

富士川町トンネル長寿命化修繕計画



平成29年1月

富士川町 土木整備課

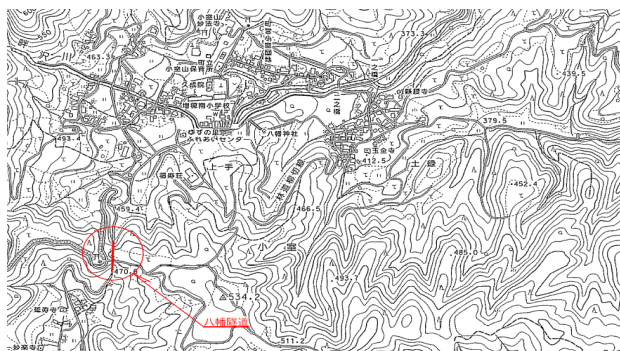
1. 長寿命化修繕計画策定の目的

富士川町で管理している八幡隧道は、建設後60年以上が経過しており、これまで道路パトロールとしてトンネルの変状の発見に努めてきた。今後も道路利用者の安全性や利便性、構造の機能を常に維持していくためには、予防的に修繕を行い利用者へ危険が及ぶのを未然に防ぐことが重要となっている。

平成26年3月の道路法改正により、道路トンネル等は5年に1度の点検実施が義務付けられたところである。八幡隧道においては、法定点検として初回となる定期点検を平成28年度に行った。この結果を受けトンネルを常に健全に保つため、簡易的なトンネル長寿命化修繕計画を策定することとした。

2. 富士川町が管理するトンネル

- ・トンネル名 : 八幡隧道（ハチマンズイドウ）
- ・路線名 : 町道仙洞田1号線
- ・延長・幅員 : L=111m・W=4.0m



3. 点検結果概要

点検の結果、早急に対策が必要な変状（健全性Ⅲ）および予防保全の観点から計画的に対策を必要とする変状（健全性Ⅱa）を抽出した結果が以下の表である。

④の変状について、内巻コンクリート区間を除く覆工コンクリート区間ではジャンカ箇所の劣化部からのはく落が懸念され、また素掘り区間では岩の風化によって生じたき裂からのはく落が懸念されるため、健全性はⅢと診断されており、早急な対策が必要である。

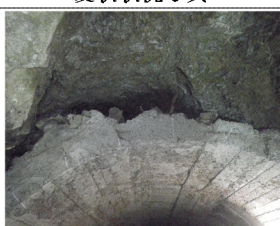
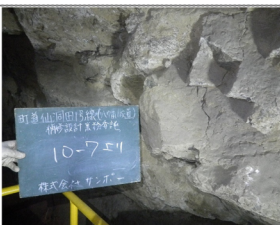
（早急な対策の目安は、次回点検までの5年以内と考える。）

しかしトンネル全長にわたる補修となるため、対策を行うには予算措置を講じる必要があり、対策工を比較検討し、補修工事も段階的に進めていく必要がある。

変状		箇所	健全性	選定された対策工
①	うき	起点側坑門	Ⅱa	はく落防止工
②	ひびわれ	起点側坑門	Ⅱa	Uカット充填工
③	覆工背面空洞	アーチ頂部	Ⅱa	裏込め注入工
④	うき・はく離	S002～S011	Ⅲ	対策工の比較検討*

次ページに点検結果概要（表1.1）を示す。

表1.1 点検結果概要

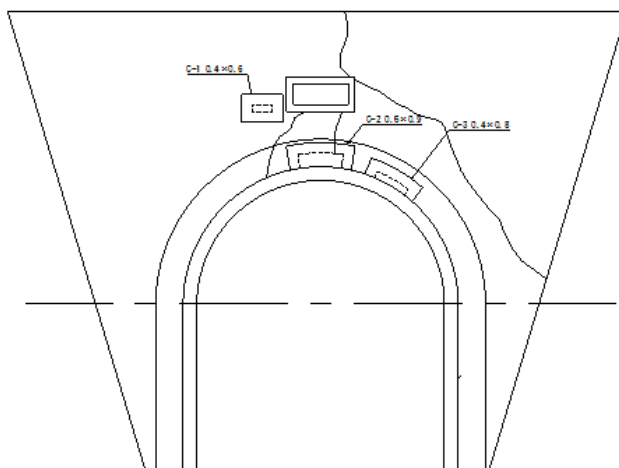
路線名	町道仙洞田1号線																							
トンネル名	八幡隧道																							
現況写真	起点側坑口		終点側坑口		トンネル内部	点検状況																		
																								
