

FRP 内面補強工法の概要と 追跡調査について



荒井 正
光硬化工法協会
FRP 技術委員長

1. はじめに

健全な社会生活に欠かせない下水道の管路老朽化がますます増加してくる状況の中、耐用年数50年を経過した管路の全て再構築する事は施工面、費用面等において困難な状況である。

そのことから、点検・調査を定期的を実施し、損傷された管路を更生工法にて改築を行っていくことが求められるが、部分的に早期に修繕することにより、管路を延命させる対策も重要な手段と考える。

部分補修（修繕）では元来、耐久性は要求されないが、FRP内面補強工法では補修施工物は大切な「資産」との考えから耐久性は本管更生材と同等の50年対応の品質を有す材料（BMマット）を用意している。

一般的な材料（BFマット）で補修したものについても過去に6回の追跡調査を実施している。

今回はその耐久性等について報告する。

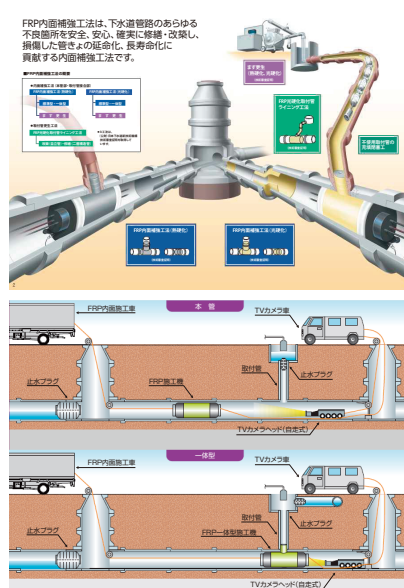
2. FRP内面補強工法の概要

修繕とは、老朽化した施設又は損傷した施設を対象として、当該施設の所定の耐用年数において機能を維持させるため行われるものをいう。（「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン-2017年版-（公社）日本下水道協会」）

FRP内面補強工法は損傷された管きよの不良箇所を部分補修（修繕）することにより、機能回復・損傷した管きよの止水・補強対策として、管きよの延命化を兼ねた修繕（内面補強）工法である。

熱硬化工法では熱硬化性樹脂（主剤）に硬化剤を現場配合した後、補強繊維（耐酸性ガラス繊維、不織布等）に含浸し材料を作製する。光硬化工法では工場にて補強繊維に、光（紫外線）硬化性樹脂を含浸した材料（ソフトスリーブ）を作製し、現場に搬入する。

材料を施工機に装着し管内補強箇所にもンホールから引き込み、TVカメラにより補修位置を確認後、施工機内に加圧空気を挿入し未硬化材を既設管壁面に加圧密着させた状態で、施工機内に装備されたヒーターまたはUVランプにより所定時間、加熱または光照射して補修材を硬化させ堅固なFRP材を構築する。



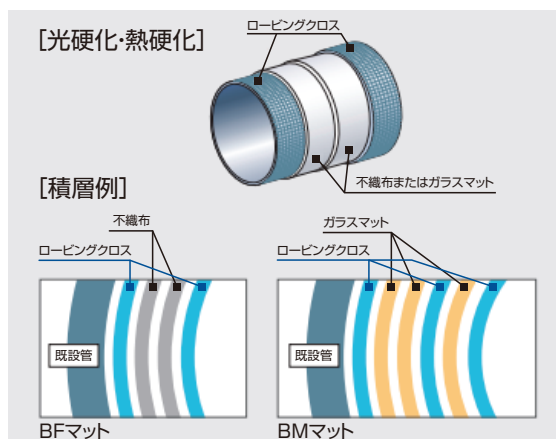
3. 適用範囲

- (1) 管種 鉄筋コンクリート管・陶管・硬質塩化ビニル管、更生管等
- (2) 管径 本管部 φ150～φ700mm（熱・光共）
φ750～φ1500mm（熱）
一体型（本管部）
φ150～φ700mm（熱）
φ200～φ700mm（光）
（取付管部）
φ100～φ200mm
- (3) 補修幅 本管・一体型
標準 40cm（熱・光共）、
1.0m φ150～φ400mm（熱）
φ200～φ300mm（光）
60cm φ750～φ1500mm（熱）

