

追跡調査 6 (2015<平成27>年度～2018<平成30>年9月)

1)TVカメラ調査
118箇所(内 切り取り6箇所)

①北海道・東北地区

調査場所	調査方法		工 法	施工年	経 年 (調査当時)	調査管径	調査数
	TV調査	切取調査					
福島県 西白河郡 中島村	○	○	熱硬化	平成8年	21年	φ200	7

②関東地区

調査場所	調査方法		工 法	施工年	経 年 (調査当時)	調査管径	調査数
	TV調査	切取調査					
埼玉県 越谷市	○	○	熱硬化	平成24年	6年	φ250	3

③中部・北陸地区

調査場所	調査方法		工 法	施工年	経 年 (調査当時)	調査管径	調査数
	TV調査	切取調査					
石川県 加賀市	○	○	熱硬化	平成6年	22年	φ200	1
福井県 敦賀市	○	○	光硬化	平成11年	17年	φ250～ φ300	11

④関西地区

調査場所	調査方法		工 法	施工年	経 年 (調査当時)	調査管径	調査数
	TV調査	切取調査					
兵庫県 神戸市	○	—	光硬化	不明	不明	取付管P φ150 本管VP φ250	79
兵庫県 神戸市	○	—	光硬化	平成17年 平成22年	5、10年	更生管 φ250	7

⑤中国・四国地区

調査場所	調査方法		工 法	施工年	経 年	調査管径	調査数
	TV調査	切取調査					
愛媛県 松山市	○	○	光硬化	平成15年	15年	φ250	3

⑥九州地区

調査場所	調査方法		工 法	施工年	経 年	調査管径	調査数
	TV調査	切取調査					
福岡県 久留米市	○	○	熱硬化	平成18年	12年	φ200	7

合計 118箇所

TVカメラ調査の結果

6地区の7市町村において、FRP内面補強工法で施工した補修箇所の施工後6年～22年経過した本管部・接続部37箇所をTV調査した結果は、経年による不良・不適箇所は見られず、補修目的である浸入水・クラック等の補強対策等十分に機能を保持していることが確認できた。

特に今回は、福島県西白河郡中島村と石川県加賀市で調査当時、経年21年、22年の補修箇所を調査することができたが、高圧洗浄後にカメラを入れた

ところ、どちらの箇所にも変色も見られず端部の樹脂が補修材端部を防護し良好な状態であった。

また、取付管については兵庫県神戸市鈴蘭台において調査を行った。残念ながら布設年月日が不明であるが、異常なくライニング管として十分機能を維持していることが確認された。

1) 北海道・東北地区 (福島県西白河郡中島町)

① TVカメラ調査内容 (調査日/平成30年1月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	調査スパン	補修年	経 年
φ200	VP	4スパン	平成8年	21年

調査箇所数	調査内容	補修目的
	本管部 4 接続部 3	
7箇所		止水・補強

② 切り取り調査内容 (調査日/平成30年1月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	切り取り箇所	補修年	経 年
φ200	VP	1	平成8年	21年

平成8年度に施工した4スパン6箇所のFRP内面補強箇所は、右記表に示す通り経年21年後においても、異常、不良箇所は見られず当初の補修目的(クラック補強)を維持していることが確認された。端部の樹脂も補修材端部を防護し、安定した状態を維持している。

●北海道・東北地区

φ200mm 熱硬化工法



TVカメラ調査 (経年21年) 熱硬化



切り取り後の復旧施工状況 切り取り後の復旧施工 切り取り後(端部の状態)

補修材の剥離	ハガレ	浸入水	クラック	その他
異常なし	異常なし	なし	なし	異常なし

2) 関東地区 (埼玉県越谷市)

① TVカメラ調査内容 (調査日/平成30年6月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	調査スパン	補修年	経 年
φ250	HP	1スパン	平成24年	6年

調査箇所数	調査内容	補修目的
3箇所	本管部	止水・補強

② 切り取り調査内容 (調査日/平成30年6月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	切り取り箇所	補修年	経 年
φ250	HP	1	平成24年	6年

平成24年度に施工した1スパン3箇所のFRP内面補強箇所は、下記表に示す通り経年6年後においても、異常、不良箇所は見られず当初の補修目的(クラック補強)を維持していることが確認された。表面のガラス布目が見られるが、ガラスクロスと不織布によって樹脂が含浸されていて物性強度の問題はない。

