

クリアフロー工法（複合管・製管工法） 大断面曲線管路への施工事例



市原 敏紀
クリアロー工法協会

1. はじめに

下水道管きょの老朽化が進み、更生等の対応が必要となってきた。矩形きょにおいては現場打ち管きょが多く、断面寸法が様々であることから、管きょ更生を行う際の対応に苦慮しているのが現状である。

このような背景から、ライニング材に装着させて一体化した補強鋼材により最適な管体強度を有した断面形状での更生を提案できる工法としてクリアフロー工法を開発し、施工実績を積み重ねている。

本工法は、表面部材を工場で加工した後に現場へ搬入して施工することから、既設管屈曲部や曲がり部への現場対応を容易にできる技術である。

2. クリアフロー工法の概要

2-1 工法概要

クリアフロー工法は、高密度ポリエチレン製の帯板状であるライニング材背面に、直線部用補強鋼材（以下、ストレートフレームという）とハンチ部用補強鋼材（以下、ハンチフレームという）を連結材（鋼材）により一体化した更生材（以下、CFエレメントという）を用いた管きょ更生工法である。

施工方法は、ライニング材の両端部を地上部または管内で熱融着によりリング状に接合した後に、ライニング材の直線部分にストレートフレームを、ハンチ部にはハンチフレームを取り付けてストレートフレームと連結することによりCFエレメントにす

る。次に、所定の位置まで搬送し、高密度ポリエチレン製のかん合材により接続して連続した管体を形成する。その後、CFエレメント内面に支保工を設置して、既設管とCFエレメントとの空隙にセメント系充填材を段階的に注入し、既設管と一体となった複合管を築造する。

クリアフロー工法は、このようにライニング材背面に補強鋼材を装着させて一体化することにより管体強度の向上を図っている。また、施工は下水道管路内に大きな機械を搬入することなく、下水供用下においても人力にて施工ができる工法である。

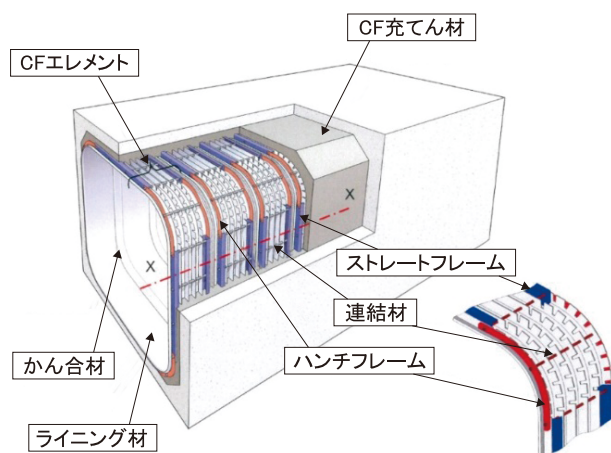


図1 更生管の構成図（矩形きょ）

2-2 適用範囲

クリアフロー工法の適用範囲を表2に示す。

表2 適用範囲

項目		適用範囲
適用管種		下水道管きょ全般
施工延長		制約はない
既設管 呼び寸法	非円形	短辺1000mm以上 長辺5000mm以下
	円形	φ2000mm以上 φ5000mm以下
既設管の 状況	段差	20mm以下
	屈曲角	曲率半径1.3B (B=既設管内幅) の曲率で製管できる屈曲角以下
	曲がり	曲率半径1.3B以上
	抜け	150mm以下
	腐食・破損	適用可能 ^{※1}
	浸入水	別途、止水工事を要する
	供用状態	水深：既設管寸法の15%以下 かつ30cm以下 流速：1.0m/sec以下 ^{※2}

