

# 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

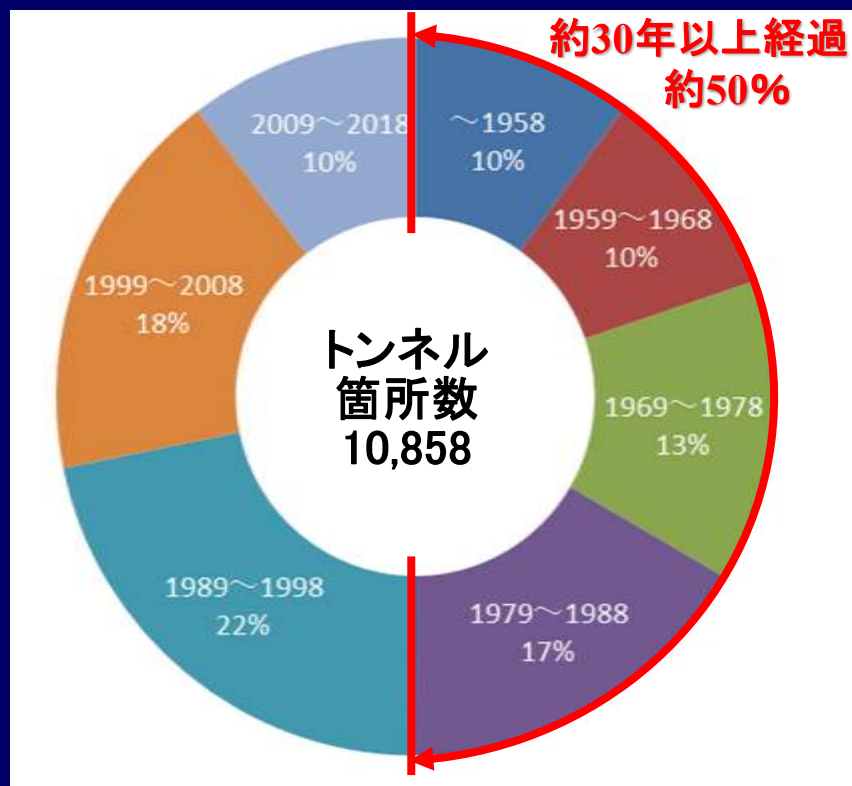
## 紹介内容 ー目次ー

1. 道路トンネルの現況
2. 用途・概要(どのようなものなのか)
  - PCL工法とは
  - 部分薄肉化PCL工法とは
3. 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

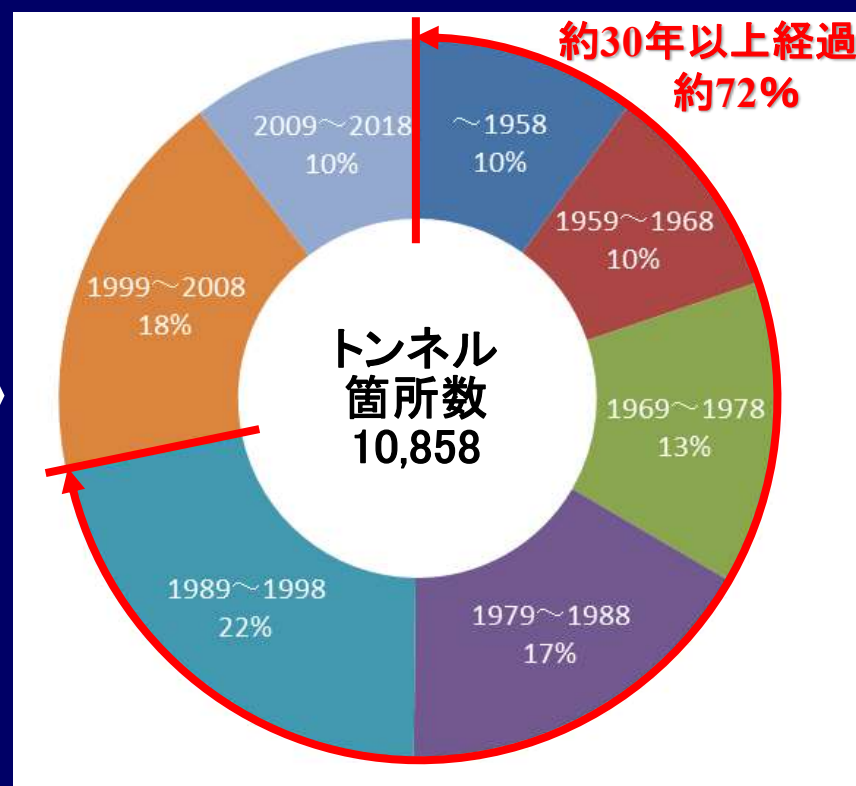
# 1. 道路トンネルの現況

## 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

## トンネルの変状事例(外力作用によるもの)

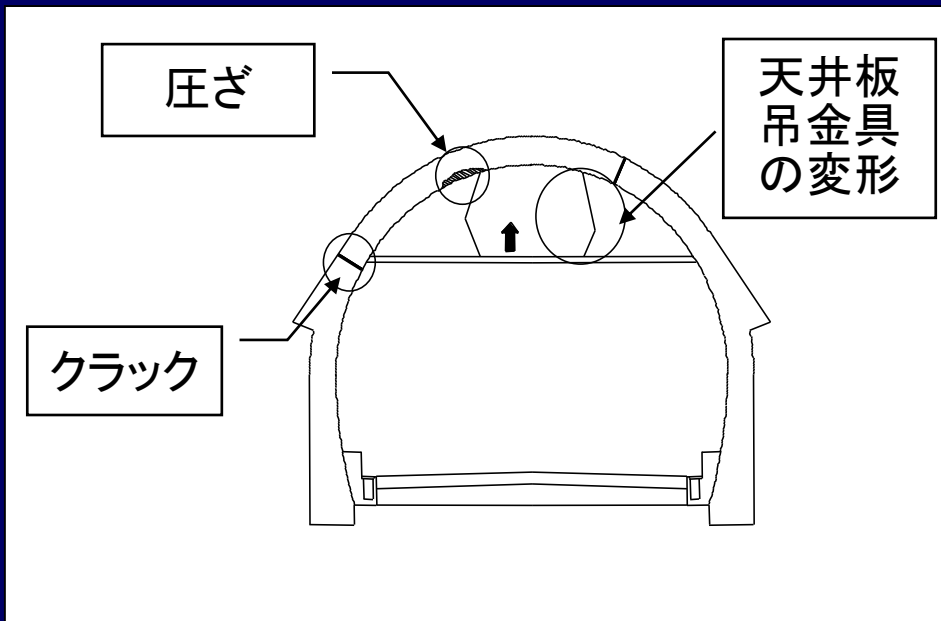
〇〇〇トンネル (約L=2500m)

