

SGICP-G 工法 反転工法・形成工法に 柔軟に対応した施工事例



小柏 晃
3SICP 技術協会
技術委員

1. はじめに

令和3年度末における、全国の下水道管きよの総延長は約49万kmとなっており、その中には標準耐用年数の50年を経過した管きよの約3万km（総延長の6%）が、10年後には約9万km（約18%）、20年後は約20万km（約40%）と今後教則に増加する。

昨今の豪雨災害などの影響もあり、老朽化した下水道管きよの機能向上および維持管理が必要な状態となっている。しかしながら、下水道管きよの多くは市街地に施設されているため、開削工法の適用が難しく、非開削で施工を行える管更生工法が採用されている。

その中でも現場硬化型の工法であるSGICP-G工法について本文章で紹介する。

2. 工法の概要

2-1 概要

SGICP-G工法は、耐酸性を有するガラス繊維と不織布を複合した基材に熱硬化性の樹脂を含浸した更生材を既設管きよ内に反転または引き込みにより挿入し、空気圧によって拡径して既設管内面に密着させる。その後、温水循環により加熱して樹脂を硬化させ、所定の強度と耐久性を有した更生管を形成する。

2-2 工法の特徴

- (1) 反転工法・形成工法どちらでも対応可能な材料構成となっている。
- (2) 「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）に従って耐荷性能、耐久性能、耐震性能等を検証しているため、レベル2地震動にも対応した耐震性を有し、優れた耐久性を有している。SGICP-G工法の更生材の概要を図1に、基本物性を表1に示す。

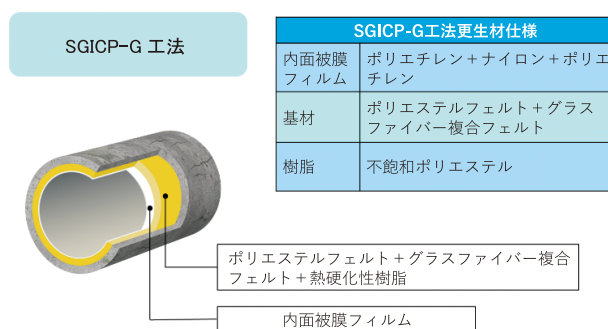


表1 基本物性

項 目	物性値 (単位：MPa)
長期曲げ強さ	45
長期曲げ弾性率	3,500
短期曲げ強さ	89
短期曲げ弾性率	5,880
短期引張強さ	50
短期引張弾性率	6,000
短期圧縮強さ	50
短期圧縮弾性率	4,000

- (3) (公社)日本下水道協会の認定工場制度における認定工場（湘南合成樹脂製作所茨城柿岡工場）で製造したⅡ類資器材登録製品では、耐薬品性および耐震性能確認に必要な引張試験と圧縮試験を免除することができる。

3. 適用範囲

鉄筋コンクリート管、陶管、硬質塩化ビニル管などの標準的な管径だけでなく、特殊な管径にも柔軟に対応可能である。また、継手部の屈曲やすき間、段差にも対応可能である。

SGICP-G工法の標準的な適用範囲を表2に示す。

表2 適用範囲（標準）

項 目	適用範囲
対象管種	鉄筋コンクリート管、陶管、硬質塩化ビニル管
対象管径	200～800（本管）
施工延長	200～800：70m（反転工法） 200～600：70m（形成工法） 700：50m（形成工法）
管きよ継手部	屈曲角 15度以下
	すき間 80mm以下（反転工法） 120mm以下（形成工法）
	段差 30mm以下
	横ずれ 30mm以下
	一部滞留水 50mm以下（反転工法） 70mm以下（形成工法）
浸入水	水圧 0.08MPa以下 流量 2L/分以下

4. SGICP-G工法の施工工程

SGICP-G工法の更生材の挿入方法には、反転工法のタワー方式、反転機方式と形成工法の引込方式がある。前処理や硬化工、管口仕上げ工は共通の工程となるが、既設管内への更生材挿入方法が各方式によって異なる。