※1 既設管の状況により、別途補修工事が必要な場合がある。

※2 施工条件により、これを超えた場合においても安全が確保される場合はこの限りではない。

3. 施工要領

(1) ライニング材の成形・管内搬入

ライニング材を熱融着によりリング状に成形した後に偏平させ、管内に搬入する。

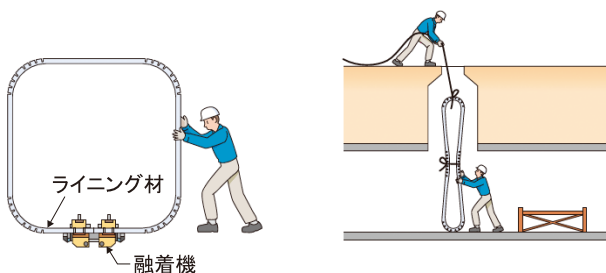


図2 ライニング材の成形

(2) CFエレメントの組み立て

管内に搬入したライニング材の直線部分にストレートフレームを、ハンチ部にはハンチフレームを装着してCFエレメントを組み立てる。

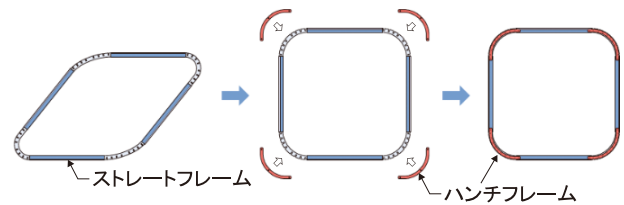


図3 CFエレメントの組み立て

(3) CFエレメントの接続

CFエレメントを順次、かん合材を用いて接続して連続した管体を形成する。

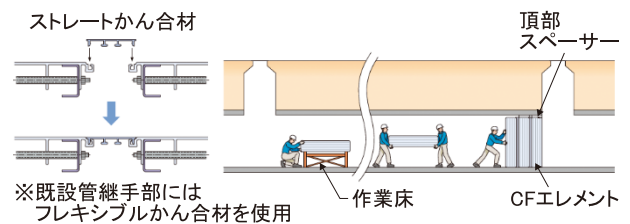


図4 CFエレメントの接続

(4) 充てん材の注入

形成した管内に支保工を設置して充てん材を数段階に分けて注入する。

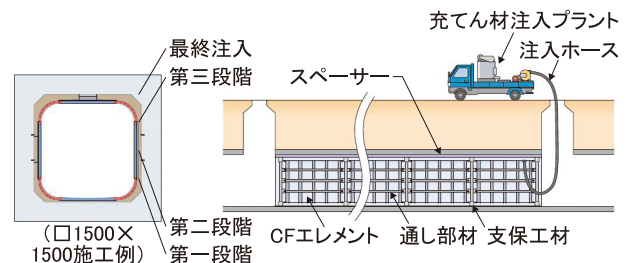


図5 充てん材の注入

3. 施工事例

クリアフロー工法は曲線部の施工においては既設管路の線形を施工前に現地測量し、ライニング材の割付計画を行う。その後、計画に基づき必要となる曲線用部材（テーパライニング材）を工場にて加工・製作し、施工現場へ搬入する。施工現場においては、施工計画に従いライニング材を順次接続するため、スムーズな施工を可能にしている。

なお、特殊ライニング材は以下の手順で工場加工する。

- ①標準ライニング材の両端部にあるかん合部を一旦切除する。
- ②かん合部を切除したライニング材を必要な形状

に切断する。(急曲線部においては更生断面に応じた形状、則ちリング状にした時にテーパリングとなるものを展開した形状(テーパライニング材)、幅を狭くする場合には必要幅となるように切断した形状(調整用ライニング材))

- ③必要な形状に切断した部分にかん合部を突き合わせ、背面から溶着により一体化させる。

3-1 Sカーブを含む路線への施工(その1)

〈工事概要〉

既設管内寸法：□2200×2000mm

施工延長：93.9m

管 種：現場打ち管きょ

当該路線は現場打ち管きょであり、現地測量の結果、複雑な曲がり管きょであることが分かった。このため、CFエレメントの割付計画を行った上で、必要となるテーパライニング材を製作した。

また、現場施工においては、割付計画に基づき製管する様に施工管理を行った。

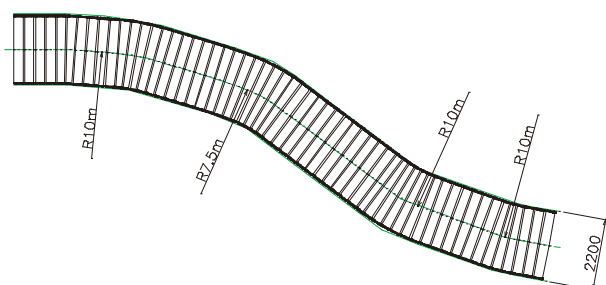


図6 管きょ線形とCFエレメントの割付図



写真1 施工前の管内



写真2 施工後の管内

3-2 Sカーブを含む路線への施工 その2

〈工事概要〉

既設管内寸法：□2050×4100mm

施工延長：70.4m

管 種：現場打ち管きょ

長辺が4mを超える縦長の矩形きょで、Sカーブを含む路線である。施工前には既設管きょの線形を現地測量し、曲率半径が約11mと9.4mであることを確認した。測量結果を基にCFエレメントの割付計画を行い、各曲線部において必要となるテーパ量を求め、テーパライニング材を製作した。また、CFエレメントの割付と測量誤差による調整しろは、フレキシブルかん合材を用いることで対応した。