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)



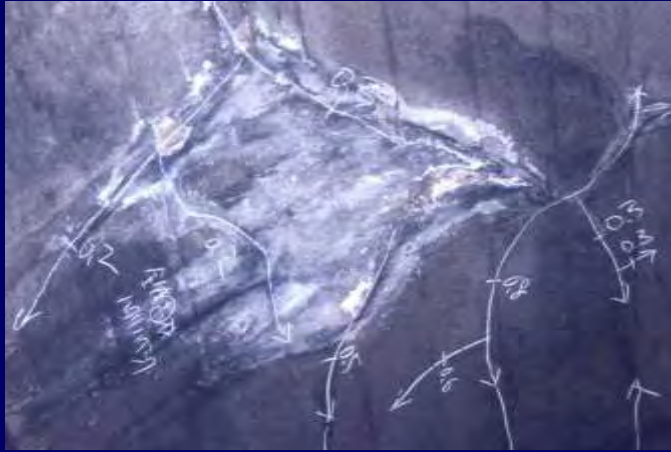
【対策工】

覆工の打直しの実施



# 1. 道路トンネルの現況

変状事例(ひび割れによるブロック化⇒はく落の原因)



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

## 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3つに分類される

変状の  
度合

大

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

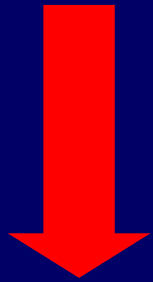
小

3. 漏水・凍結対策

# 1. 道路トンネルの現況

## 本工法の開発の背景

### ●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)

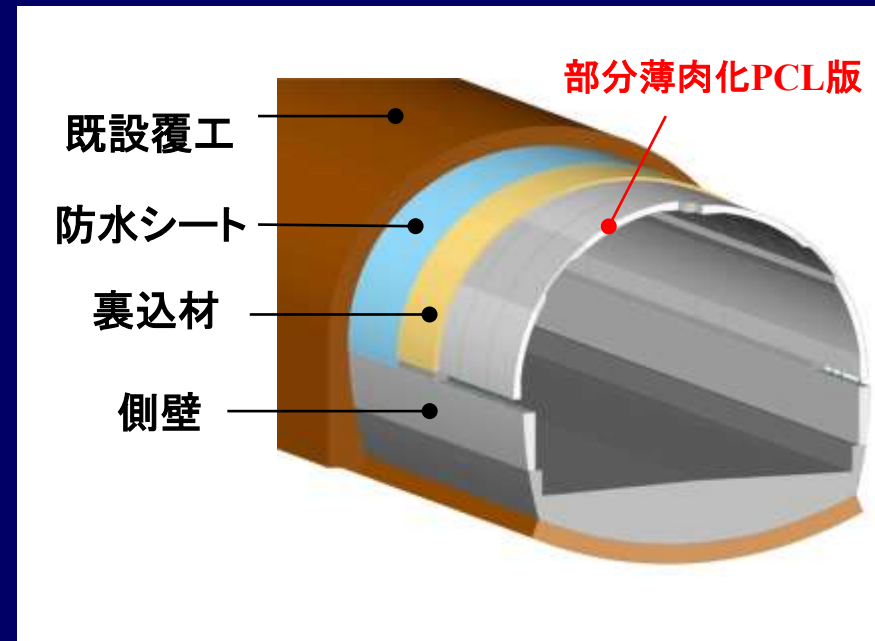
薄肉でも十分な補強効果が得られる  
新補強技術の開発

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. 用途・概要 ①PCL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 トンネル内部での**専用重機**による据付け
- ④ **片側交互交通開放下**による施工が可能  
(日々施工完了後、全面開放が可能)



①施工写真



②完成写真

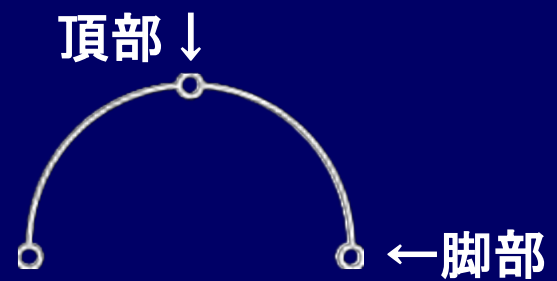


③完成写真

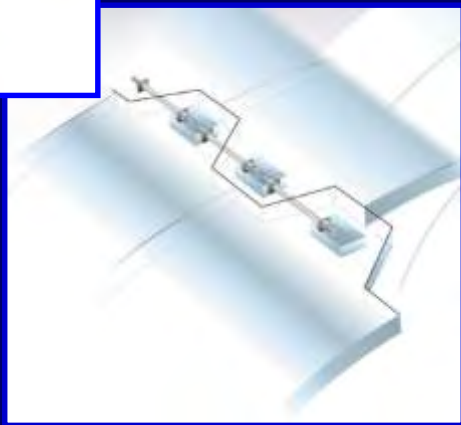
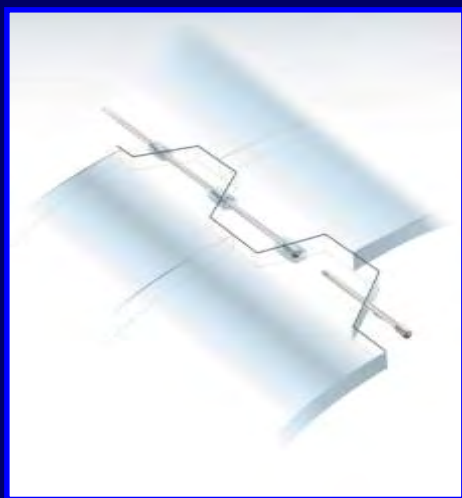