タワー方式では、下流側人孔にタワー仮設を設置し、水頭圧を利用して更生材を既設管内に反転挿入する。

反転機方式では、更生材を巻き取った反転機車を下流入孔に配置し、空気圧を利用して更生材を既設管内に反転挿入する。

引込方式では、ウインチを使用して更生材を下流入孔より既設管内に引き込み挿入する。

SGICP-G工法の標準的な施工フローを図2に示す。

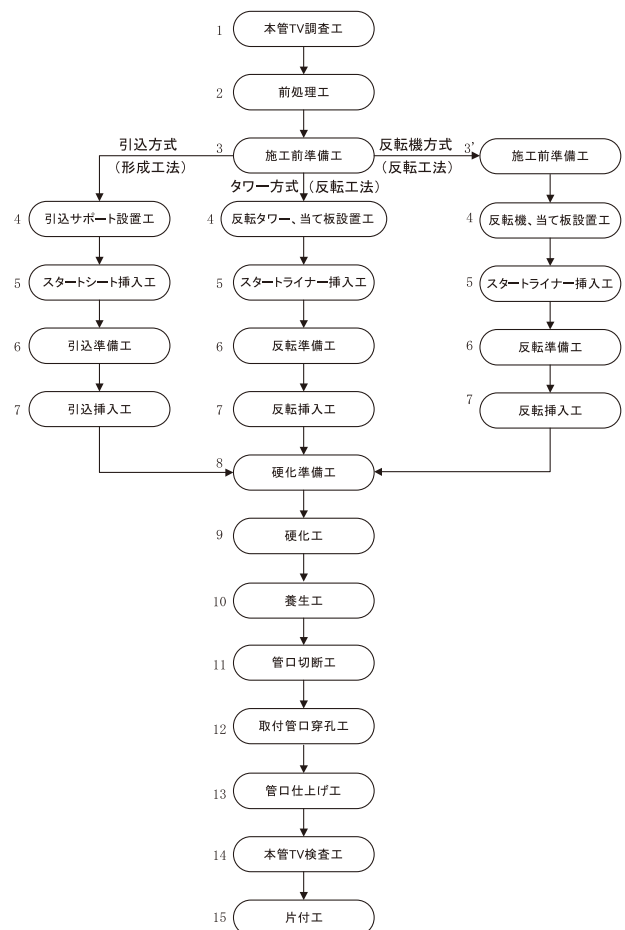


図2 標準施工フロー

5. 施工事例

SGICP-G工法の施工事例として2つの事例を挙げる。ひとつ目の事例はタワー方式（反転工法）と引き込み方式（形成工法）を併用した事例となる。ふたつ目の事例はタワー方式（反転工法）で補助チューブを使用した事例となる。

5-1 【事例1】管径600での施工事例

まず、ひとつ目は、SGICP-G工法における呼び径600での反転工法と形成工法の併用による施工事例を紹介する。

本件は、道路横断管で管路延長は19.6mであった。上流側人孔が□600×700の特殊形状の人孔であり、標準的な引込施工を行うと引き込み用のガイドが障害となるため、施工が困難な状態であった。また、下流側管口まで7mほど矩形きょがあることや施工起点となる下流側人孔の上部には電線や電話線があり、反転工法での施工も困難な状況であった。そこで反転工法と形成工法のどちらでも施工可能な工法の利点を生かし、上流側人孔の管口付近まで引き込み施工により、更生材を既設管内に引き込み、上流側管口から出ていない残った部分を空気圧により反転して施工を行った。

この方法により、反転工法、形成工法のどちらかだけでは対応が困難であった施工現場において更生管を構築することができた。

写真1に施工前、写真2に施工後、写真3に上流側の特殊形状人孔を示す。



写真1 施工前



写真2 施工後



写真3 上流側特殊形状人孔

5-2 【事例2】管径700での施工事例

次にふたつ目としてSGICP-G工法における呼び径700での反転工法での施工事例を紹介する。

本件は、管径700で管路延長は55.56mでタワー方式による反転工法での施工であった。

タワー方式での反転は、トップ反転とボトム反転があり、管径700ではトップ反転での施工となる。

トップ反転では、更生材の未含浸余長部分にトップカラーを取り付けて水頭圧で既設管内に反転挿入する。今回の事例では硬化工を行う際の作業性向上のため、反転補助チューブを使用し、トップカラーの取付高さを地上1.5m程度とし、その上に反転補助チューブを取り付けて反転に必要な水頭高さを確保した。

