方式



トンネル外でクレーン
によりフォークリフト
架台に積み替え



トンネル内に自走して
搬入



所定の位置に設置

3. PCL工法の施工

3-6. PCL版の架設方式 ②フォークリフト方式

(トンネル坑口における架台設置状況)



3. PCL工法の施工

3-7. PCL版の架設方式

③ 自走式組立架台方式(タイヤ式・レール式)



トンネル外でクレーンにより自走式組立架台に仮組み



形状を保持しながらトンネル内に自走して搬入



所定の位置に設置

※ 交通遮断を行うことなく施工可能

4. 部分薄肉化PCL工法の実績 (どのように使われているのか)

4. 部分薄肉化PCL工法の実績

① 鳴子トンネル

- 宮城県大崎市内
- 平成22年6月
- 老朽化したトンネルの補修・補強
- R=4.3m、施工延長40m



② 田代トンネル

- 新潟県柏崎市内
- 平成22年10月
- 老朽化したトンネルの補修・補強
- R=4.1m、施工延長35m



4. 部分薄肉化PCL工法の実績

③ 採用経緯(鳴子トンネル)

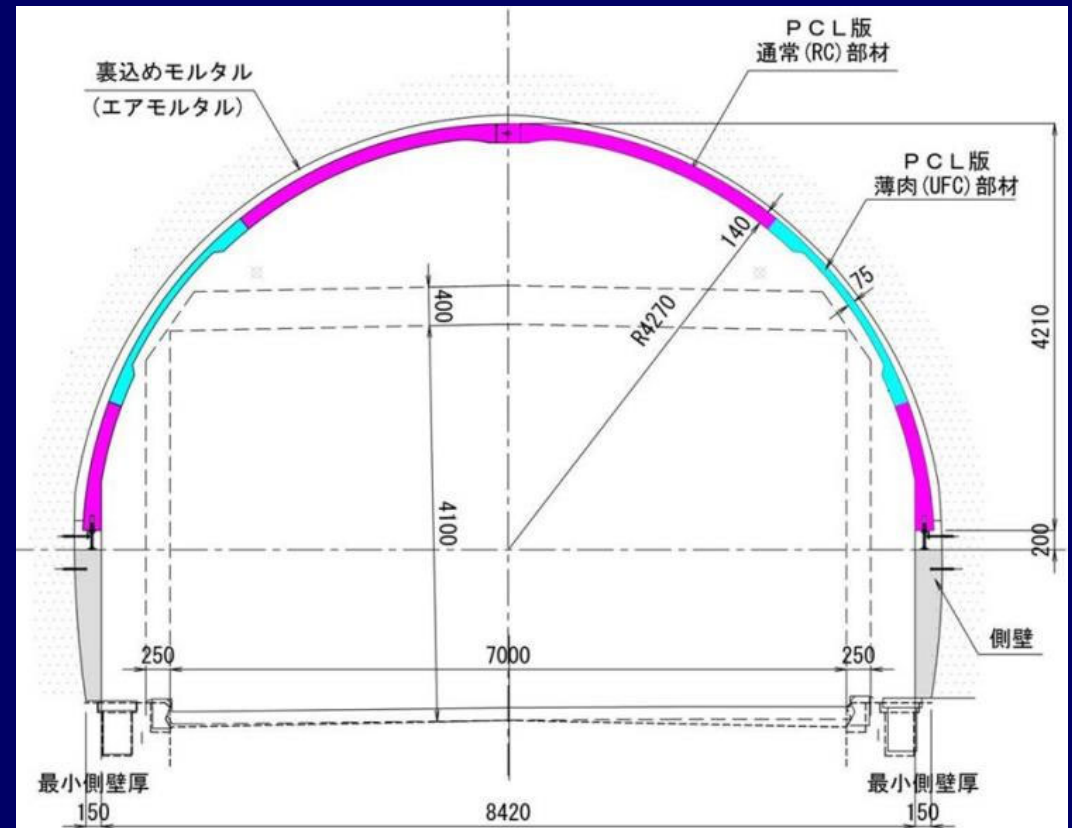
トンネル調査の結果、**覆工コンクリートの老朽化による劣化**が確認される



内巻補強対策としてPCL工法が検討される



トンネル内空断面に余裕がなく、道路横断勾配が片勾配になる箇所に通常のPCL版を設置すると、**建築限界**が確保できないため部分薄肉化PCL工法が採用された



標準断面図

4. 部分薄肉化PCL工法の実績

④ 施工状況(鳴子トンネル)