4. 使用材料

- (1) 樹脂 ビニルエステル樹脂
- (2) 補強繊維 耐酸性ロービングクロス＋耐酸性ガラスマット又は不織布
- (3) 厚さ 標準2.5～3.0mm（積層により厚み構築が可能）

標準Ⅰ	補強・止水目的
標準Ⅱ	補強・止水 二重構造管仕様
標準Ⅲ	自立管（相当）
更生管対応型	更生管の補強・止水目的（取付管接続部のみ）

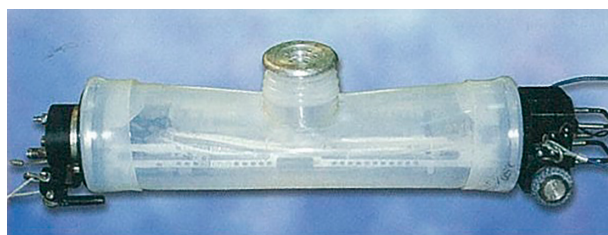


5. 特徴

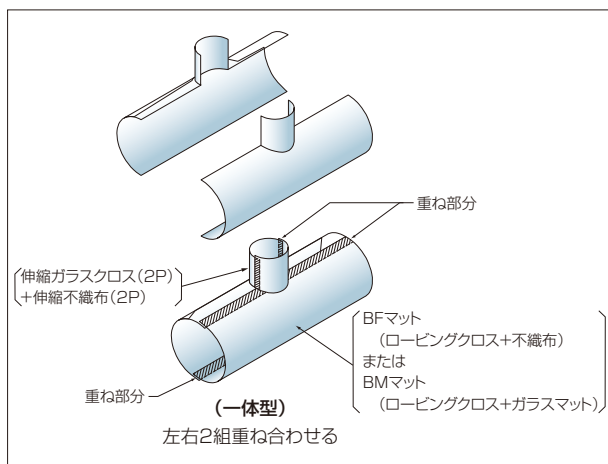
- (1) 補修目的により、更生材（補修）の選択が可能。（標準Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・更生管対応型）
- (2) 耐薬品性、耐ストレインコロージョン性を有する
- (3) 耐酸性ロービングクロスの使用により、硬化に

よる収縮性を確実に防止する。

- (4) 更生材は日本下水道事業団の防食D種の品質規格適合材である。
- (5) 塩ビ管と同等以上の耐摩耗性を有し、管きよの流下能力を損なわない。
- (6) 施工機内部にCCDカメラを内蔵し、的確な位置セットが可能である。（一体型施工）
- (7) 施工性に優れ経済的ある。



一体型施工機（光硬化）



一体型補修材料

6. 施工実績

1995年度～2023年度まで
363,364箇所（熱硬化）
137,535箇所（光硬化）

7. FRP内面補強工法の耐久性について

本工法は平成7年から施工を開始し、昨年度末時点で全国の市町村で単年度約200以上の自治体で実績を積み、延べ約500,000箇所の部分補修の施工を行ってきた。

協会は、当工法で施工した過去の施工物の耐久性について、平成14年度から平成30年度までに6回のTVカメラ調査、4回の切り取り調査を実施し、機能維持状態、施工物の経年による物性の劣化度の追跡調査を実施した。

	調査実施	場所	施工	箇所数	TVカメラ	切り取り	
	年度		経年		調査	調査	管径
第1回	H14	宮城県	6・9	2	2	2	φ 250
第2回	H16	全国5地区	2～11	104	104	—	φ 200～350
第3回	H17	6地区	2～12	100	100	7	φ 150～400
第4回	H21	8地区	3～15	489	489 ※	—	φ 150～450
第5回	H23	6地区	6～22	280	280	8	φ 150～700
第6回	H27～30	8地区	6～22	124	124	6	φ 200～300

※ FRP取付管ライニング 238箇所を含む

(1) TVカメラ調査結果

全箇所 1,099箇所（標準 I BF マット使用 取付管 238箇所含む）

追跡調査は、下水道管きよの管理自治体の許可を得て全国的に実施し、過去実施した同一場所（スパン）での調査は避けた。

本調査では、部分補修（修繕）箇所の機能状況（止水、形状変化等）について調査を実施した。

全調査箇所数の1,099箇所において、経年21年、22年の施工箇所でも異常はみられず、また、東日本大災害後の調査でも全く異常はなく、剥離、はがれ等の大きな形状変化が見られないことでFRP内面補強の施工物は、耐震性・長期耐久性を有する事が確認された。