この方法では反転作業終了後、トップカラーから反転補助チューブを切り離し、地上1.5mの高さに配置したトップカラーに圧力蓋を取り付けて硬化工を行う。

これにより、硬化中の圧力調整を安全かつ効率的に行うことができる。

図3に反転補助チューブを用いたタワー反転の概要、図4に硬化工の概要、図5に反転補助チューブ使用概要、写真4に施工前、写真5に施工後を示す。

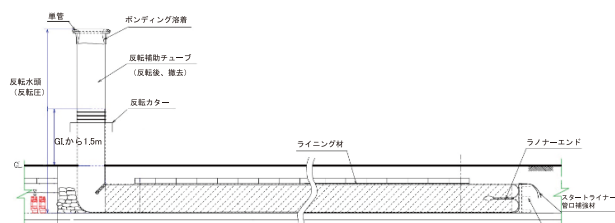


図3 タワー反転概要

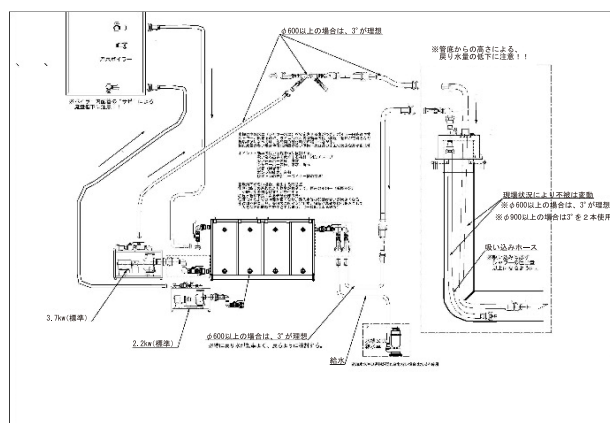


図4 硬化工 概要

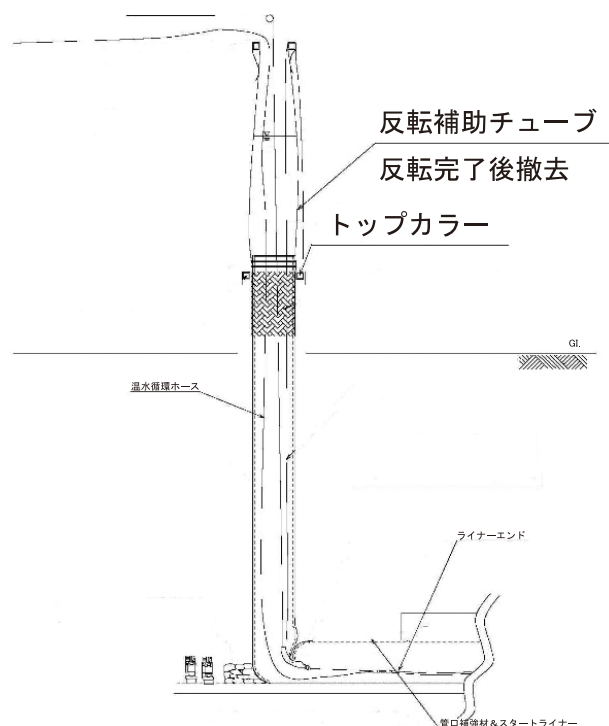


図5 反転補助チューブ使用概要



写真4 施工前



写真5 施工後

6. おわりに

今回紹介した施工事例のように反転工法・形成工法、いずれにも対応可能な工法の利点を活用し、様々な施工条件に柔軟に対応できるよう、今後とも新しい手法や材料の開発に努めていきたいと考える。