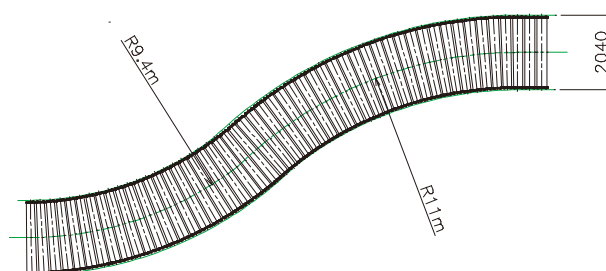


図7 CFエレメントの割付計画



写真3 施工前の管内



写真6 施工後の管内



写真4 ライニング材の管内搬入状況



写真5 施工状況

4. おわりに

今後増え続ける管きよの老朽化により、管更生分野へのニーズが益々高まるものと考えている。下水道管きよの更生においては、施工断面の検討には管体強度や流量の確保等、各現場条件による様々な対応が必要となることが課題であると感じている。また、路線の一部に急曲線部分を含む等、管路の線形が複雑であるために施工が困難な箇所への対応が望まれている。クリアフロー工法は、このような状況を踏まえ、急曲線部を含む管路においても複合管として更生することを目指して技術の改良を行っている。

施工実績は、127 物件で約 12,002m（2022 年 3 月現在）と積み重ねているが、今後、益々増え続ける老朽化した下水道管路の更生技術として、引き続き改良開発を行い、技術の向上を目指して行く予定である。

問合せ先

クリアフロー工法協会

〒543-0016

大阪市天王寺区餌差町7番6号

株式会社大阪防水建設社内

TEL/FAX：06-6761-6100

<http://www.clear-flow.jp>

E-mail：info@clear-flow.jp

工場で製作されたポリエチレン管による 管更生工法「サブライン工法」



井手 郁雄

日本サブテラシステム協会
技術委員

1. はじめに

本工法は平成13年にSUBTERRA社（英国）から技術導入して20年以上経過し、これまで主に農業用水・工業用水の圧力管を中心に管更生を行ってきました。ポリエチレン管を用いたサブテラシステムは、老朽化した既設管の更生・修復技術の分野で卓越した管更生方法として世界中のユーザーに採用されているシステムで、施工後は新品のポリエチレン管に変わります。1985年に本システムが開発、展開されて以来、施工されたサブテラシステムは上水道・工業用水・下水道・農業用水パイプラインなどの幅広い用途の既設管更生方法として採用されています。

サブテラシステム3工法のうちの一つであるサブライン工法は、JIS規格に準拠して製造されたポリエチレン管を更生材とした管更生工法です。

ここでは本工法の概要と施工事例について述べることにします。

2. サブライン工法の概要

サブライン工法は、工場で製作されたポリエチレン管を施工現場でバット融着機により融着接合し連続管としたのち特殊機械によりハート形成（縮径）しながら既設管内にウインチ等で引き込み、常温水压により円形に復元されさらに加圧することで既設管内面に密着（クローズフィット）させる工法です。既設管と一体化はしませんが圧力管の場合既設管との隙間はほとんどなく、無圧管の場合でも隙間は6

mm以下ですのでモルタル充填等はいりません。

図1に構造図を、表1に適用範囲を示す。

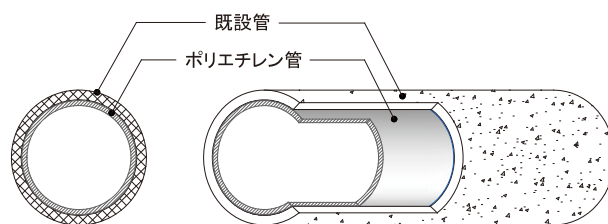


図1 ポリエチレン更生管の構造図

表1 適用範囲

項目		適用範囲
適用管種		铸铁管、鋼管、FRPM管、ヒューム管、PC管等全ての円形管
適用管径		φ 300～φ 1000
施工延長		原則制限無し (実績 φ 600x520m, φ 500x546m)
既設管の状況	段差	10mm 以下
	屈曲角	10° 以下
	隙間	原則制限無し（自立管） 都度管厚設定（ライニング管）
	曲率半径	2 DR 以上（11.25° 曲）、4 DR 以上（22.5° 曲）、8 DR 以上（45° 曲）
	浸入水	0.05MPa 以下、2.0 ℓ /min 以下
	滞留水	原則制限無し