トンネル諸元	延長	111m	形式	山岳工法																				
	竣工年	1952	点検月	2016/8																				
	設計巻厚	覆工30cm(推定)、内巻20cm(推定)																						
	幅員	4.0m																						
	設備	照明																						
主な変状	変状状況写真		変状概要		判定	判定区分の目安																		
			アーチ頂部 覆工背面空洞 スパンS09 (最大高370mm)		Ⅱ a	<table><tr><td colspan="2">判定区分</td><td>定 義</td></tr><tr><td colspan="2">I</td><td>利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態</td></tr><tr><td rowspan="2">Ⅱ</td><td>Ⅱ b</td><td>将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態</td></tr><tr><td>Ⅱ a</td><td>将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態</td></tr></table>	判定区分		定 義	I		利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態	Ⅱ	Ⅱ b	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態	Ⅱ a	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態							
	判定区分		定 義																					
	I		利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態																					
	Ⅱ	Ⅱ b	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態																					
		Ⅱ a	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態																					
			坑門ひびわれ ・うき スパンPS (最大幅20mm)		Ⅱ a	<table><tr><td>Ⅲ</td><td>早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態</td></tr><tr><td>Ⅳ</td><td>利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態</td></tr></table>	Ⅲ	早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態	Ⅳ	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態														
	Ⅲ	早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態																						
	Ⅳ	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態																						
			素掘り地山 ひびわれ スパンS10		Ⅲ	<table><tr><td colspan="2">トンネル附属物の判定区分</td></tr><tr><td>異常判定区分</td><td>異常判定の内容</td></tr><tr><td>○</td><td>附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合</td></tr><tr><td>×</td><td>附属物の取付状態に異常がある場合</td></tr></table>	トンネル附属物の判定区分		異常判定区分	異常判定の内容	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合	×	附属物の取付状態に異常がある場合										
	トンネル附属物の判定区分																							
	異常判定区分	異常判定の内容																						
	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合																						
	×	附属物の取付状態に異常がある場合																						
			左アーチ ジャンカ スパンS02		Ⅲ	<table><tr><td colspan="3">トンネル全体の健全性評価の目安</td></tr><tr><td>区 分</td><td colspan="2">状 態</td></tr><tr><td>I</td><td>健 全</td><td>構造物の機能に支障が生じていない。</td></tr><tr><td>Ⅱ</td><td>予防保全段階</td><td>構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい。</td></tr><tr><td>Ⅲ</td><td>早期措置段階</td><td>構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき。</td></tr><tr><td>Ⅳ</td><td>緊急措置段階</td><td>構造物の機能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。</td></tr></table>	トンネル全体の健全性評価の目安			区 分	状 態		I	健 全	構造物の機能に支障が生じていない。	Ⅱ	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい。	Ⅲ	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき。	Ⅳ	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。
	トンネル全体の健全性評価の目安																							
区 分	状 態																							
I	健 全	構造物の機能に支障が生じていない。																						
Ⅱ	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい。																						
Ⅲ	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき。																						
Ⅳ	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。																						
点検結果概要	・アーチ頂部の空洞は、覆工全体の50～80%程度の広い範囲で認められるが、進行性は認められない。 ・起点側坑門頂部のひびわれは15～20mmと幅が大きい ・ジャンカ部・空洞部からの剥落や、素掘り部の風化による小岩塊の剥落が見られ、路側に堆積している。																							
健全性評価	・評価Ⅲ：覆工のジャンカ箇所、素掘り部の風化岩が剥落する可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある。 ・また空洞・坑門ひびわれ・うき（評価Ⅱ a）も予防保全の観点から対策を必要とする。																							