今後もさらなる品質向上、施工性向上に向け、引き続き技術改善等に取り組み、下水道管きよの維持管理事業の一助となるよう努めていく所存である。

問合せ先

3 SICP技術協会

東京都千代田区神田佐久間3-15 EST秋葉原1F

TEL 03-5829-3581 FAX 03-5829-3791

<http://www.3sicp.jp>

FFT-S 工法 狭隘地での施工事例



鷹股 智司
FFT工法協会
技術担当

1. はじめに

老朽化した下水道管きょの増加に伴い、管きょ更生工法が注目されはじめ、近年では多くの自治体で更生工事の発注が増加している。

FFT工法協会は、小口径から大口径までをあらゆるニーズに対応できる技術を保有しており、呼び径150から呼び径800までを対象としたFFT-S工法、呼び径800以上を対象としたストリング工法の2種類の工法がある。中でもFFT-S工法は1998年に上市されてから2022年度までに、累計1,564kmの実績を有している。

2. FFT-S工法の概要

FFT-S工法は、損傷や腐食した既設管きょ内部にFRPパイプを構築する非開削管更生工法である。更生材である樹脂含浸ガラスライナーは、耐酸性ガラス繊維等をサンドイッチ構造に貼り合わせた材料に、熱硬化性の樹脂を含浸させたものである。

施工は、更生材の保護と牽引力の低減を目的としたスリップシートを既設管きょ内に引き込んだのち、更生材を引き込み空気圧で拡張させた後、蒸気と空気を混合させた熱風を供給しながら硬化させ、FRPパイプを構築する。

樹脂含浸ガラスライナーには、以下①～③の3種類がある。全てのタイプで、必要強度に応じて厚さを変えること可能である。

- ①自立管を目的とする高い強度を有し、既設管への追従性を有する「Gタイプ」
- ②防食や止水等を目的とし、適度な強度を有する「Lタイプ」
- ③2023年3月に新たに審査証明を取得した、高強度・薄肉化かつ施工時間の短縮を図った自立管対応の「Hタイプ」

①および②は、日本下水道協会のⅡ類資器材に登録され、樹脂含浸ガラスライナーの製造工場においては、工場認定制度の適用を受けている。

表1 FFT-S工法適用範囲

管種	鉄筋コンクリート管、陶管、銅管、 鋳鉄管、硬質塩化ビニル管
管径	呼び径150～800
施工延長	呼び径150～700：100m 呼び径800：80m
施工適用範囲	屈曲角10°以下 段差30mm以下 隙間110mm以下 滞留水100mm以下 浸入水水圧0.05MPa 流量2L/min以下

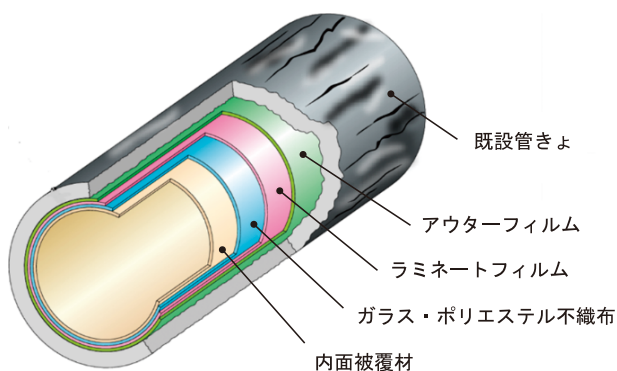


図1 更生管の概要

3. 施工事例

工事場所：F市

施工時期：令和5年度

既設管径：呼び径250

施工延長：39.1 m (29.2 m+9.9 m)

【現場状況】

従来、管更生施工では中型・大型の施工車両や仮設備が必要であり、施工管きよにそれらの車両や設備が近接する必要がある。

今回の施工対象路線は、狭隘な住宅地で、歩行者用通路の確保を考慮すると施工車両を路線上に進入させての施工は不可能な状況である。また対象路線上には建築中の民家があり、施工車両進入に伴う車道占有は民家施工業者との工程調整で困難があった。そこで、対象路線上には施工車両を乗り入れず、しかも民家建築作業への影響を最小限に抑え、かつ沿道住民の確実な通路確保が可能な2スパン連続施工を計画した。