※ D:既設管呼び径

3. 工法の特長

3-1 長スパンの施工

本工法はポリエチレン管同士のバット融着による接合で一体化し一度に施工できる長さが管径及び曲がり等の要素で変わりますが、直線であれば最大で1,000m可能です。(但し、途中で管内カメラ調査及び洗浄用立坑必要)

※バット融着とは、ポリエチレン管接合する面を加熱されたヒーターにより融解させ、その後融解した端部同士を圧着させることによって、ポリエチレン樹脂がからみ合い一体化する方法。

このバット融着部の強度はポリエチレン管母材部と同等の強度を有します。

3-2 施工期間の短縮・経済性

ポリエチレン管は他管材に比べて軽量で、小運搬及び施工時の取扱いが容易です。また、長スパンの引込工事でも可能の為、施工期間を大幅に短縮することが出来ます。最小限の掘削箇所ですむ為、とても経済的に施工できます。

3-3 流量の向上

ポリエチレン管は粗度係数及び流速係数に優れているため流量の向上が見込めます。

3-4 耐久性・耐震性

ポリエチレン管は長期寿命特性（耐用年数50年）があり、耐薬品性・耐摩耗性にも優れています。また、可撓性を有し、柔軟性に優れていますので、地震や軟弱地盤での不等沈下に追従し、流下機能が保たれます。

3-5 品質管理

ポリエチレン管は工場において厳正な品質管理の下に製造されており、施工後の肉厚の不均一等の心配が無い高品質のパイプライン形成ができます。また、常温で施工が可能な為、温度管理の必要はありません。

3-6 環境問題

ポリエチレン管は環境への悪影響物質（ダイオキシン等）の発生の心配がありません。

4. 標準施工工程

4-1 施工前管内洗浄・管内調査

既設管内の高圧洗浄及びTVカメラ車による管内

調査を行い、管内に突起物等施工上障害がある場合はスクレーパー等で除去します。(図2及び図3参照)

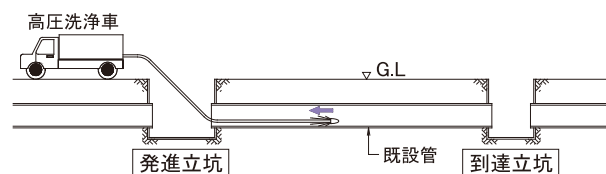


図2 洗浄工

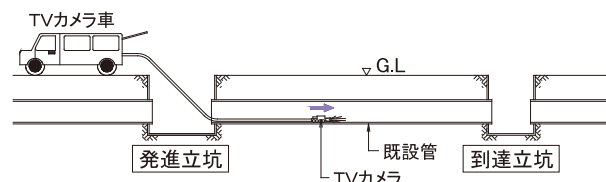


図3 管内調査工（更生前）

4-2 融着機、成形機及び引込ウィンチの設置

バット融着機、ハート形成機を発進側、ウィンチを到達側にそれぞれ設置します。(図4参照)

4-3 サブライン管（ハート形成管）引き込み

既設管内に引込用ワイヤーを通し、サブライン管にトーイング治具を取付け、既設管内へ引き込みます。引き込みの際、必要に応じて潤滑剤を塗布します。(図4参照)

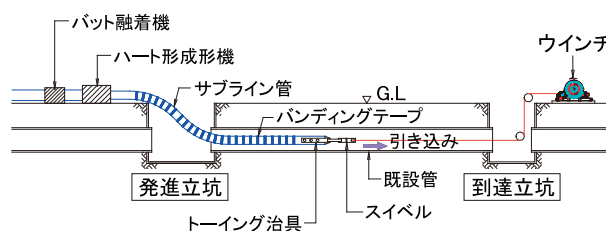


図4 引き込み工

4-4 サブライン管復元・耐圧試験

サブライン管を到達側管口から所定の長さ引き出し後切断し、端部に水圧治具を取り付け、所定の圧力（水圧）をかけてサブライン管を円形復元させます。(図5参照)

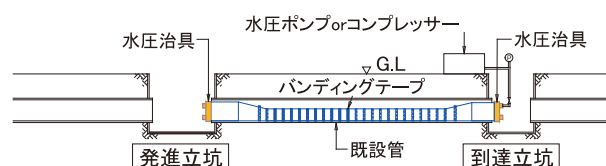


図5 円形復元工

サブライン管が完全に円形復元し、既設管内面に密着していることを確認後特殊継手等を取付け、耐圧試験を設定の時間保持します。(図6参照)