4. 今後の補修予定

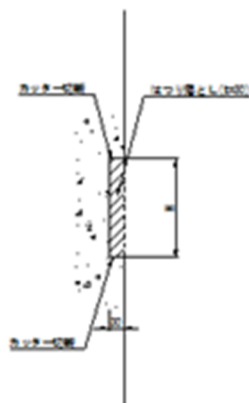
(1) 坑門剥落防止対策工

起点側坑門の銘板周辺には、ひびわれと同時に生じたと推測される「うき」が見られており、はく落して第三者災害を引き起こす可能性があるため、今回の補修設計対象とした。対策工法を検討し、はつり落とし+断面修復+あて板（繊維シート）工を選定した。

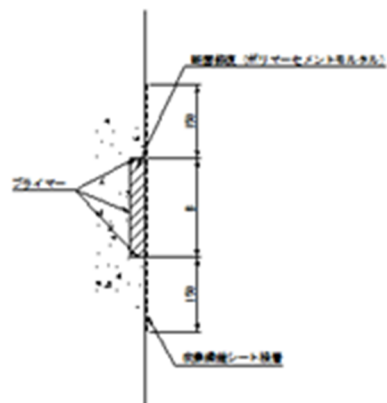
炭素繊維シート接着工 位置図 S=1:60



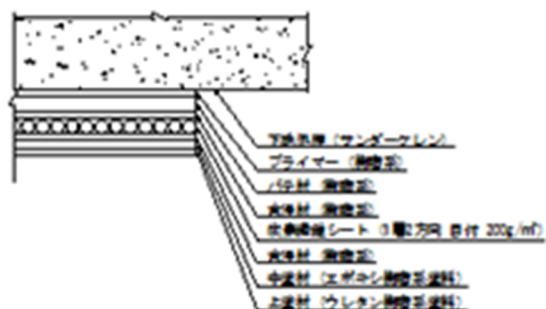
A-A断面図（はつり落とし工） S=1:10



A-A断面図（断面修復工） S=1:10



繊維シート接着工積層図
(1層仕上げ)



(2) 坑門ひびわれ補修工

起点側坑門の中央頂部には幅15～20mmにも及ぶひびわれが見られる（写真1-1）。



(a) 前回点検時 (H25.10.9)



(b) 今回点検時 (H28.8.4)

写真1-1 坑門ひびわれ状況

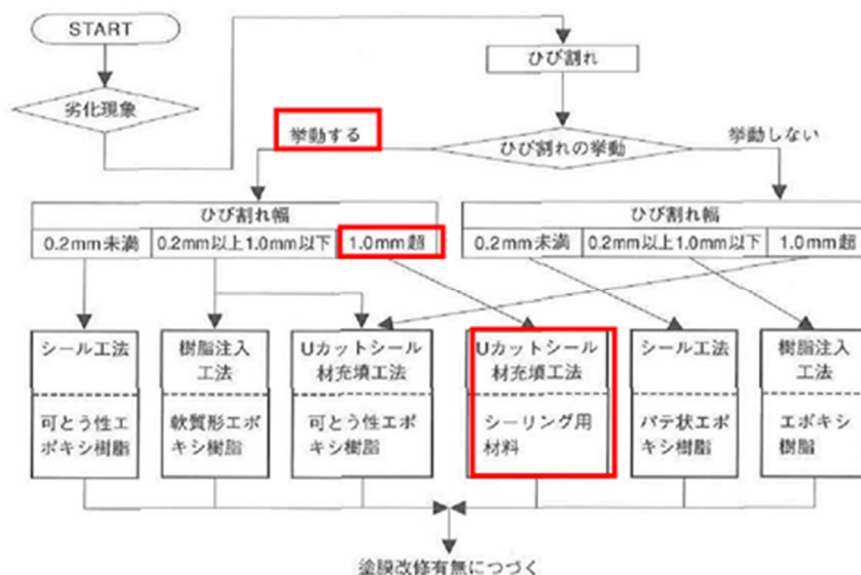
このひびわれはH25年の（法定外）点検時にも報告されており、ひびわれ幅の変化も見られないことから、現時点では、ひびわれ部は安定しているとみなしてよい。

坑門の鉄筋探査の結果、坑門コンクリートは無筋であることが判明しており、背面から転石や木根等による荷重が加われば、乾燥収縮により生じていた微細なひびわれが拡大することが考えられる。