機能的な調査では漏水後、木の根の浸入等1.0%以下の不良率が見られた。

(2) 切り取り調査結果

切り取り調査は、管理自治体の許可を得て全国的に4回実施し、現場採取した施工物から、平板試験供試体を加工（公的機関に依頼）し、JIS K 7171による基本物性試験を実施し、経年による劣化状況を調査した。



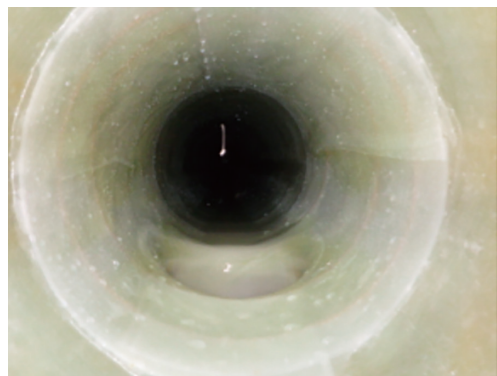
TVカメラ調査（経年14年）光硬化



切り取り箇所調査前



TVカメラ調査（経年14年）光硬化



切り取り調査後の復旧施工

切り取り調査試験結果

Mpa

調査回	調査	曲げ	曲げ	経年 (年)	熱・光	管径
	場所	強度	弾性係数			
第1回	宮城県①	—	9,420	9	熱	φ 250
H14年	宮城県②	—	8,550	6	光	φ 250
第2回	北海道	132.0	8,320	6	熱	φ 300
H17年	茨城県	95.0	6,320	8	熱	φ 250
〃	愛知県	147.0	9,420	12	熱	φ 250
〃	福井県	153.0	8,810	6	光	φ 250
〃	大阪府	145.0	6,590	4	光	φ 250
〃	鳥取県	123.0	7,490	5	熱	φ 300
〃	宮崎県	123.0	7,100	8	光	φ 200
第3回	福島県	—	7,970	9	熱	φ 500
H23年	北海道	—	6,600	10	熱	φ 250
〃	宮城県	—	7,210	7	熱	φ 250
〃	埼玉県	—	8,820	10	熱	φ 200
〃	愛知県	—	7,790	20	熱	φ 250
〃	大阪府	—	8,470	11	熱	φ 250
〃	愛媛県	—	6,840	14	光	φ 250
〃	福岡県	—	9,050	6	熱	φ 250
第4回	福島県	—	6,000	21	熱	φ 200
H23年	埼玉県	—	9,970	6	熱	φ 250
〃	石川県	—	7,630	22	熱	φ 200
〃	福井県	—	7,070	17	光	φ 250
〃	愛媛県	—	6,640	14	光	φ 250
H30年	福岡県	—	8,410	12	熱	φ 200

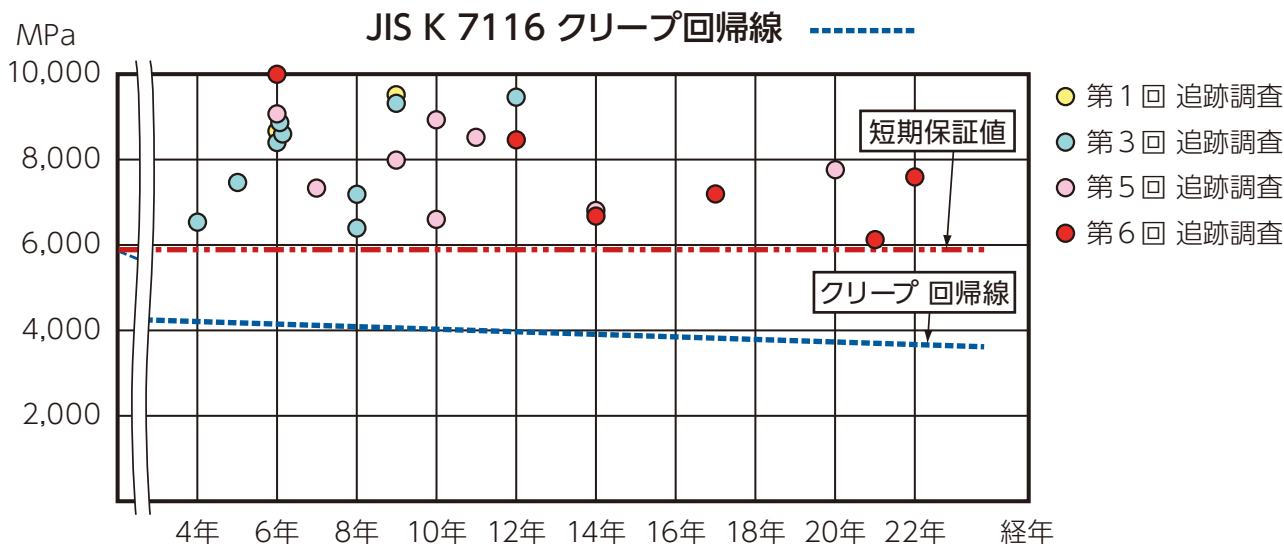
(3) 標準 I 材料のクリープ試験 (JIS K 7116) 試験結果からの検証

