

FRP内面補強工法（一体型）の概要と 更生管への対応について



荒井 正
光硬化工法協会
FRP技術委員長

1. はじめに

国土技術政策総合研究所は、令和4年度末時点での全国の下水道管路管理延長と、当該年度内に発生した下水道管路に起因する道路陥没の発生状況に関する調査結果を明らかにした。全国の管路総延長は約49万kmとなった。標準耐用年数50年を経過した管渠の延長約3万km（総延長の約7%）が、10年後は約9万km（約19%）、20年後は約20万km（約40%）と今後も急速に増加する。

令和4年度に下水道管路に起因した道路陥没の発生件数についても2625件と発表された。

道路陥没の発生件数は、ここ3年間は2600～2700台で推移。また過去9年間の推移を見ると、熊本地震が発生した平成28年度は4575件と突出したものの、地震動や液状化によるものを除いた件数では、平成26年度で3243件だったものが、徐々に減少傾向にあり、4年度では2607件となった。

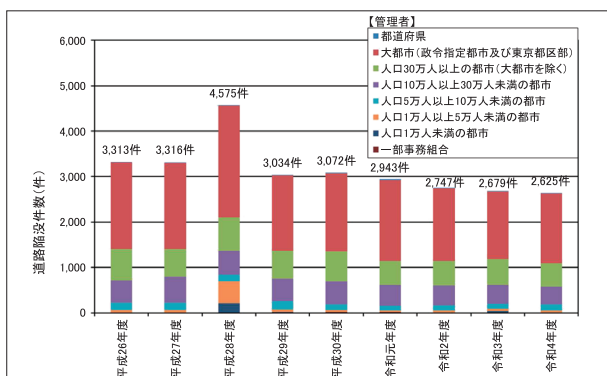


図1 道路陥没件数の推移（平成26年度～令和4年度）

陥没原因となった施設や陥没位置別での発生件数では取付管が全体の5割以上となる1446件となり、これに本管と取付管接続部が178件、取付管本管と公共ます接続部が109件、公共ますが240件と続き、全数の75%以上を占める。

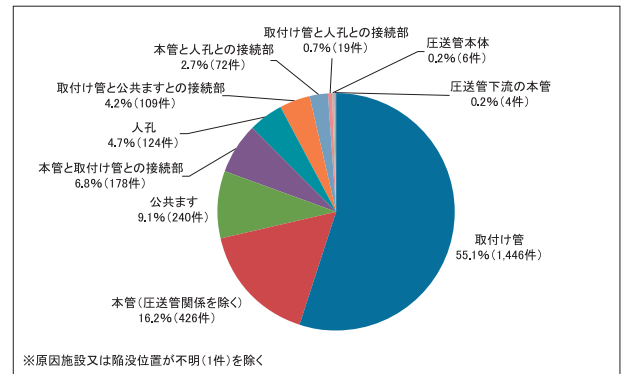


図2 原因施設又は陥没位置別の道路陥没件数（令和4年度）

また、陥没要因別の道路陥没件数では管路施設の老朽化が84.7%となっている。

国総研では道路陥没に関する予防対策事例を示し、取付管や陶管の改築を優先する等の可対策を挙げている。

当協会のFRP内面補強工法（一体型）とFRP光硬化取付管ライニング工法は、この陥没事故件数の位置別で全数の75%を超える本管取付管接合部と取付管の更生を行い、陥没事故を確実に防止する。

今回はこのうちのFRP内面補強工法（一体型）について報告する。

2. FRP内面補強工法（一体型）の概要

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マ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。