## 2. 用途・概要 ②構造

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

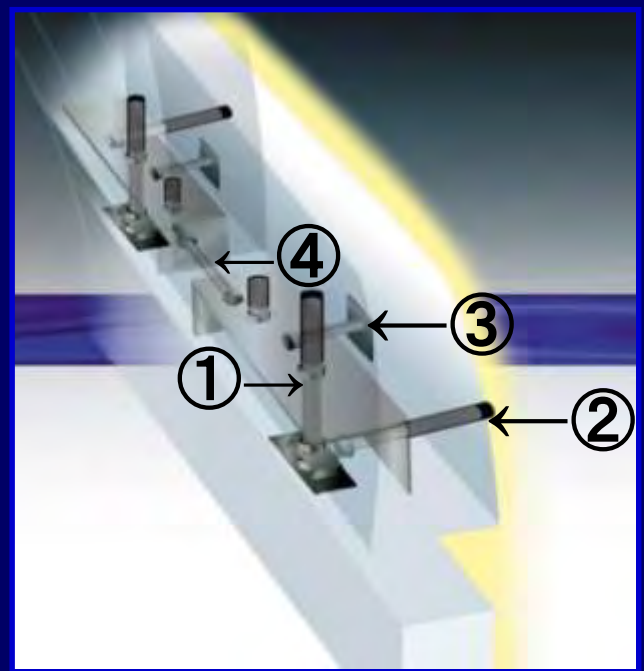


●天頂部 連結ボルトにより固定



●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押しボルト
- ④脚部連結ボルト



## 2. 用途・概要 ③施工フロー

- ・既設覆工からの湧水・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

防水工・側壁工

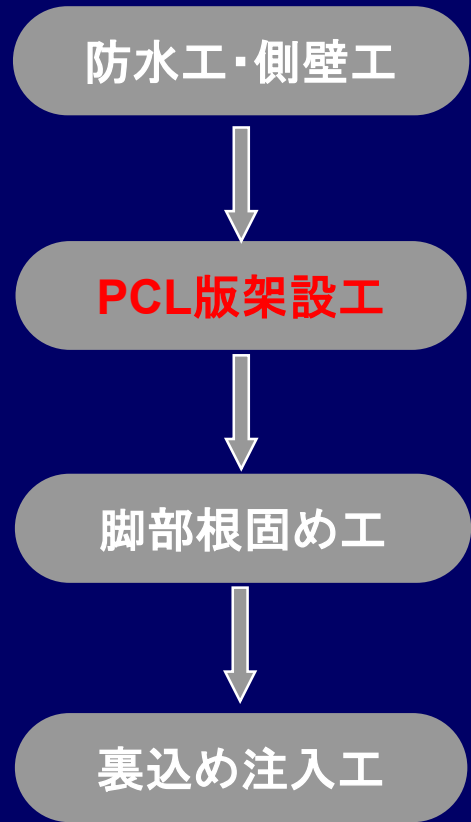
PCL版架設工

脚部根固め工

裏込め注入工



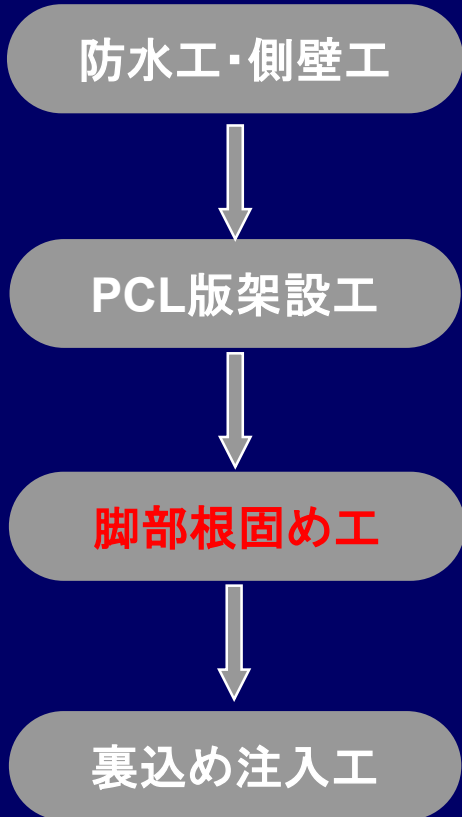
## 2. 用途・概要 ③施工フロー



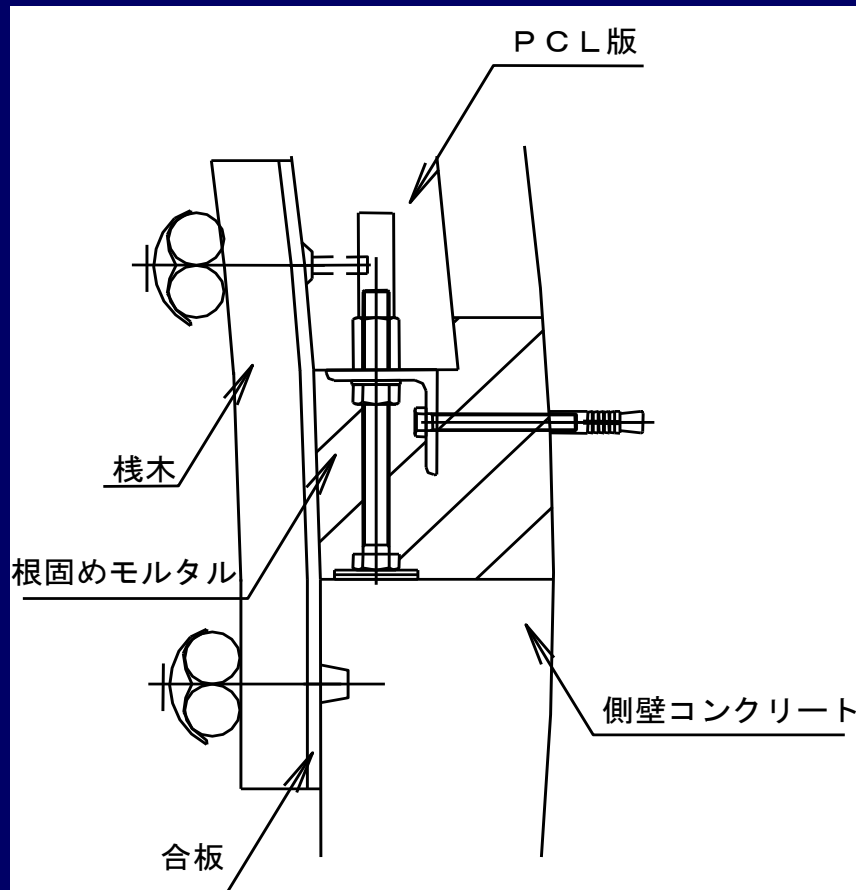
・現場条件に合わせた専用機械によるPCL版の架設(片側交互通行規制による)  
(写真はスピナーーム方式による施工)