補修材の剥離	ハガレ	浸入水	クラック	その他
異常なし	異常なし	なし	なし	異常なし

●関東地区

φ250mm 熱硬化工法



TVカメラ調査 (経年6年) 熱硬化



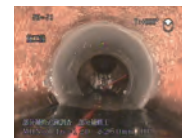
切り取り施工



切り取り後



切り取り後
(クラック部に樹脂注入)



切り取り後の復旧施工

3) 中部・北陸地区① (石川県加賀市)

① TVカメラ調査内容 (調査日/平成28年7月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	調査スパン	補修年	経 年
φ200	HP	1スパン	平成6年	22年

調査箇所数	調査内容	補修目的
1箇所	本管部	止水・補強

② 切り取り調査内容 (調査日/平成28年7月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	切り取り箇所	補修年	経 年
φ200	HP	1	平成6年	22年

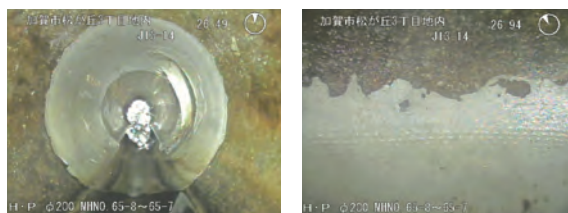
平成6年度に施工した1箇所のFRP内面補強箇所は一体型であったが、剥離も無く、下記表に示す通り経年22年後においても、異常、不良箇所は見られない。また、切り取った後クラック部にFRP樹脂が注入されているのが確認された。クラック部の止水・補強、及びクラックの拡大を防止し、内面補強の役割を果たしていることがわかる。

補修材の変色も見られず端部の樹脂が補修材端部を防護し良好な状態である。

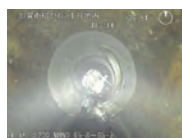
補修材の剥離	ハガレ	浸入水	クラック	その他
異常なし	異常なし	なし	なし	異常なし

●中部・北陸地区①

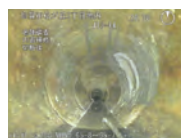
φ200mm 熱硬化工法



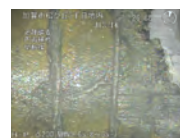
TVカメラ調査 (経年22年) 熱硬化



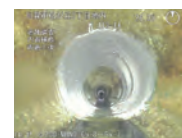
切り取り施工



切り取り後



切り取り後
(クラック部に樹脂注入)



切り取り後の復旧施工

3) 中部・北陸地区② (福井県敦賀市)

① TVカメラ調査内容 (調査日/平成28年9月、施工方法/光硬化)

調査管径	管 種	調査スパン	補修年	経 年
φ250~φ300	HP	6スパン	平成11年	17年

調査箇所数	調査内容	補修目的
11箇所	本管部 6	止水・補強
	接続部 5	

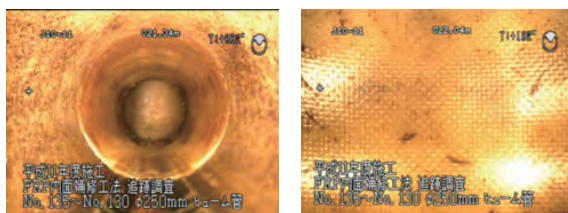
② 切り取り調査内容 (調査日/平成28年10月、施工方法/光硬化)

調査管径	管 種	切り取り箇所	補修年	経 年
φ250	HP	1	平成11年	17年

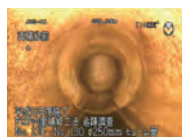
平成11年度に施工した6スパン11箇所のFRP内面補強箇所は、右記表に示す通り経年17年後においても、異常、不良箇所は見られず当初の補修目的(クラック補強)を維持していることが確認された。施工後17年経過しているが、樹脂の剥離、摩耗等見受けられず良好な状態を保持している。

●中部・北陸地区②

φ250mm 光硬化工法



TVカメラ調査 (経年17年) 光硬化



切り取り後



切り取り後の復旧施工



切り取り後の復旧施工

補修材の剥離	ハガレ	浸入水	クラック	その他
異常なし	異常なし	なし	なし	異常なし

4) 関西地区 (兵庫県神戸市)

① TVカメラ調査内容

(調査日/平成27年9月※1、施工方法/光硬化)

(調査日/平成28年1月※2、施工方法/光硬化)

	調査管径	管 種	調査スパン	補修年	経 年
※1	取付管 φ150	LP、VP	79スパン	不明	不明
※2	φ250	LP	5スパン	平成17、22年	5、10年

