

トンネルの補強技術 (部分薄肉化PCL工法)



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

本日の紹介内容 目次

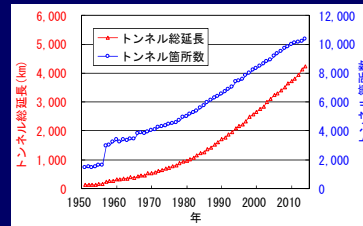
1. 道路トンネルの現況
2. 用途・概要(どのようなものなのか)
 - PCL工法とは
 - 部分薄肉化PCL工法とは
3. 実績(どのような使われ方なのか)
 - 実績
4. その他
5. 問い合わせ先

道路トンネルの現況

道路トンネルの現況

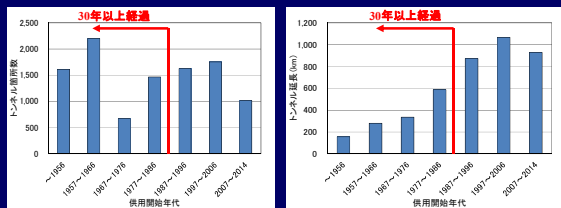
トンネル箇所数・供用延長

全国の道路トンネル延長は年々増加
(平成26.4現在:箇所数10,346箇所・延長4,229km)



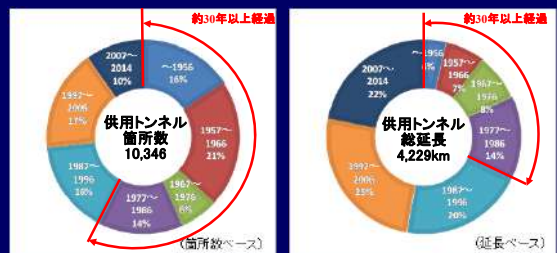
道路トンネルの現況

供用年代別 トンネル箇所数・供用延長



道路トンネルの現況

供用年代別トンネル割合



道路トンネルの現況

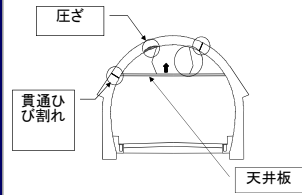
変状トンネルの事例(外力作用)

A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】

最終的にはこの区間の覆工の打直しの実施



7

道路トンネルの現況

変状トンネルの事例(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

8

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期待する対策効果の点から、

1. 外力対策

→トンネル補強技術

2. はく落防止対策

→トンネル補修技術

3. 漏水・凍結対策

の3つに分類される

9

道路トンネルの現況

トンネル補強技術の開発

●背景

・過大な土圧の作用によって変状したトンネルが存在



覆工コンクリートに対して各種の補強対策の実施

内空断面に余裕がない場合の十分な補強効果が
期待できる補強対策がない

●新しい補強技術

民提案型共同研究



載荷パターンを想定した実物大の載荷試験の実施
耐荷力および破壊形態を明らかにし補強効果を確認

薄肉で十分な耐荷力が確保できる補強工の開発

10

部分薄肉化PCL工法

●部分薄肉化PCL版を用いたトンネル補強工法

(国研)土木研究所
(株) IHI建材工業
日本コンクリート工業(株)
日本サミコン(株)
ジオスター(株)

11

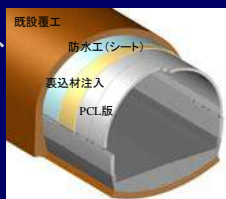
用途・概要

(どのようなものなのか)

12

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
- ②PCL版はアーチ構造で自立
- 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

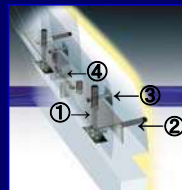
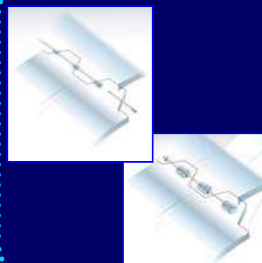
用途・概要 ②構造

トンネル上半を2分割のPCL版とした3ヒンジアーチ構造

●天頂部 連結ボルトにより固定

●脚部

- 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



用途・概要 ③施工フロー

防水工・側壁工

- ・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

PCL版架設工

脚部根固め工

裏込め注入工



用途・概要 ④施工フロー

防水工・側壁工

- ・専用機械による組み立て(片側交互通行規制による)
- (写真はスピンアーム方式による施工)

PCL版架設工

脚部根固め工

裏込め注入工



用途・概要 ⑤施工フロー

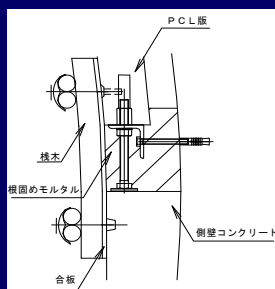
防水工・側壁工

- ・PCL版と側壁コンクリートの隙間にグラウトホールよりモルタルを注入

PCL版架設工

脚部根固め工

裏込め注入工



用途・概要 ⑥施工フロー

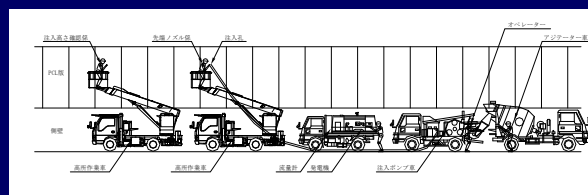
防水工・側壁工

- ・PCL版と既設覆工(防水シート)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

PCL版架設工

脚部根固め工

裏込め注入工



用途・概要 ⑦施工方式-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
(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