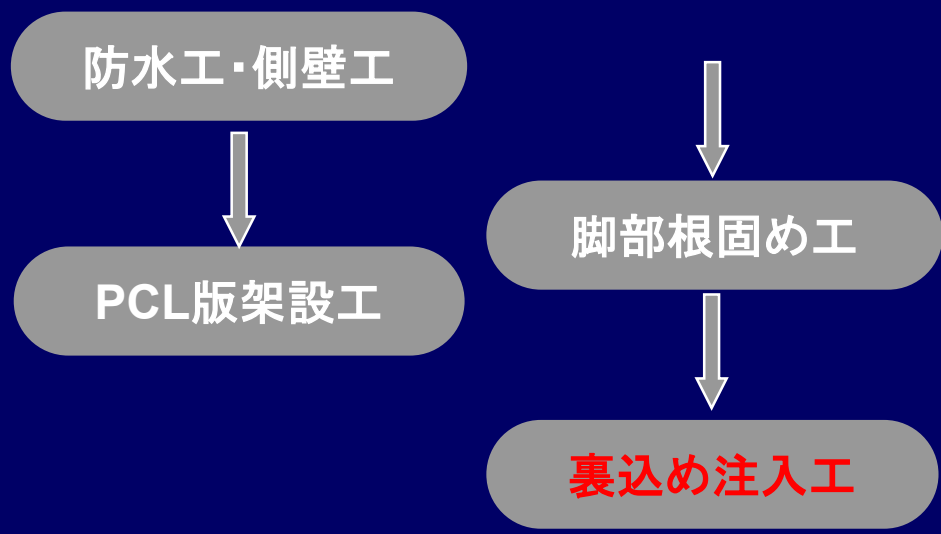
## 2. 用途・概要 ③施工フロー



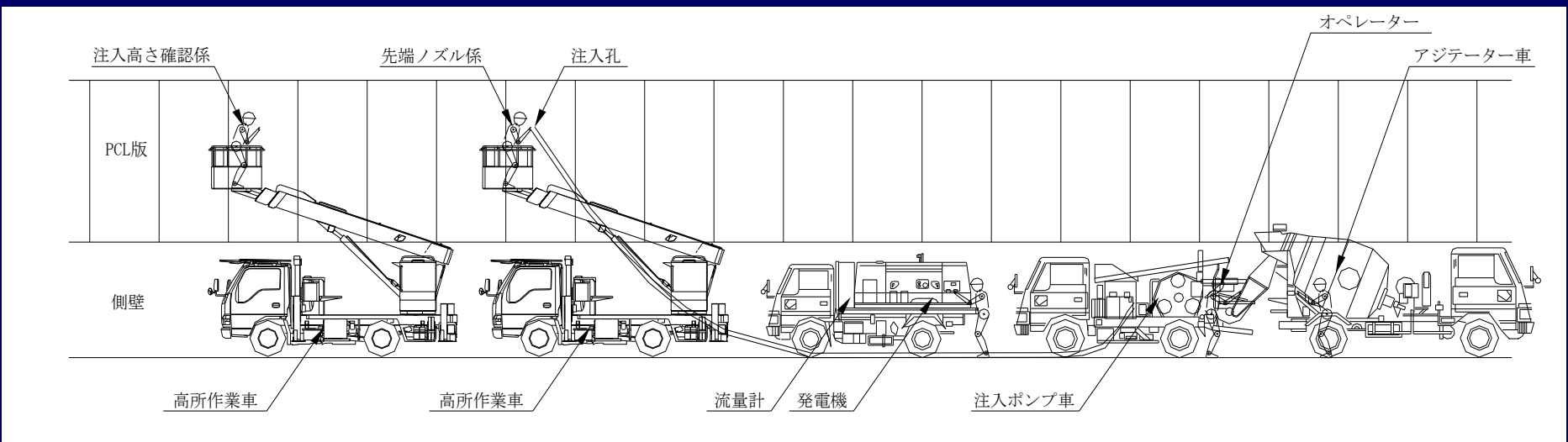
・PCL版設置後の脚部の隙間にグラウトホールよりモルタルを注入し保護する



# 2. 用途・概要 ③施工フロー



- ・PCL版の裏側の隙間にグラウトホールよりエアモルタルを注入
- ・1回の注入高さは約1~1.5m程度



## 2. 用途・概要 ④PCL版架設方法(例)

### 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

(交通規制条件によってはトンネル外で荷取りしてトンネル内に搬入する場合も有り)