更生管端部に特殊継手等を取り付けることにより異種管との接続が可能となります。

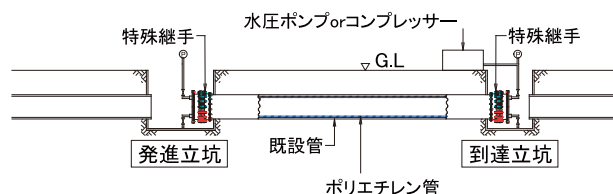


図6 耐圧試験工

4-5 施工後管内調査

耐圧試験終了後、管内調査を行い復元不良等が無いか確認を行います。(図7参照)

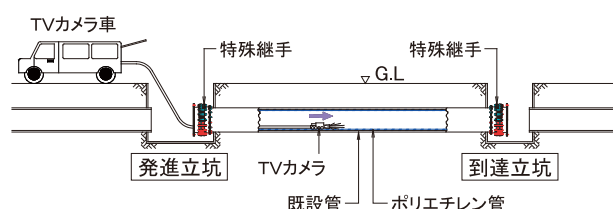


図7 管内調査工（更生後）

5. 施工事例

5-1 工事概要

工事対象管路：農業用排水路内河川横断路

施工場所：埼玉県児玉郡神川町（右岸）

～群馬県藤岡市牛田（左岸）

既設管呼び径：HP ϕ 900, HP ϕ 600

施工延長：270m (224m+46m) -- ϕ 900,
224m-- ϕ 600

ライナー仕様：呼び径900 (外径890mm, 厚さ24mm,
38.6mm)

呼び径600 (外径595mm, 厚さ16mm)

施工期間：平成 25年1月中旬～平成 25年3月初旬

施工現場は上流の取水場から田園地帯への配水路の途中の河川横断用管路(図8)で本現場における農業用水管路の現状は、河床低下により管巻立てコンクリートが露出し、表面が洗掘されており、管内においてもヒューム管内の漏水も多く、改修が急がれている状況にあった(写真1, 2)。



写真1 巻立てコンクリートの鉄筋露出状況

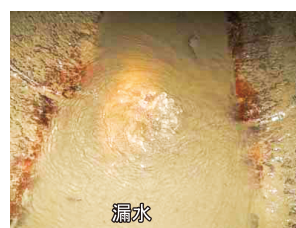


写真2 既設ヒューム管内の状況

5-2 工事内容

改修に当っては、推進工法による再構築と管更生工法による補修の2通りの方法が検討されたが、事業工期・事業費用などの観点から管更生工法が採用された。

管更生工法においても多種にわたる工法がある中、管内調査による既設管の状態、管更生延長、発進立坑の設置位置、工事費用など様々な施工条件を検討し、河川横断部分に本工法が選定された。

ϕ 900のラインについては、河川部と堤防部では強度上ライナーの厚みが著しく差があるので中間立坑を設置し2回施工とした。堤防部管厚38.6mm (SDR23) はサブライン工法標準厚 (SDR26) より少し厚めでハート形成形が懸念されたが問題なく施工。(写真3～8)