19

用途・概要 ⑧施工方式-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

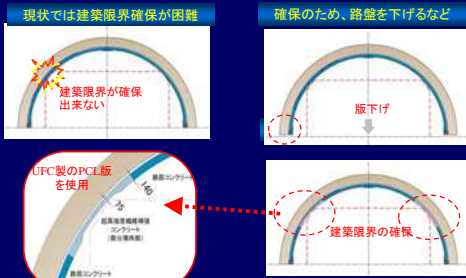
↓
所定の位置に架設

20

用途・概要 ⑨部分薄肉化PCL工法とは

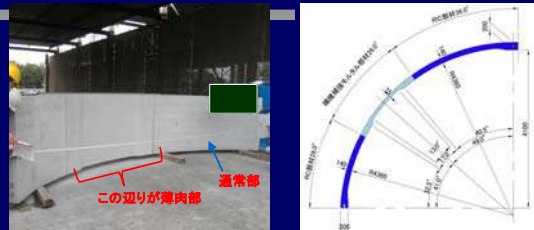
建築限界を侵す可能性の高いトンネル肩部のみを薄肉化した部分のPCL版を用いた工法

- ◆**内空断面に余裕がない場合でのPCL工法**
- ◆**薄肉部分に超高強度繊維補強コンクリート(UFC)を使用**



21

用途・概要 ⑩部分薄肉化PCL工法とは



通常部材	薄肉部材
部材厚 t=140mm	部材厚 t=75mm (140mm)
鉄筋コンクリート構造	UFCを用いた鉄筋コンクリート構造
$f_{ck} = 40N/mm^2$	$f_{ck} = 200N/mm^2$

22

用途・概要 ⑪部分薄肉化PCL工法とは

覆工コンクリート供試体(呼び配合18-12-40-N)

覆工厚30cm、外径φ9.7m、軸方向1m

(載荷形式):上方の地山が緩んで覆工天盤に荷重をかける場合を想定

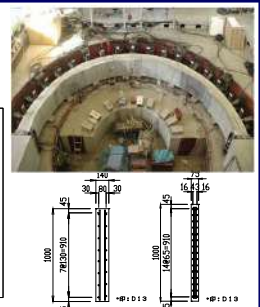
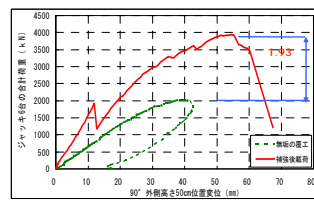


23

用途・概要 ⑫部分薄肉化PCL工法とは

●補強工:肩部は75mm
肩部以外は140mm

●損傷を受ける前の覆工(300mm、圧縮強度18 N/mm²)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
載荷試験結果

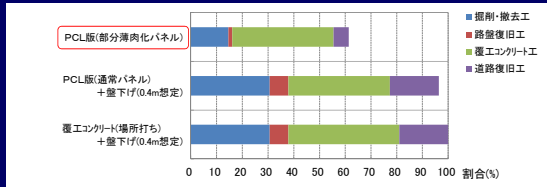
24

用途・概要 ⑬部分薄肉化PCL工法とは

工期の比較(例)

【想定した比較条件】
 ・内巻巻延長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

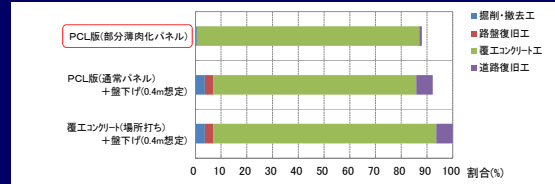


工期比較(例)

用途・概要 ⑭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】
 ・内巻巻延長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)

用途・概要 ⑮部分薄肉化PCL工法とは

特徴のまとめ

- 薄肉部に超強度繊維補強コンクリートを使用
- 盤下げなどを行わなければ建築限界が確保できない狭隘トンネル断面に適用可能
- これまでのPCL工法の施工方法はそのまま流用可能

他工法と比べて

- 優れた補強効果を有している(性能実験にて確認)
- 工期短縮・コストの縮減が可能

実績

(どのような使われ方なのか)

実績 ①どのような使われ方なのか

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
- 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



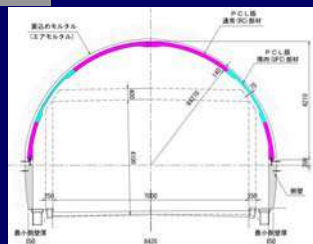
実績 ②どのような使われ方なのか

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

実績 ③どのような使われ方なのか

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

31

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

第16回(平成26年度)国土技術開発賞

表彰状

入賞者
国土技術研究センター
部分薄肉化PCL工法
国土技術研究センター
賞状の贈呈された技術は、
第十六回国土技術開発賞の
選考において優れてゐると
認められましたのでここに
表彰します。

平成26年11月15日

国土技術研究センター
理事長 中村 英夫

32

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: ㈱IHI建材工業内)
☎ : 03-6271-7327
または、ホームページ
www.pcl-kyokai.com

協会加盟会社
㈱IHI建材工業 ジオスター㈱
日本コンクリート工業㈱ 日本サミコン㈱

33

御清聴ありがとうございました

34