4回の切り取り調査 (16 試験体) の結果は、上記表からいずれの試験体も JIS K 7116 から得られた曲げ弾性係数のクリープ回帰線より上側に位置し、かつ短期保証値を上回る結果となった。

JIS K 7116 クリープ試験は試験供試体に一定の荷重をかけ、時間によりその応力度を測定してクリー

プ弾性係数 (保持率) を求めるが、FRP 内面補強材は既設管きよ内に施工することから、外力は既設管が受けるため補修材には外力による応力は小さい値と考えられ、クリープ試験値より、劣化度が少ない結果となったと考察される。

本切り取り調査は、FRP 内面補強工法で修繕した施工物を直接切り取っており、その材料の耐久性の検体は少ないが確実に立証できたと判断される。



(4) FRP内面補強工法の補強効果について

本工法は、既設管きよに発生したクラック、目地部の不良箇所からの浸入水の止水対策に使用されるが、損傷部を放置すると外圧により損傷はより大きくなり耐荷能力が低下して管きよの破壊に進行する。

追跡調査で部分補修箇所を切り取った後のクラック、目地部等の状態をTVカメラで調査した結果、FRP補修材は、修繕箇所では施工機に装着した状態で施工機内に圧縮空気を送り、既設管きよに圧着させて樹脂を硬化させるため、クラック、目地部には樹脂が圧入硬化されていることがTVカメラ調査で確認された。

樹脂の圧縮強度は、コンクリートの約2倍の強度があり、その樹脂がクラック、目地部に注入硬化され、クラックの進行を防止し補強効果されている。

8. おわりに

下水道管きよの部分補修（修繕）の施工物は「修繕」の意味から、資産として認められていなくその



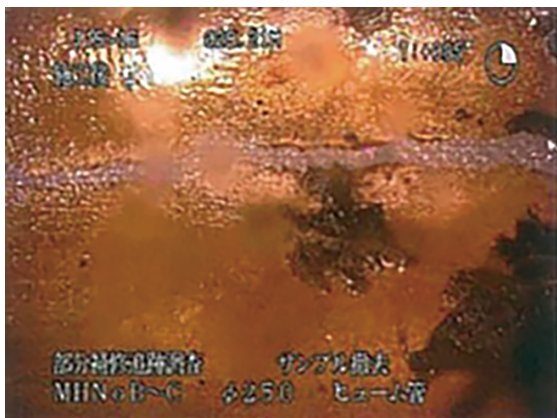
第3回 切り取り調査より クラック部

施工物の必要耐用年数も求められていない。

しかしながら、修繕工法による施工費は、下水道料金の一部の費用より拠出された大切な資産であるとの認識から、過去に施工した部分補修箇所において継続的に追跡調査を実施し、補修材の基本物性値の劣化性・機能維持状態等の調査を実施した結果、FRP内面補強工法は損傷した管きよの補強対策として十分な機能を有し、延命化に寄与していることを確認した。

今日急速に老朽管きよが増大する状況から、安心・安全な下水道を持続するには、ストックマネジメント手法による調査から、損傷した箇所は早期に部分補修（修繕）を実施して、管きよの延命化を図ることが安心・安全な下水道管きよを健全に持続する事となり、FRP内面補強工法は有効な対策であると考える。

本編に「本管修繕編」が加わるという次期ガイドラインの発刊が待たれるところである。



第2回 切り取り調査より クラック部