準備工



PCL版架設前に
脚部金具を仮付け



架設機械据付



PCL版架設工



根固め工



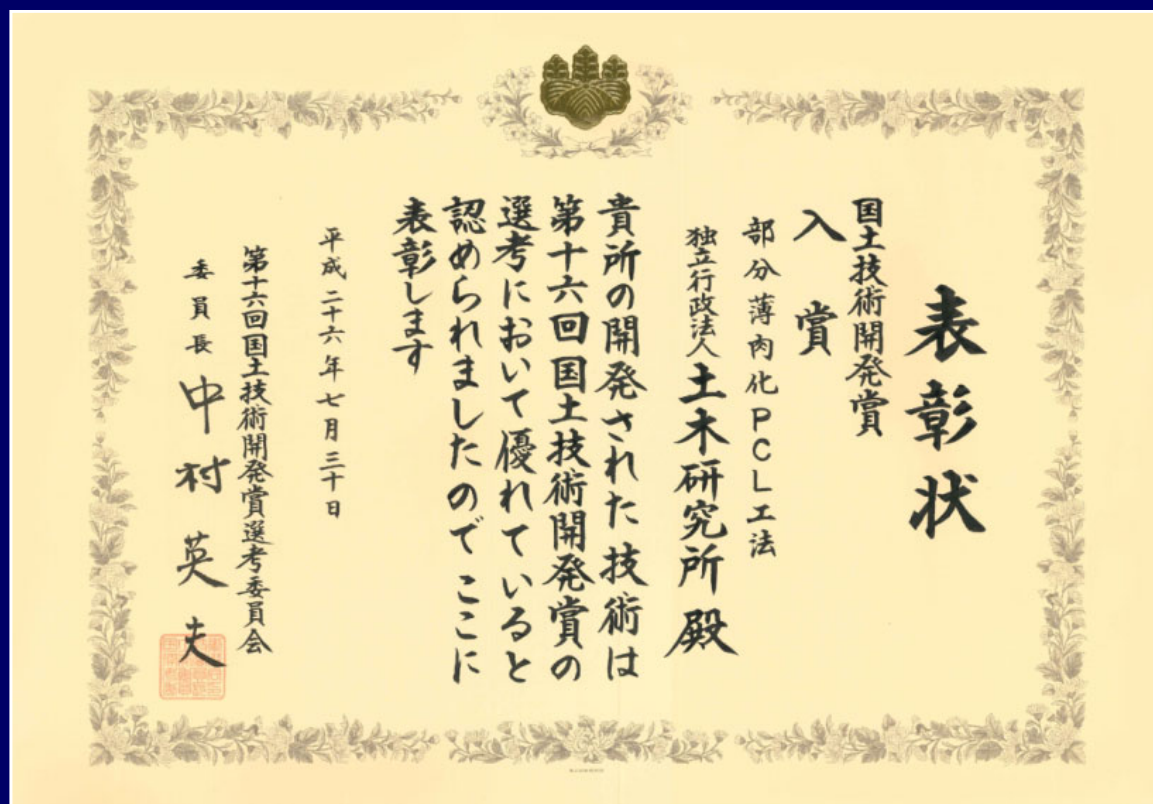
裏込め注入工



施工完了

国土技術開発賞 入賞

一般財団法人 国土技術研究センター・沿岸技術研究センター主催の「第16回(平成26年度)国土技術開発賞」において「部分薄肉化PCL工法」が入賞しました



部分薄肉化PCL工法への問い合わせ先

- 国立研究開発法人 土木研究所 つくば中央研究所
道路技術研究グループ トンネルチーム

☎ : 029-879-6791

- PCL協会(PCL協会事務局:(株)IHI建材工業内)

☎ : 03-6271-7240

または、ホームページ

PCL工法

検索

www.pcl-kyokai.com

協会加盟会社

(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)

御清聴ありがとうございました