所定の位置に架設



## 2. 用途・概要 ④PCL版架設方法

スピナーーム方式

据付時の駆動状況



## 2. 用途・概要 ④PCL版架設方法

### 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



所定の位置に架設

## 2. 用途・概要 ④PCL版架設方法

### 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



所定の位置に架設

※ 交通遮断を行うことなく施工可能

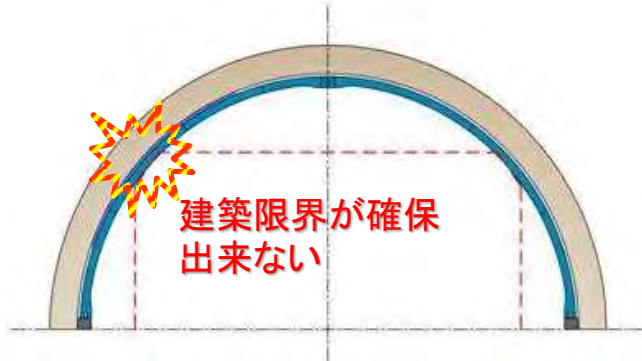


## 2. 用途・概要 ⑤部分薄肉化PCL工法とは

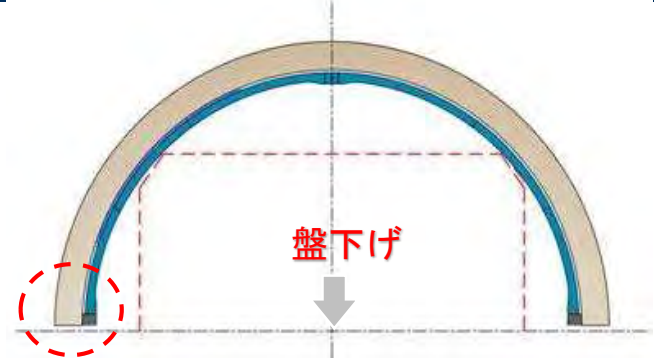
建築限界を侵す場合にトンネル肩部のみを薄肉化したPCL版を用いた工法

- ◆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する

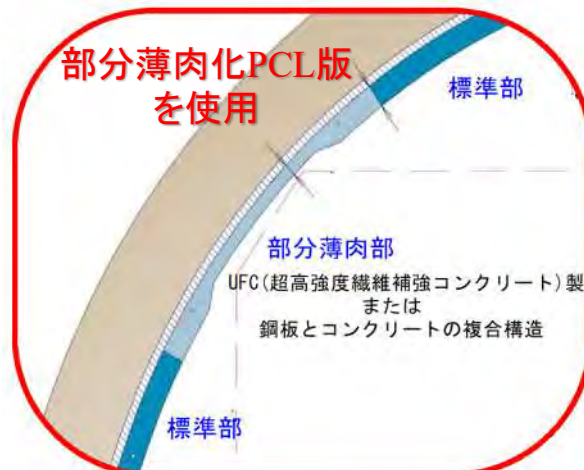
現状では建築限界確保が困難



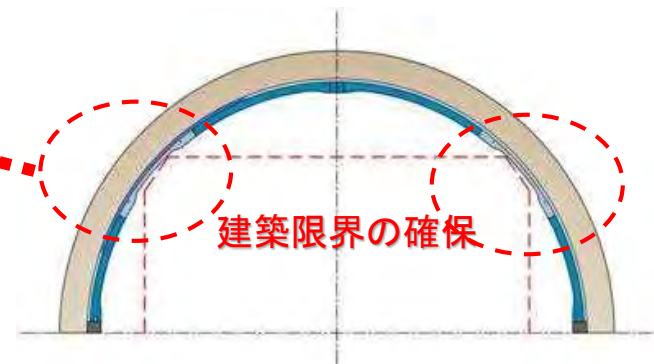
確保のため、盤下げする必要



部分薄肉化PCL版  
を使用

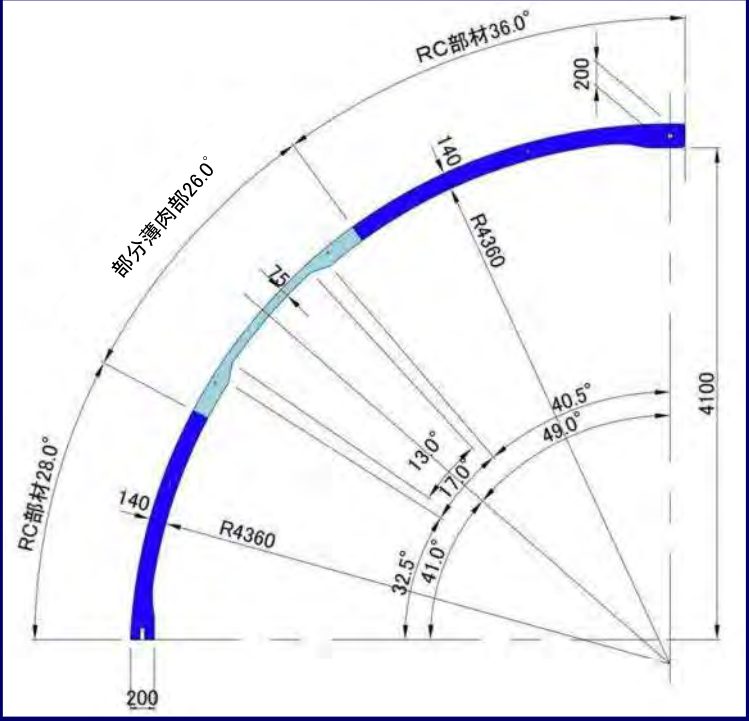
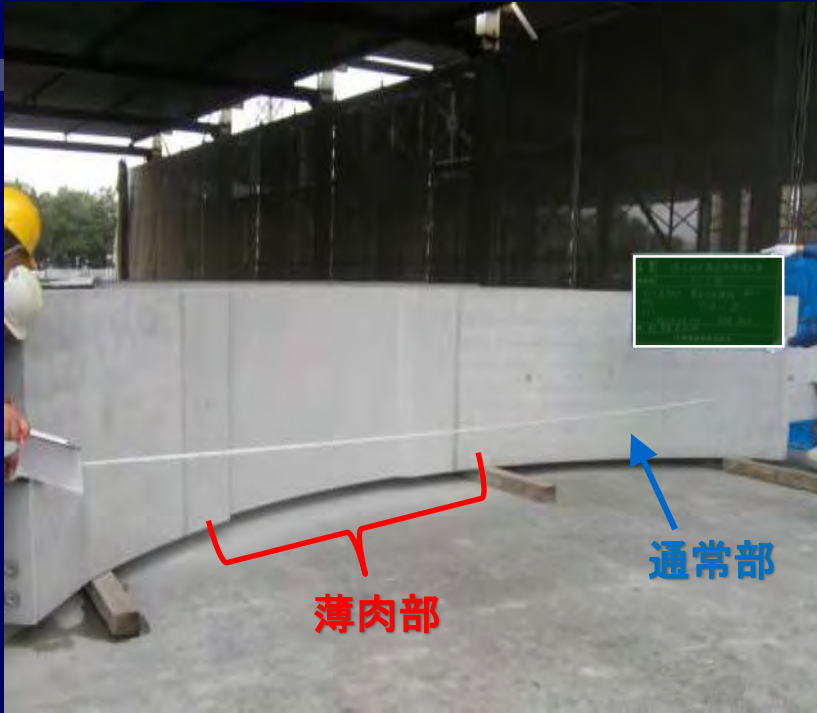