調査箇所数	調査内容	補修目的
79箇所	取付管	自立
7箇所	接合部	止水・補強

平成17、22年度に施工した一体型材料を使用した5スパン7箇所において異常、不良箇所は見られず下記表に示す通り経年5、10年後においても、当初の補修目的(クラック補強)を維持していることが確認された。

取付管接合部付近の一体型補修材料を用いた箇所はスカム等の付着、表面のガラス布目が見られるが、剥離、摩耗等は見られず良好な状態であることがわかる。

補修材の剥離	ハガレ	浸入水	クラック	その他
異常なし	異常なし	なし	なし	異常なし

●関西地区

φ250×150mm 光硬化工法



(経年10年)
一体型 異常なし



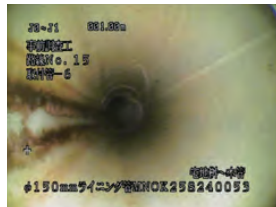
(経年5年)
一体型 異常なし



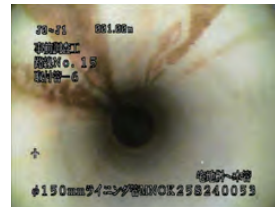
(経年5年)
一体型取付管側 異常なし

また、取付管ライニングにおいても、シワ等は施工時のもので樹脂表面の異常は見られない。

φ150mm 光硬化取付管ライニング工法



(内面) 異常なし



(内面) 異常なし

5) 中国・四国地区 (愛媛県松山市)

① TVカメラ調査内容 (調査日/平成30年1月、施工方法/光硬化)

調査管径	管 種	調査スパン	補修年	経 年
φ250	HP	1スパン	平成15年	14年

調査箇所数	調査内容	補修目的
4箇所	本管部 3	止水・補強
	接続部 1	

② 切り取り調査内容 (調査日/平成30年1月、施工方法/光硬化)

調査管径	管 種	切り取り箇所	補修年	経 年
φ250	HP	1	平成15年	14年

平成15年度に施工した1スパン4箇所のFRP内面補強箇所は、下記表に示す通り経年14年後においても、異常、不良箇所は見られず当初の補修目的(クラック補強)を維持していることが確認された。樹脂の剥離、摩耗等も見られず、良好な状態を維持していることがわかる。

補修材の剥離	ハガレ	浸入水	クラック	その他
異常なし	異常なし	なし	なし	異常なし

●中国・四国地区

φ250mm 光硬化工法



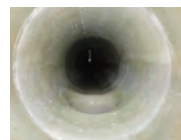
TVカメラ調査 (経年14年) 光硬化



切り取り前



切り取り後



切り取り後の復旧施工

6) 九州地区 (福岡県久留米市)

① TVカメラ調査内容 (調査日/平成30年9月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	調査スパン	補修年	経 年
φ200	HP	1スパン	平成18年	12年

調査箇所数	調査内容	補修目的
7箇所	本管部 4	止水・補強
	接続部 3	

② 切り取り調査内容 (調査日/平成30年9月、施工方法/熱硬化)

調査管径	管 種	切り取り箇所	補修年	経 年
φ200	HP	1	平成18年	12年

●九州地区

φ250mm 熱硬化工法



TVカメラ調査 (経年12年) 熱硬化



切り取り施工



切り取り後
(クラック部に樹脂注入)



切り取り後
(クラック部に樹脂注入)



切り取り後
(クラック部に樹脂注入)

平成18年度に施工した1スパン7箇所のFRP内面補強箇所は、下記表に示す通り経年12年後においても、異常、不良箇所は見られず当初の補修目的(クラック補強)を維持していることが確認された。また、切り取った後クラック部にFRP樹脂が注入されているのが確認され、クラック部の止水・補強、およびクラックの拡大を防止して内面補強の役割を果たしていることがわかる。

補修材の剥離	ハガレ	浸入水	クラック	その他
異常なし	異常なし	なし	なし	異常なし



切り取り後の復旧施工



切り取り後の復旧施工

FRP補修材の切り取り調査結果

イ) 曲げ試験 (JIS K 7171) の結果

単位: N/mm²

資料	供試体の採取場所	経年 (調査当時)	曲げ試験値(平均)*		短期保証値	
			曲げ強度	曲げ弾性係数	曲げ強度	曲げ弾性係数
①	福島県白河郡中島町	21年	94	6,000	88.3	5,900
②	埼玉県越谷市	6年	173	9,970		
③	石川県加賀市	22年	116	7,630		
④	福井県敦賀市	17年	148	7,070		
⑤	愛媛県松山市	14年	201	6,640		
⑥	福岡県久留米市	12年	176	8,410		