この部分補修のうち、本管と取付管接合部を一体化して補修する工法を一体型補修と呼んでいる。

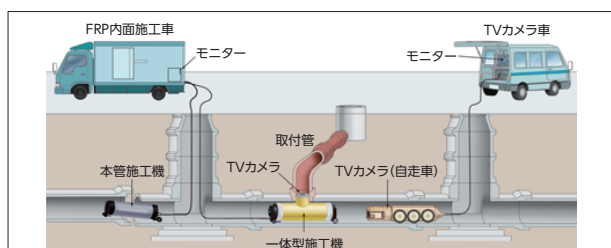


図3 施工状況図

一体型補修では使用する機械と材料にそれぞれ特徴がある。

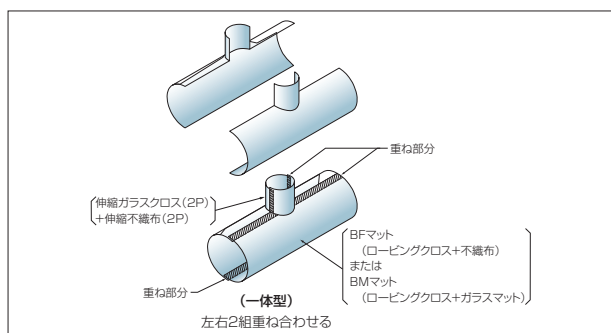


図4 一体型補修材料

図4は一体型の材料である。左右二分割の形状になっている。これを施工機に巻き付けることにより様々な取付管の接合角度に対応できるようになっている。FRP工法独自の材料形状である。

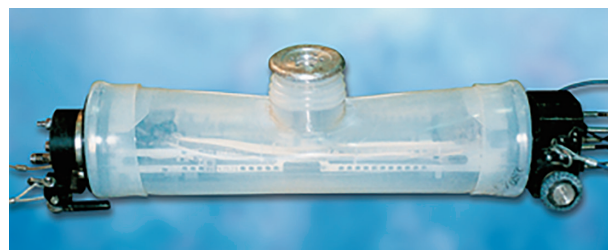


写真1 一体型施工機（光硬化）

上は光硬化一体型施工機である。この施工機の真ん中の蛇腹部分、この部分がエアータンクにより取付管内に挿入されるのであるが先端にCCDカメラが装着されている。まず側から取付管用カメラを挿入することなく、的確に取付管の位置合わせを行うことができる。

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 一体型（本管部）
 $\phi 150 \sim \phi 700\text{mm}$ （熱）
 $\phi 200 \sim \phi 700\text{mm}$ （光）
 （取付管部）
 $\phi 100 \sim \phi 200\text{mm}$
- (3) 補修幅 一体型 標準 40cm（熱・光共）

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）

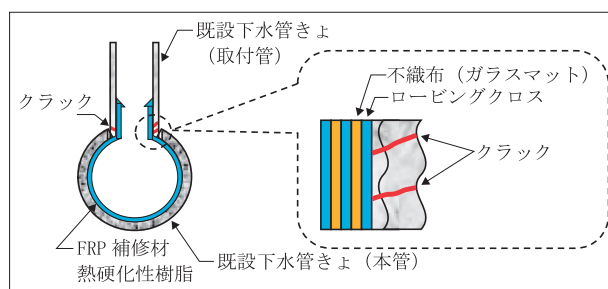


図5 一体型断面図

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) 耐酸性ローピ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である。

6. 更生管への対応① 材料・器械

今までは既設管への施工について述べてきたが、ここからは何らかの工法でスパン更生された管（更生管）への対応についてご報告する。

既設管きよの老朽化への対策として更生工法が採用され、耐震対策、長寿命化等が進められているが取付管接合部はまだ穿孔しただけとなっており、地下水が高い箇所では逆に水が集中する可能性もありうる。

当協会では取付管口を穿孔いた後に一体型施工を行って止水対策を万全にすることを推奨している。

そのため材料、施工機に更生管対応のものを用意している。

①材料

既設管はすでに更生材によって強度は確保されているので、一体型の材料に自立管仕様、または二層構造管仕様の強度は求める必要はない。そのため50年対応の補強繊維BMマットを自治体管理者が必要とする最小厚みで製作した「更生管対応型」を用意した。

②施工機

通常の一体型施工機は規格管径を基準に設計されているためそのまま更生管に使用すると施工機の中心が上がってしまい、上部の隙間がなくなってしまう。そのため二通りの対応策（チェンジキット）を用意している。