坑門付近の7.3mスパンには厚さ約20cmの内巻コンクリートが施工されており、これが生じたひびわれに対する補強対策なのではないかと考えられる。昭和47年にトンネルの補修工事を実施した記録があることが判明しており、この内巻対策ではないかと推測されるが、補修工事の内容までは判っていない。もし内巻対策が昭和47年であれば、その後44年が経過しており、この補強対策によって現状の坑門は安定していると見たものである。

したがって坑門ひびわれの補修工法としては、表1-2のように工法比較し、断面修復工法を選定した。

表1-2 坑門ひびわれ補修工法比較表



(3) 覆工背面空洞充填

覆工背面の空洞を電磁波レーダーで調査した結果、延長の約80%に空洞が存在した。これを放置すると地山の風化・劣化により地山が緩み、覆工が崩落する可能性が否定できないため、空洞の充填工法を比較検討し、表1-3を得た。

表1-3 空洞充填工法比較表

注入材種別	従来型注入材	可塑性注入材	非セメント系注入材
注入材料	エアモルタル 	エアモルタル＋可塑剤 	40 倍発泡ウレタン 
概要	モルタルやセメントミルクに空気を混入し流動性をよくしたもの。セメントの水和反応と気泡材による発泡により、軽量化が得られる。	エアモルタルに特殊アルミニウム塩等を加えた可塑性グラウト注入材を使用する。消泡が少なく、また、可塑剤を注入孔口手前で合流させることにより覆工背面空洞等への限定注入を可能にしている。	2 液を混合すると短時間で発泡する自己消化性ポリウレタンフォーム。注入した薬液が空洞背面で発泡することの特徴とし、小型設備と少ない材料を台車に積んで注入孔近くから施工を行う。
単位体積重量 (kN/m³)	6～14	11～12	0.3
圧縮強度 (N/mm²)	1.5	1～2.5	0.17
仮設ヤード	車上プラントを使用。仮設ヤードは不要。	車上プラントを使用。仮設ヤードは不要。	車上プラントを使用。仮設ヤードは不要。
圧送距離	300～500m	200m 程度	30m 程度
特記事項 ○メリット ●デメリット	○流動性に富み軽量。 ○安価。 ●湧水箇所には不適 ●比重が重く、巻厚不足箇所への適用は検討を要する。 ●リークが多く、通行車両に影響を与えることもある。 ●材料分離が生じやすく安定した品質が得にくい。 ●地下水の pH は変動する可能性あり。 ●水質監視が必要。 ●経年により注入材の体積縮小が生じ再空洞化が生じる。	○エア消泡が少ない。 ○目地やひび割れからのリークが少ない。 ○湧水と接触しても品質が安定している。 ●比重が重く、巻厚不足箇所への適用は検討を要する。 ●2 液タイプのため若干設備が大きくなる。 ●地下水の pH は変動する可能性がある。 ●水質監視が必要。	○早期に強度が発現する（硬化時間 1～3 分、30 分で最終強度）。 ○注入設備がコンパクトで機動性に優れる。 ○目地やクラックからのリークが少ない。 ○比重が軽く、巻厚不足箇所への適用は可。 ○地下水の pH は変化しない。 ●未固化状態で溶出した場合は、環境上問題、水質が重要視される場合は注意を要する。 ●水質監視が必要。
限定注入	不可	可	可
施工速度	58m³/日（国：積算基準）	35m³/日（国：積算基準）	20m³/日（見積り事例）
NETIS	—	—	CG-120010-A
概算工費 堀之内 Tn	6 万円/m³	9 万円/m³	8 万円/m³
評価	・品質確保が困難。長期的な安定性が確保できないことから不採用とする。	・施工実績も多く品質も安定している。 ・1 孔当たりの施工数量が少なく、第3案より高価となる。	・機動性に優れ、他案より安価である。
	—	△	○