本現場は埋設深度が20m弱で非常に深かった為発進立坑が通常よりかなり大きくなってしまった。

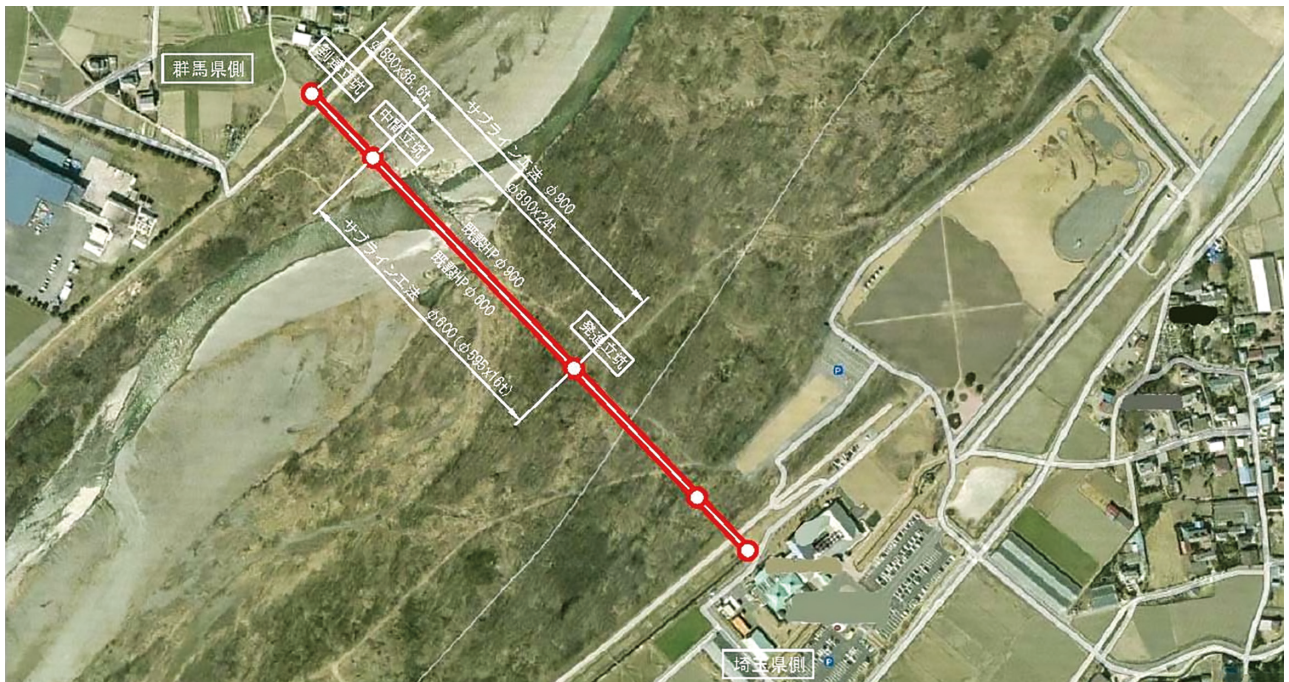


図8 施工全体図



写真3 ポリエチレン管搬入 L=10m

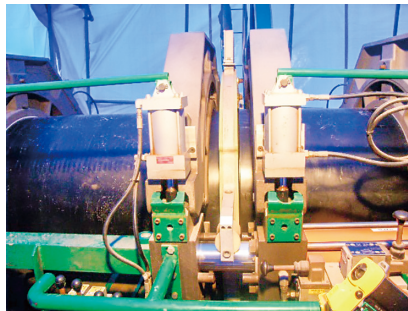


写真4 バット融着接合

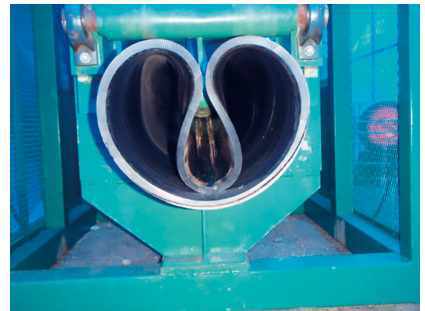


写真5 ポリエチレン管ハート形成形



写真6 トーイングヘッド取付け



写真7 サブライン管引込み挿入



写真8 水圧復元、耐圧試験

6. おわりに

今回、紹介させていただいた施工事例は施工ヤードが充分確保できた例でしたが、既設管延長線上に確保できない場合、直交方向から一定の曲率半径で引き込んで挿入した実績もあります。

サブライン工法は、適用管厚SDR26以下ですので自立管としては内圧0.4MPaまで適用可能です。今後も安全・安心・高品質・短時間施工の工法を目指し、改善、改良を重ねていく所存です。

問合せ先

日本サブテラシステム協会

〒112-0003

東京都文京区春日2-22-5-401

日本リックウィル(株)内

TEL：03-5803-1581 FAX：03-5803-1590

<http://www.subterra.jp/>

PFL工法

円形・矩形の施工事例



前田 浩司
ポリエチレンライニング工法
協会 事務局長

1. はじめに

既存の下水道管の耐用年数は一般的に約50年といわれているが、近年、生活環境の変化に伴い耐用年数が短くなっている。また、都市部においては高度経済成長時に数多く埋設され、耐用年数である50年を過ぎた老朽管が未だ多く存在している。これらの埋設管はいずれ経年劣化や近年多発している地震による道路陥没など住民に対して安全を脅かすことが懸念される。これらの問題に対して、近年、下水道管更生工事が多くの自治体で採用されている。しかしながら、地下埋設物においては、色々な形状や施工条件など通常の施工では不可能である現場も存在しているのが現状である。