盤下げせず建築限界を確保



# 2. 用途・概要 ⑤部分薄肉化PCL工法とは

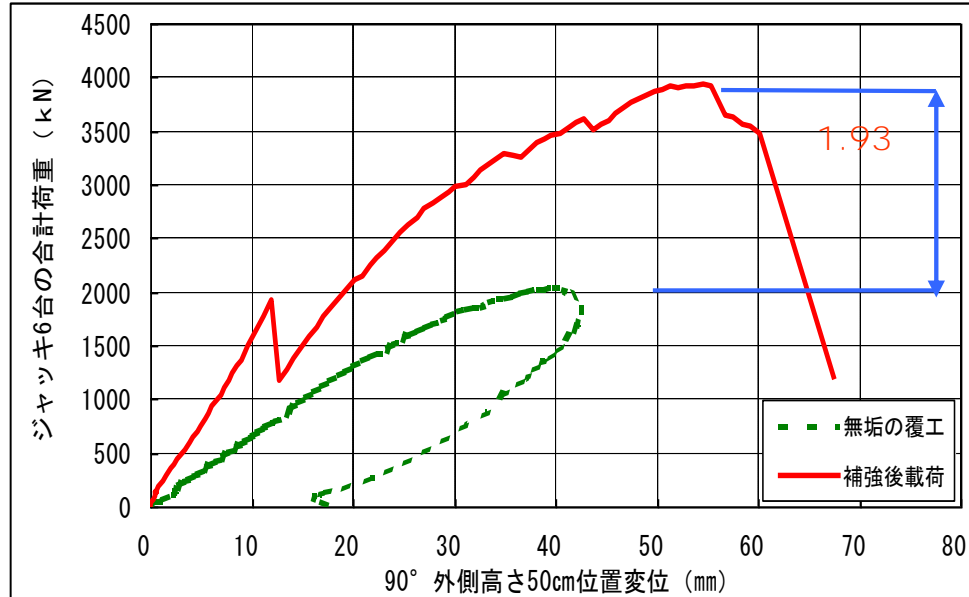
※) 部分薄肉化PCL版の<例>



通常部	薄肉部
部材厚 $t=140\text{mm}$	部材厚 $t=75\text{mm}$
鉄筋コンクリート構造	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. 用途・概要 ⑤部分薄肉化PCL工法とは

- 損傷を受ける前の覆工 (300mm、圧縮強度18 N/mm<sup>2</sup>) と比較して、  
耐力が 約1.9倍向上することを確認

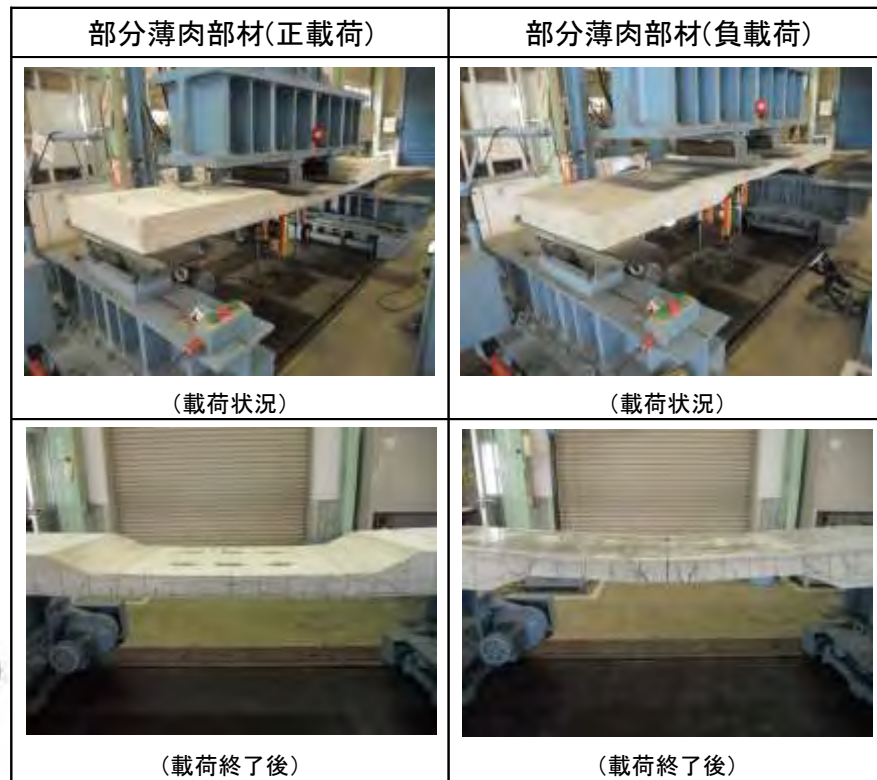
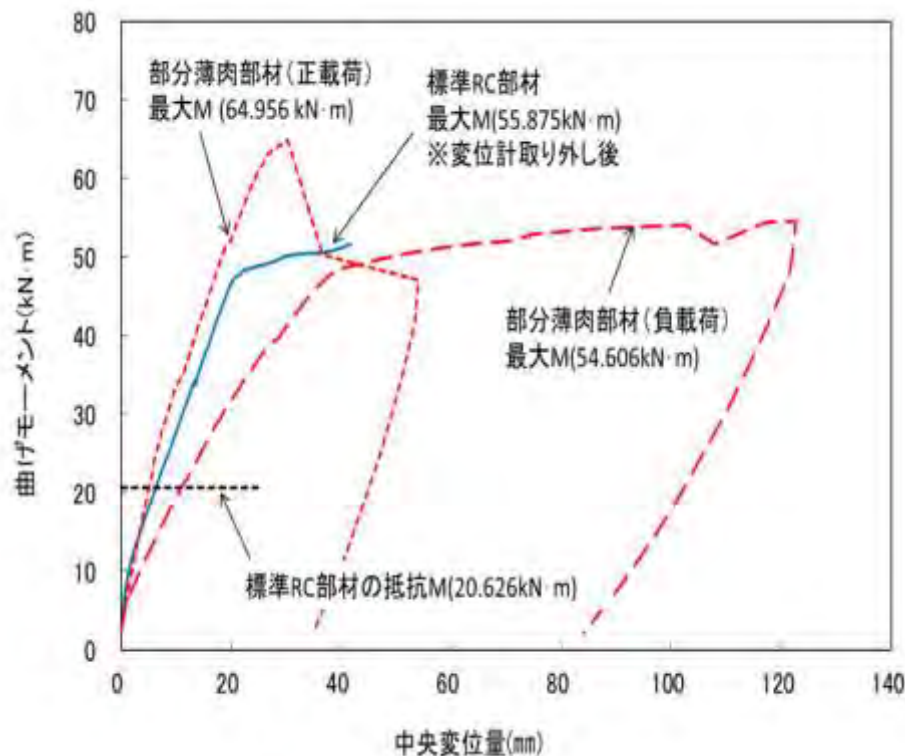