(4) 覆工の剥落対策

覆工の剥落対策として工法比較し、表1-4から最も経済的な繊維補強吹付コンクリート工法を採用し補修する。

表1-4 覆工のはく落防止対策比較表

区分	第1案 繊維補強吹付けコンクリート	第2案 内巻きコンクリート	第3案 高強度繊維補強モルタル吹付け
断面図			
H的	・耐荷性能を失っていると思われる既設覆工の代替として、繊維補強吹付けコンクリートにより内巻き補強。	・耐荷性能を失っていると思われる既設覆工の代替として、コンクリートにより内巻き補強。	・耐荷性能を失っていると思われる既設覆工の代替として、吹付けモルタルにより内巻き補強。
I法概要	・吹付けロボットにより吹付ける。 ・コンクリートは生コン工場より購入する。 ・繊維は現場にてトラックミキサーに投入する（混入率1%程度）。	・型枠を設置し、標準の生コンクリート（ $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ ）をコンクリートポンプにより打設する。 ・型枠はスライドセントル（L=10.5m）使用。	・特殊混和材、粒度調整細骨材、高品質繊維を配合したプレミックスモルタルを連続ミキシングポンプで練混ぜ、圧送し吹付ける。
施工厚 (断面縮小量)	10cm	20cm	10cm
耐荷性	・既設覆工の設計巻厚20cm、最小巻厚5cm。吹付けコンクリート10cmを加えて、最小巻厚15cm（設計厚の2/3以上）とする。 ・有効巻厚の減少に対する判定区分をⅢから Ⅱbに改善 。	・既設内巻Iと同等の巻厚（20cm）とすることで、既設内巻Iと同等の耐荷力を確保する。 ・有効巻厚の減少に対する判定区分をⅢから Iに改善 。	・硬化後の圧縮強度は 35.8N/mm^2 程度と高強度。 ・標準のコンクリートに比べ2倍程度の圧縮強度を有し、10cm厚で既設覆工コンクリート（20cm）と同等の耐荷力を有する。 ・有効巻厚の減少に対する判定区分をⅢから Iに改善 。
耐久性	・繊維補強による靱性とせん断耐力が増加することから、ひびわれが生じにくい。	・一般のコンクリートと同程度の耐久性を有する。 ・耐久性は施工時の品質確保に依存する。	・一般のコンクリートより高い耐久性を有する。
日施工量	$81.8\text{m}^2/\text{日}$ （ $7.5\text{m}/\text{日}$ ）（概略算定）	$10.5\text{m} \div 3\text{日} = 3.5\text{m}/\text{日}$	$40\text{m}^2/\text{日}$ （ $3.7\text{m}/\text{日}$ ）（概略算定）
概算直接工事費 (延長1m当たり)	$1.0\text{万円}/\text{m}^2 \times 10.9\text{m} = 10.9\text{万円}/\text{m}$ (概算積み上げ)	$18.6\text{万円}/\text{m}^3 \times 2.2\text{m}^3 = 40.9\text{万円}/\text{m}$ (概算積み上げ)	$50\text{万円}/\text{m}^3 \times 0.1\text{m} \times 10.9\text{m} = 54.5\text{万円}/\text{m}$ (概算積み上げ)
施工時の交通規制	昼間 交通止め ・材齢3時間の圧縮強度は $2 \sim 4\text{N/mm}^2$ 程度であり、施工後数時間での交通開放も可能（現場で確認後実施）。	全日 交通止め ・型枠設置のため打設中および養生期間中とも交通止め。	昼間 交通止め ・材齢3時間の圧縮強度は 5N/mm^2 以上確保でき、施工後数時間で交通開放可能。
維持管理性	・ひび割れが生じにくく、維持管理費用が軽減できる。 ・定期点検による監視は必要。	・締固めや養生方法によっては、ひび割れや品質不良箇所が生じ、覆工はく落に至る場合がある。 ・定期点検による監視と適切な補修を継続する。	・プレミックスなので高品質品質な覆工が得られ、施工後の補修費は最も少ない。 ・定期点検による監視は必要。
評価	◎ 恒久対策に準じ、初期コストが安い、将来維持費も必要となる。	○ 恒久対策であり、将来の維持費は安い、初期コストは高い。	△ 恒久対策で早期の交通開放可能だが、初期コストは最も高い。

5. 年度毎の長寿命化修繕計画（平成29年1月時点）

■平成28年度：定期点検、(1)～(3)の補修設計及び補修工事

■平成29年度：(4)の補修設計及び補修工事

■平成30年度：

■平成31年度：

■平成32年度：

■平成33年度：定期点検

■平成34年度：

■平成35年度：

■平成36年度：

■平成37年度：

■平成38年度：定期点検

■平成39年度：

■平成40年度：

・

・

・

※5年に1度の頻度で定期点検を実施し、対策が必要と判断された箇所については適宜補修を行う。