我々、ポリエチレンライニング工法協会としては、自治体が抱える問題に対して工夫や開発を進め、これらの問題を解決し、地域社会に貢献してきた。

本稿では、「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン」に適用した複合管更生工法PFL工法の特徴、施工事例等を紹介する。

2. PFL工法の概要

PFL工法は、既設管きょ内面に高張力炭素繊維グリッド（以下、KBM）を取付け、その後、表面部材である高密度ポリエチレン（以下、PLライナーおよびPLパネル）を設置し、既設管とPLライナーおよびPLパネルとの隙間に専用モルタル（以下、PL注入材）を注入し、下水道管きょの更生を行う工法である。

注入材硬化後、表面部材と同材質の高密度ポリエ

チレン溶接棒を用いてPLライナーおよびPLパネルの継ぎ目を溶接することにより、水密性を確保している。また、KBMを補強材料としていることで、高強度の複合管を構築し、強度復元が期待できる。PFL工法の概要図を図1に示す。

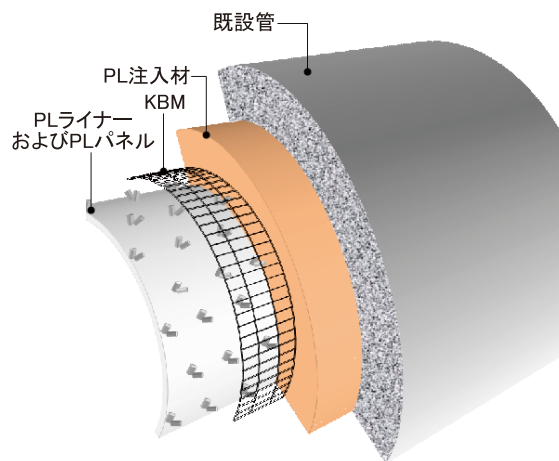


図1 PFL工法の概要図

PFL工法は専用の大型機械を使用することなく施工でき、更生材料を任意形状に加工することで、管きょ途中での断面変化にも対応でき、1スパン及び部分更生も可能とした大口径更生工法である。

本工法は平成18年度建設技術審査証明を取得している。また、このPFL工法の表面部材には伸び特性に優れた高密度ポリエチレンが使用されているため、地震動による既設管の挙動に対しての追従性を有することで耐震性に有効である。

3. 特徴

- ①円形・矩形・馬蹄形など様々な既設管形状に対して施工可能。
- ②耐薬品性、耐摩耗性に優れた高密度ポリエチレン製の表面部材を使用。
- ③表面部材は約600%以上の伸び性能を有し、地震時の管きよの挙動に対して優れた追従性。
- ④高強度の注入材、高張力の補強材を使用することにより強度復元が期待できる。

4. 更生材料の特徴

PFL工法は主に表面部材のPLパネルおよびPLライナー、充填材であるPLモルタル、補強材であるKBMの3つの材料で構成されている。各材料の特徴は以下に示す通りである。

【PLパネルおよびライナー】

耐薬品性、耐摩耗性にすぐれた高密度ポリエチレン製であり、裏面に千鳥状に配列された突起が注入材と一体化し、優れた固着性を有する。また、伸縮に対して柔軟な（破断時の伸び率650%以上）特性がある。PLライナーを写真1にPLパネルを写真2に示す



写真1 PLライナー



写真2 PLパネル

【PLモルタル】

本工法に適合するように開発された注入材であり、高強度（圧縮強度45N/mm²以上）、無収縮、ノンブリージング、高流動という特性をもつ注入材である。

【KBM】

引張強度1,400 N/mm²、引張弾性係数100,000 N/mm²と非常に高張力を有し、腐食した鉄筋に代わる引張補強材として使用できることから、強度復元が可能である。また、KBMは鉄筋に比べ非常に軽量・

薄肉であり錆びによる劣化も発生せず、施工性に優れている。KBMを写真3に示す。



写真3 KBM

5. 適用範囲

PFL工法の適用範囲を以下に示す。

- 管 種：鉄筋コンクリート管
形 状：円形、非円形（矩形，馬蹄形，門形）
管 径：円形の場合、呼び径800 mm 以上
非円形の場合、管きよ内で作業員が作業できること
施工延長：制限なし

6. 施工手順

- 洗浄・前処理工
↓
補強材設置工
↓
表面部材設置工
↓
注入前処理工：注入を行うための端部閉塞および注入・排出口の設置。
↓
注 入 工：所定の品質管理を行い、注入口より注入し、排出側から注入材が排出されるまで注入を継続。
↓
目地部溶着工：溶着機を用いて、管きよ内から目地を溶着。
↓
端部仕上げ工：管口の材料を切断し、仕上げを行う。