※(株)G&U技術研究センター 試験結果より

ロ) 経年による曲げ弾性係数の推定値

6地区で切り取った供試体は、施工後下記の経年経過して、その各々の基本物性値の劣化推定値は、FRP内面補強工法材料(標準I)クリープ試験結果の回帰式を使用して推定値を求める。

1) 経年時の曲げ弾性係数保持率の回帰式

$$Y = -4.3952X + 97.41 \quad (\text{JIS K 7116 試験結果より})$$

Y: 経年時の曲げ弾性係数保持率 (%)

X: 経年時間 (log 分)

2) 経年時の曲げ弾性係数の推定値を求める。

経年時の曲げ弾性係数推定値 =

$$\text{短期保証値 (5,900 N/mm}^2\text{)} \times \text{弾性係数保持率 (\%)} \quad (1)$$

3) 修繕のFRP補修材は、土被り・地下水位等より材料の曲げ弾性係数により補修材の厚みを長期曲げ弾性係数を使用して厚みを検討するために、経年時の曲げ弾性係数の劣化度がクリープ試験の回帰式(劣化線 --- 理論線)に対しどのような状態かを確認するためです。

資料	供試体の採取場所	経年 (調査当時)	工法	経年	クリープ	経年時推定値	試験値
				log 分	保持率 (%)	N/mm ²	N/mm ²
①	福島県白河郡中島町	21年	熱硬化	7.043	66.4	3,918	6,000
②	埼玉県越谷市	6年	熱硬化	6.499	68.8	4,059	9,970
③	石川県加賀市	22年	熱硬化	7.063	66.3	3,912	7,630
④	福井県敦賀市	17年	光硬化	6.951	66.8	3,941	7,070
⑤	愛媛県松山市	14年	光硬化	6.867	67.2	3,965	6,640
⑥	福岡県久留米市	12年	光硬化	6.800	67.5	3,983	8,410

①～⑥ 曲げ試験結果は、いずれも経年時曲げ弾性係数(理論値)を上回る試験値である。

●現場採取試験供試体 写真



① 福島県白河郡中島町



② 埼玉県越谷市



③ 石川県加賀市



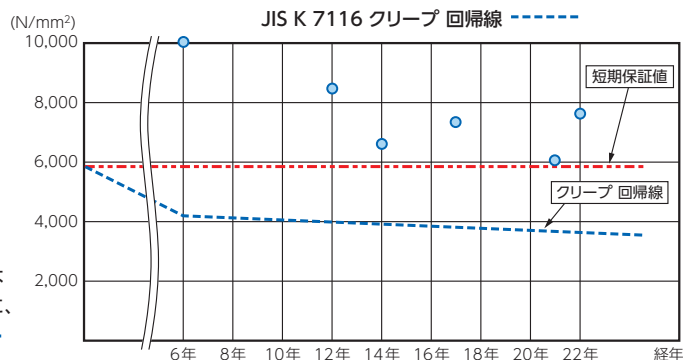
④ 福井県敦賀市



⑤ 愛媛県松山市



⑥ 福岡県久留米市



ハ) 物性試験の結果

平成17年度に全国8地区、また平成24年度同じく全国8地区での切り取り調査を実施し、今回も全国6箇所の切り取り調査を実施し、石川県加賀市、福島県白河郡中島町の2地区では経年21年、22年での調査であったが、物性値のクリープ劣化は大きな変化は無い結果となった。

また、経年6年～17年の資料においても、顕著な劣化現象は見られず、いずれも短期保証値(曲げ強度・曲げ弾性係数)を上回る結果となった。

切り取り調査のまとめ

第6回切り取り調査の結果は、第5回切り取り調査(平成24年度)と同様に、調査6地区全て経年(6～22年)による補修材のクリープ劣化は、短期保証値を上回る結果であった。

本来補修材の物性値は経年によってクリープ劣化するが、本調査では顕著な劣化現象は見られない結果となった。JISの長期クリープ試験は、水中・気中試験とも、試験供試体(平板・リング)に一定の荷重を架け応力状態でのクリープ試験であり、FRP内面補修材は既設管きよの内面に部分的に補修されていて補修材に常時応力が発生することが少ないために、JISクリープ試験(理論値)より劣化度が少ないと考察される。

経年20年の現場は2件で資料数は少ないが、十分20年の材料耐久性を維持できていると判断され、FRP内面補強工法は、修繕(補修)の定義から必要耐用年数を求められないが、管きよの補強対策として長寿命化に必ず寄与出来ていると検証される。

当協会では今後も本調査を継続して補修材のクリープ劣化を追及していく方針である。