部分薄肉化PCL版を用いたトンネル補強工法  
実物大載荷試験結果



## 2. 用途・概要 ⑤部分薄肉化PCL工法とは

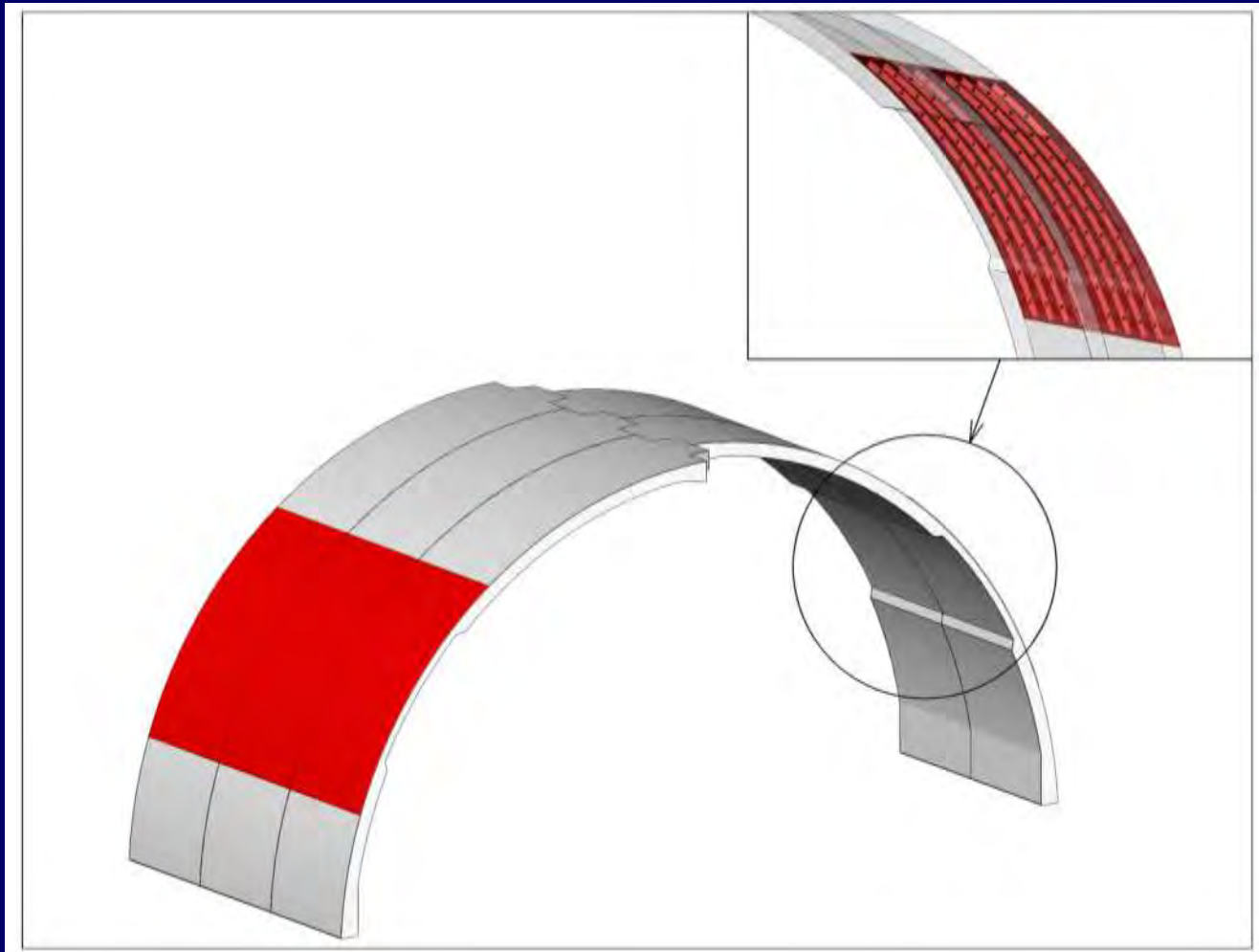
- 正載荷(鋼板下側)においては終局モーメントが標準RC部材を上回った。
- 負載荷(鋼板上側)では標準RC部材と比較して剛性が小さくなるものの、終局モーメントは同等の値であり、靱性変形に富んだ挙動を示した。