- i) 更生材が薄い場合は施工機に扇型金具で取り付けられているタイヤの位置を低くする。
- ii) 更生材が厚い場合は通常よりワンランク小さい施工機を使用する。タイヤは通常のものを使用する。

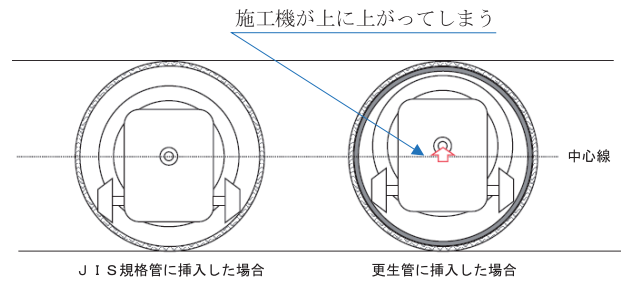


図6 上部クリアランスがなくなる様子

2通りのチェンジキットのどちらかを使用することにより、施工機の中心が下がって上部の隙間も確保され、施工が可能となる。

7. 更生管への対応② 施工

更生工法により、更生管内面はいくつかの種類がある。

- (1) 更生管内側が樹脂面（インナーフィルムが除去されている）、ホース材の場合

管更生工法は殆ど不飽和ポリエステル樹脂を使用しているため、本工法の樹脂（ビニルエステル樹脂）と付着性が良く、洗浄による下処理で施工は可能である。

- (2) 内面が樹脂面（インナーフィルムが被覆されている）の場合

エラストマー（インナーフィルム）は通常ポリエステル樹脂で作られており、フィルム表面をシリコン加工させているので樹脂には付着しないため、施工には事前処置が必要である。

エラストマー（インナーフィルム）をカッターで除去した後、一体型を施工する。

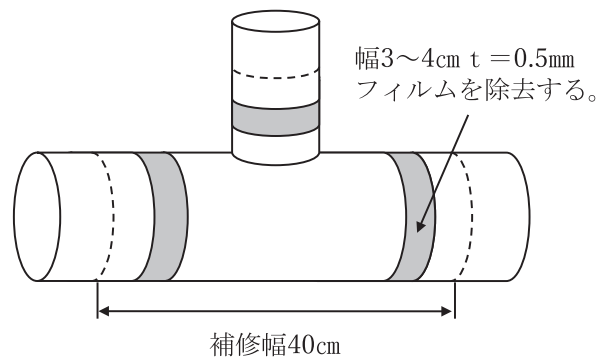


図7 エラストマー処理

エラストマー処理は更生管の一部に傷を付けるため、管理者の了承を得る必要がある。

強度的にはフィルム除去後、一体型で補修するため問題は無い。

(3) 更生管が塩ビ系の場合

塩ビ系樹脂と本工法ビニルエステル樹脂は付着性が良く洗浄による下処理で施工は可能である。

ホース材料の場合では被覆されているもの、塩ビ系材料を使用しているものがある。

8. 更生管への対応③ 圧気試験

管更生工法と本工法一体型補修の付着度合を確認するため、「圧気試験」を行った。下記はシームレスシステム工法にて更生された管を使用した試験例である。

(1) 圧気試験方法

本 管：本管ライニング管・単体

取付管：取付管ライニング管・単体

接合部：FRP内面補強工法一体型補修

両端・上部止水栓セット

エアを注入して0.05MPa 3分間エア保持していれば試験合格とする。

※FRP内面補強工法の（公財）下水道新技術推進機構での技術審査証明書（下水道技術）に準拠。条件的には水圧ではなく、エア圧方式と厳しくて0.05MPa 3分間保持としている。