7-1. 施工事例 円形

円形の施工事例を下記に示す

①洗浄前処理工

既設管きよ内の洗浄および木根等の除去を行う

②補強材設置工

管きょ内にコンクリートにて補強材を設置。(写真4)

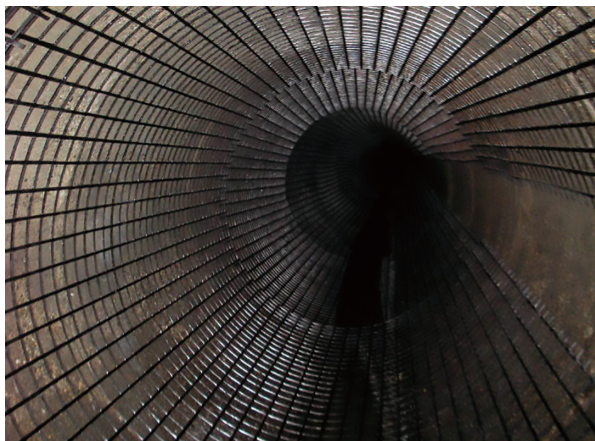


写真4 補強材設置

③表面部材設置工

PLパネルまたはPLライナーを管きょ内に挿入し、内面に専用型枠を設置。(写真5)



写真5 表面部材および型枠設置

④注入前処理工

注入を行うための端部閉塞および注入・排出口の設置。

⑤注入工

所定の品質管理を行い、注入口より注入し、排出側から注入材が排出されるまで注入を継続。

⑥目地部溶着工

注入材養生後、型枠を脱型する

その後溶着機を用いて、管きょ内から目地を溶着。(写真6)



写真6 目地部溶着

⑦端部仕上げ工

管口の材料を切断し、仕上げを行う。



写真7 完成

7-2. 施工事例 矩形

矩形管きょに関しても円形と同様の施工手順で施工を行う。矩形管きょの施工を行う場合、基本的にはPLパネルを使用するが、その他の材料は円形と同様。

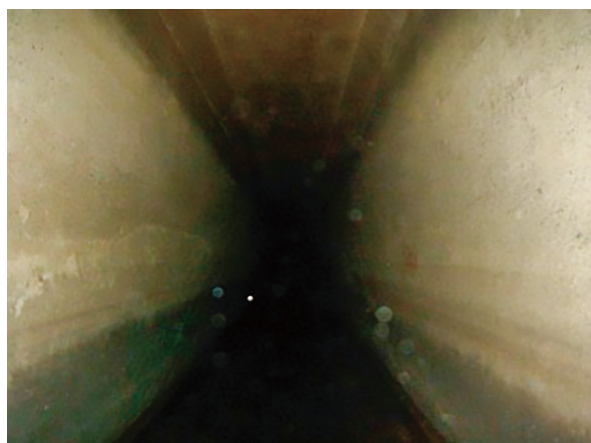


写真8 矩形管きょ施工前



写真9 補強材設置



写真10 完成

8. リサイクルへの取り組み

現場で破棄するポリエチレンのリサイクルへの取り組み

一般的にリサイクルといえば、破棄材料を全く違う商品（例えば、ペットボトルをハンガーに再製造）にすることが多いと思われるが、我々は、現場で発生した端材のポリエチレンを再び現場で使用できる材料にリサイクルすることに取り組んでいる。（図2）



図2 リサイクルへの取り組み

また、当工法協会のリサイクルへの取り組みが評価され、「平成28年度（第9回）国土交通大臣賞（循環のみち下水道賞）」アセットマネジメント部門において受賞した。（写真11）



写真11 循環のみち下水道賞 受賞

9. おわりに

下水道事業においては、耐用年数50年を経過した老朽管きょが増大し、維持修繕や補修工事の増加が見込まれている。老朽管きょの多くは断面変化や段差・隙間など現場状況がさまざまであり、これらにフレキシブルに対応でき、強度復元や耐震性能に優れた管更生工法としてPFL工法は有効であると考えている。

また、ポリエチレンライニング工法協会は今後なお一層、環境貢献ができるように取り組んでいく所存である。

問合せ先

ポリエチレンライニング工法協会

〒652-0866兵庫県神戸市兵庫区遠矢浜町2番44号

株式会社トラストテクノ内

TEL：078-595-9492 FAX：078-595-9493

URL <https://www.poly-lining.org>