部分薄肉化PCL版、鋼板とコンクリートの複合構造  
曲げ性能試験結果

## 2. 用途・概要 ⑤部分薄肉化PCL工法とは

※) 鋼板とコンクリートの複合構造例

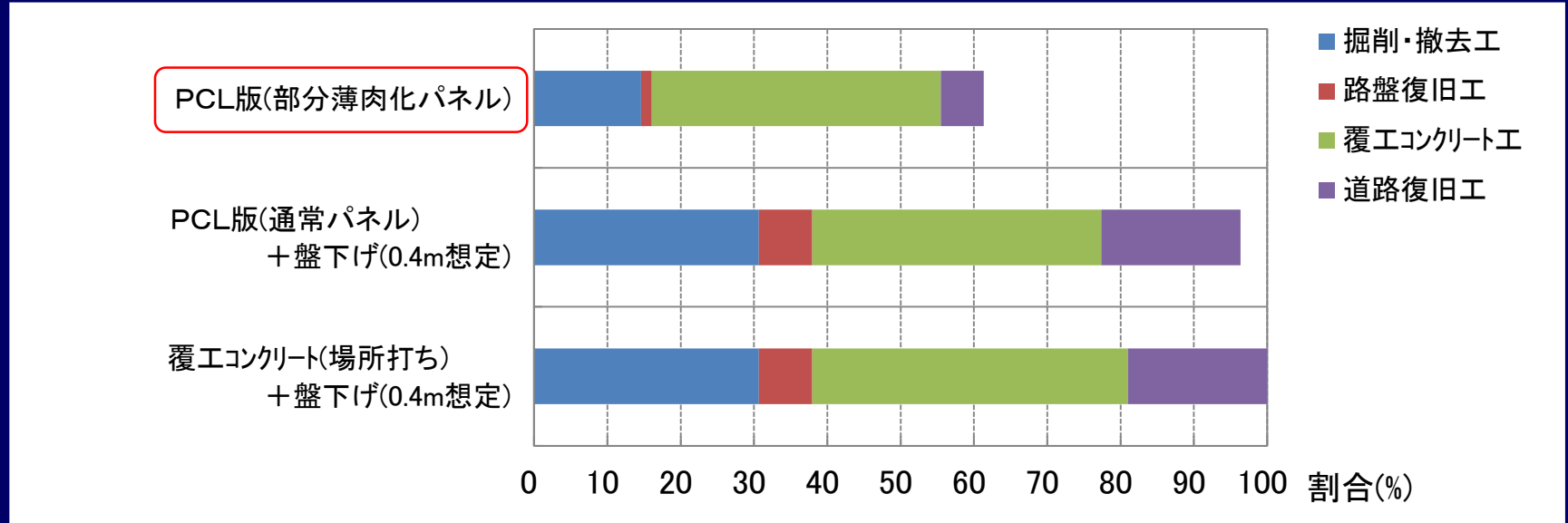


# 2. 用途・概要 ⑤部分薄肉化PCL工法とは

## 工期の比較(例)

大幅な工期短縮が可能

- 【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



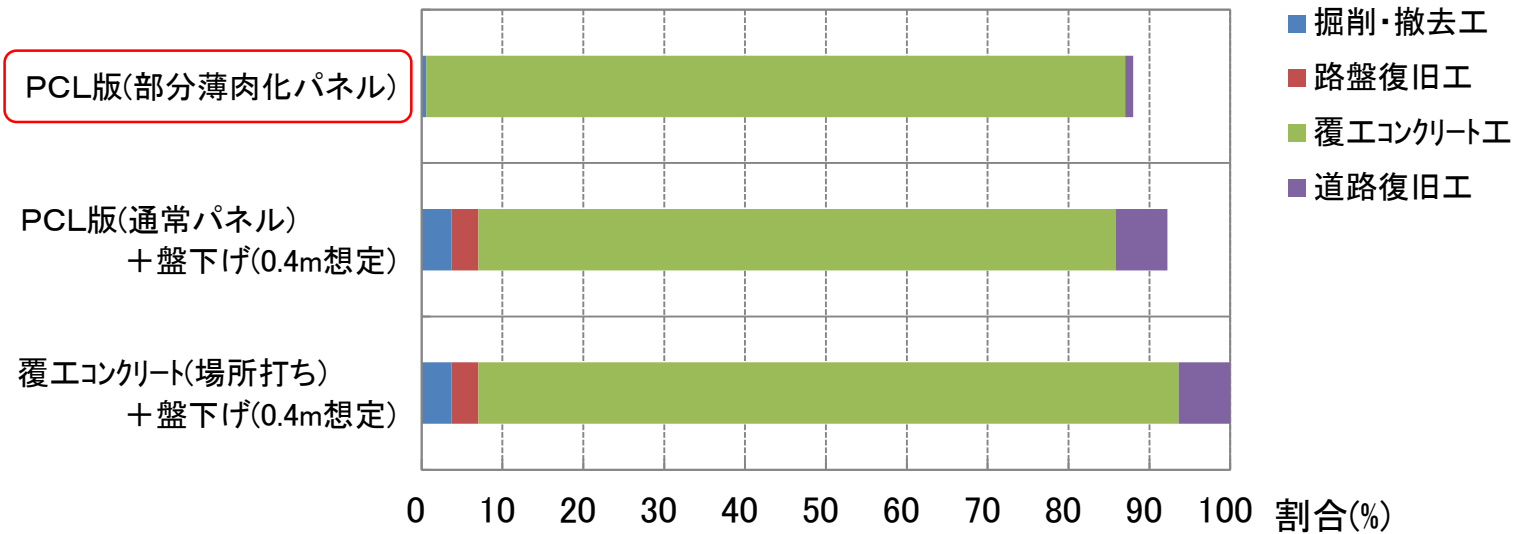
工期比較(例)

## 2. 用途・概要 ⑤部分薄肉化PCL工法とは

### コストの比較(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



### トータルコスト比較(例)

# 3. 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



# 3. 部分薄肉化PCL工法の実績

## 採用経緯(鳴子トンネル)

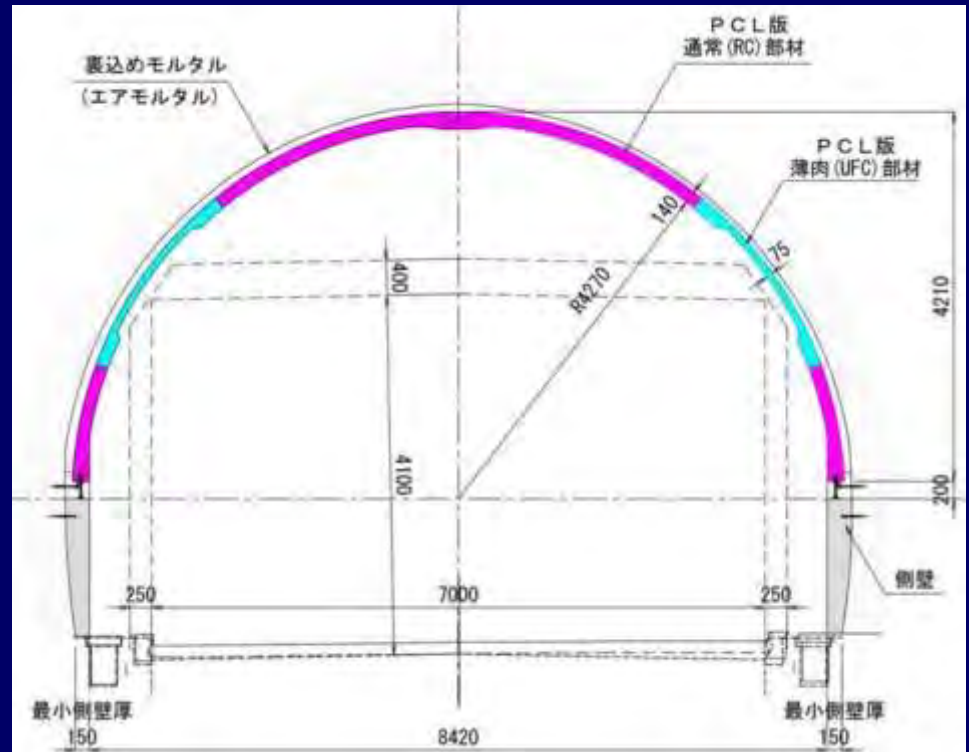
トンネル調査の結果、覆工コンクリートの老朽化による劣化が確認される



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



# 3. 部分薄肉化PCL工法の実績

## 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

②施工中

# 3. 部分薄肉化PCL工法の実績

## 施工状況(田代トンネル)



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

# 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

<http://pcl-kyokai.o.oo7.jp/>

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)