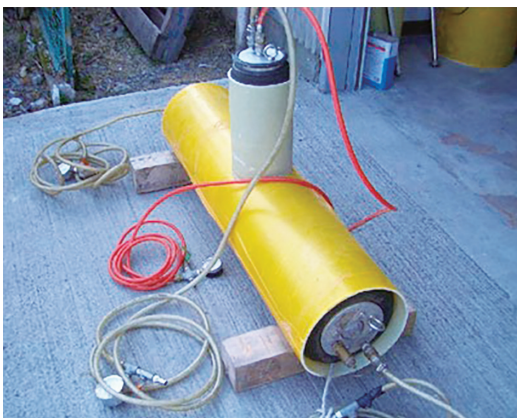


写真2 圧気試験（シームレスシステム工法）

管更生材単体を取り出して分岐用岐管を取り付け、FRP工法（取付管ライニング）を施した試験体に一体型補修（光硬化）の施工を行ない、気密試験用試験体とする。

試験体の本管部両端と岐管端部にエアパッカーでの密閉後、管内に圧力（0.05MPa）をかけた上で、3分間保持していることを確認した。

9. 施工実績

1995年度～2023年度まで

13万7750箇所（熱硬化・光硬化合計）

10. おわりに

耐震対策、長寿命化対策で、本管部は更生工法により更生されたが、接合部（取付管口）は穿孔のみのケースが多い。それは取付管の更生を併せて施工するも同様で、本管と取付管の更生材自体は縁が切れた状態である。

下水道管渠のインフラ再整備（耐久性50年間以上）の観点より安全性の向上、また止水対策として一体型の施工をされることを推奨するところである。

EPR工法による 大口径管および取付管の施工事例



熊谷 貴好
EPR工法協会
技術委員長

1. はじめに

1960年代から整備された日本の下水道施設も供用開始から60年経ち、老朽化に対する対策は喫緊の課題となっている。

EPR工法は腐食、クラック、破損、目地不良等により機能低下した下水道管きょを非開削で内面より補修する技術である。本稿ではエアーモールド型（大口径管）及びEPR-LS型（取付管）の施工事例を紹介する。

2. EPR工法の概要

EPR工法はガラス繊維強化材に常温硬化性樹脂を含浸したライニング材を専用補修装置に巻付け、エアーを充てんすることにより空気圧で既設管きょ内面に圧着、硬化させ損傷箇所を部分的に補修する工法である。

EPR工法の特徴は以下のとおりである。

- 下水道管きょ供用中の施工が可能である。
- 本管と取付管接合部の一体施工が可能である
- 常温硬化性樹脂を使用するため温度管理が不要である。また使用するエポキシ樹脂は硬化時の収縮が小さいため止水性が高い。
- 強度の高い材料を使用するため薄いライニング材で十分な強度を確保できる。
- 補修機材がコンパクトであり、騒音、交通への影響等を最小限に抑える事ができる。
- スチレン等悪臭の原因となる溶剤を含まない樹脂を使用するため臭気問題が発生しない。

3. EPR工法適用範囲

適用範囲は以下のとおりである。

【管 種】

鉄筋コンクリート管、陶管
硬質塩化ビニル管、鋼管、鋳鉄管

【管 径】（単位：mm）

本 管 呼び径	100～2000
取付管 呼び径	100～200
接合部 呼び径	本 管 150～600
	取付管 100～200

【施工延長】

本 管 呼び径	100～400	0.3m～3.0m
	呼び径 450～600	0.3m～1.0m
	呼び径 700～800	0.5m
	呼び径 900～2000	0.6m

取付管 10.0m以下



参考 EPR工法ライニング材

4. 【施工事例－1】

場所：東京都内

管種：ヒューム管

管径：φ900

状況：浸入水 エアーモールド型による施工

エアーモールド型は管径900mm以上の大口径管の補修を対象としている。

ライニング材を巻き付けた加圧チューブ（エアーモールド）を既設人孔から搬入し補修箇所を設置後エアー充填してライニング材を管路内面に圧着、硬化させる。（写真1）シンプルなシステムで必要な箇所のみ施工が行えるとともに、エアーモールド内に通水口があるため管路供用中でも施工が可能である。

作業に支障をきたす流量、流速がある場合には、仮締め切り板を使用して流量、流速を調節しながら施工する。仮締め切り板で対応できない場合は、水替えにより対応する。



写真1 エアーモールド機材



写真2 施工前状況



仮締め切り板



写真3 浸入部拡大

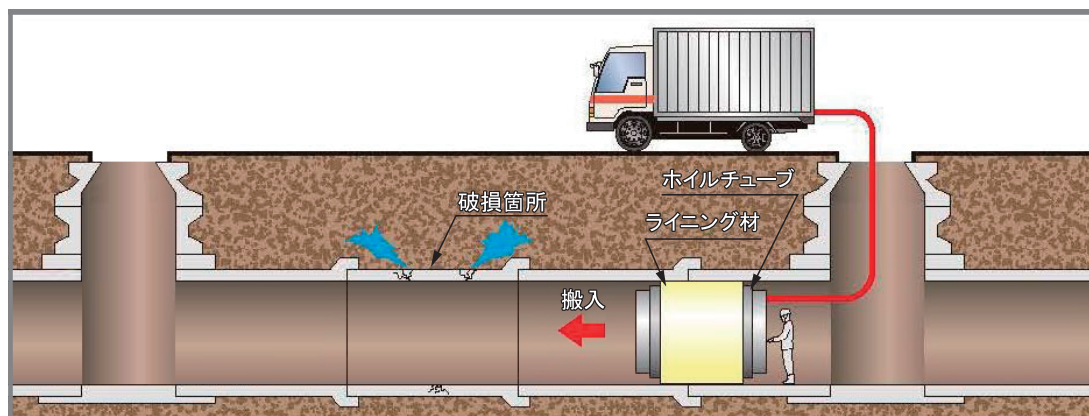


写真4 エアーモールド施工図

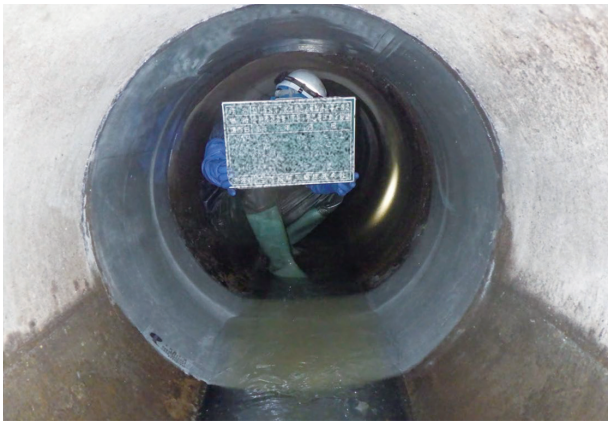


写真5 施工後状況



写真6 施工後拡大

施工前に管内確認、管内処理工を以下のとおり行う。

【管内確認】

- 補修機材が施工箇所まで搬入できることを確認する。
- 堆積物が多量にあり搬入できない場合は管内を清掃する。

【管内処理】

- 既設管表面の付着物を除去する。
- 既設鋼管にタール・エポキシ等の難接着性塗装をしている場合には塗装を除去する。
- 経年劣化が著しい場合にはディスクサンダー等で表面をはつり、既設管素地を露出させる。
- 強化プラスチック複合管に施工する場合はディスクサンダー等で表面をあらす。

5. 【施工事例－2】

場所：千葉県内

管種：硬質塩化ビニール管

管径：φ150

状況：破損

EPR-LS型による施工

【樹脂計量・含浸】

- エアーマールドの樹脂量は既定の数量、配合比率に基づき計量、攪拌を行う。

【樹脂含浸】

- 樹脂パックを含浸ローラーを使い含浸する。

【パック巻き付け】

- 含浸後の樹脂パックをエアーマールドを回転させながら離型フィルムと同一方向に巻き付けて固定する。

【機材搬入】

- エアーマールドを補修箇所まで搬入する。

【養生・硬化確認】

- コンプレッサーを使用して規定圧力に設定し、硬化完了まで養生する。硬化が完了したらエアーマールド本体のエアを抜き機材を撤去する。施工後はTVカメラまたは目視により補修後の施工箇所を確認、記録する。(写真5、写真6)



写真7 破損状況



写真8 破損状況拡大

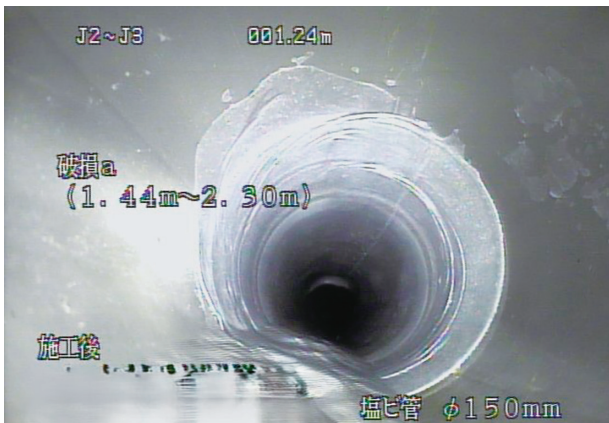


写真9 施工後状況1



写真10 施工後状況2

EPR-LS型は取付管を公共桝から本管接続部までを全面更生する技術である。EPR-LS型は、伸縮性の高い特殊チューブを使用することにより、更生管内面になめらかな曲面を構築する。

また部分的な補修についても対応可能である。

本現場では（写真8）のとおり破損箇所を部分補修するため施工された。硬化時の収縮がほとんどないエポキシ樹脂を使用することで高い止水性を発揮し、また、しわの発生がなく水の流れをさまたげない事が確認された。（写真9、写真10）

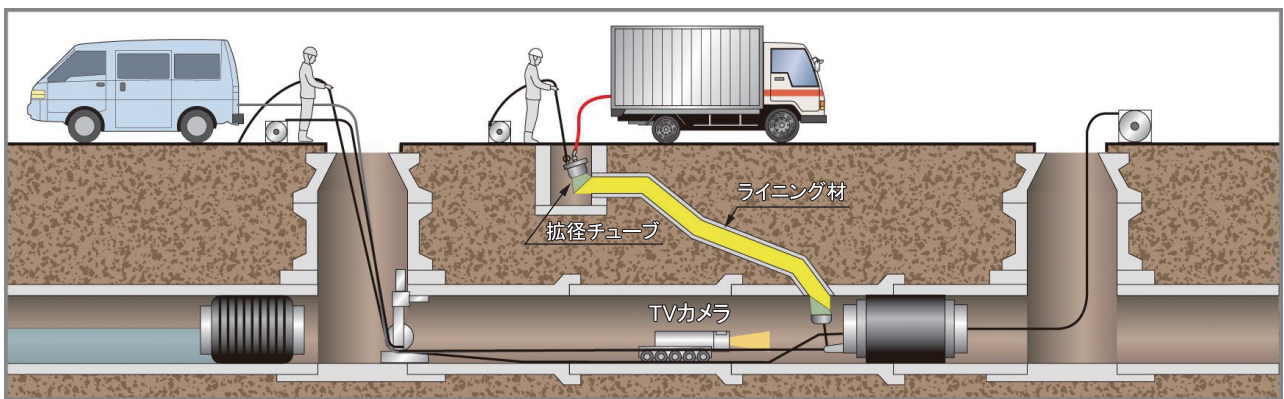


写真11 EPR-LS施工図

6. おわりに

EPR工法は工法確立から34年を数え、施工実績は累計で約30万件となります。

公共インフラは整備の時代から維持・管理の時代へ移行し、ストックマネジメントの活用によるライ

フサイクルコストの最小化が重要なテーマとなっています。

EPR工法は、管きよのあらゆる部分を効率的、経済的に補修、更生する技術として、社会資本の維持・管理に貢献してまいります。

問合せ先

EPR工法協会

〒130-0003 東京都墨田区横川3-11-15

TEL 03-3626-7298 FAX 03-3623-7377

Email : support@epr-koho.com