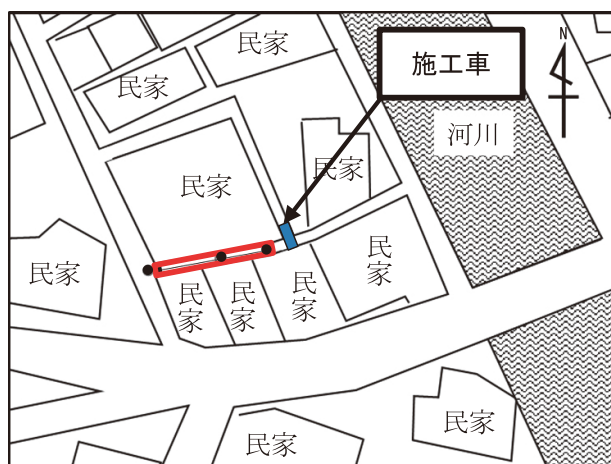


図2 現場周辺状況



写真1 現場状況

3-1 中間マンホール状況確認

2スパン連続施工を行うにあたり、中間マンホール部で大きな曲がりや段差がないことを確認する。



写真2 中間マンホール状況

3-2 FFT-S工法の施工工程

これより、FFT-S工法の施工事例をもとに説明を行う。まず、本工法の標準施工工程を図3に示す。

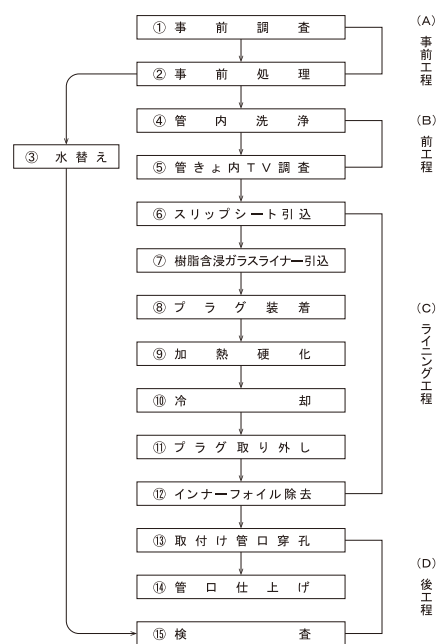


図3 FFT-S工法施工フロー図

3-2-1 樹脂含浸ガラスライナー引込

今回の現場ではフロー図内の樹脂含浸ガラスライナー引込工程にて、中間マンホールに侵入し、樹脂含浸ガラスライナー通過の際に樹脂含浸ガラスライナーの過拡張を防止する保護ジャケットを被せる。

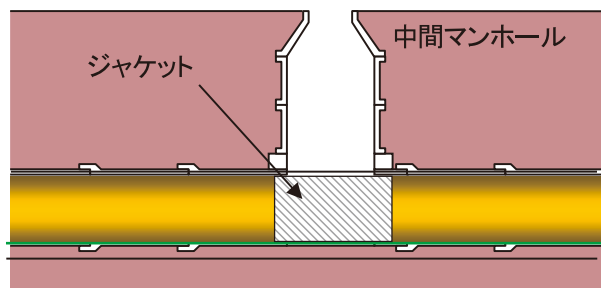


図4 中間マンホール対応

3-2-2 プラグ装着

樹脂含浸ガラスライナー到達後、上下流管口部にも保護ジャケットを被せる。その後、両端部を人孔の中心部で切断する。

切断後、プラグ（樹脂含浸ガラスライナー内部に混合蒸気を送り込むための治具）を装着し、プラグと樹脂含浸ガラスライナーを締め具にて固定する。



写真3 プラグ装着後状況

3-2-3 加熱硬化

プラグ装着後は、加熱硬化に移行する。硬化時間および硬化温度の管理は以下のとおりである。

表2 FFT-S工法硬化管理

呼び厚さ (mm)	前硬化 入口 70～95℃ 出口 70℃以上	後硬化 入口 105℃～125℃ 出口 105℃以上
5 以下	60 分以上	60 分以上
6 ～ 7		90 分以上
8 以上		120 分以上

【臭気対策】

樹脂含浸ガラスライナーの最外層には、高いガスバリア性を有しているアウターフォイルが配置されており、外部にスチレン等の臭気が漏れないようになっている。

さらに硬化時に発生する臭気対策として、上下流のマンホール口にて脱臭装置による臭気対策を講じる。

また沿道住民の方々には工事に伴い臭気が発生する恐れがあることを工事件名板等で予めアナウンスし、周知徹底を図っている。

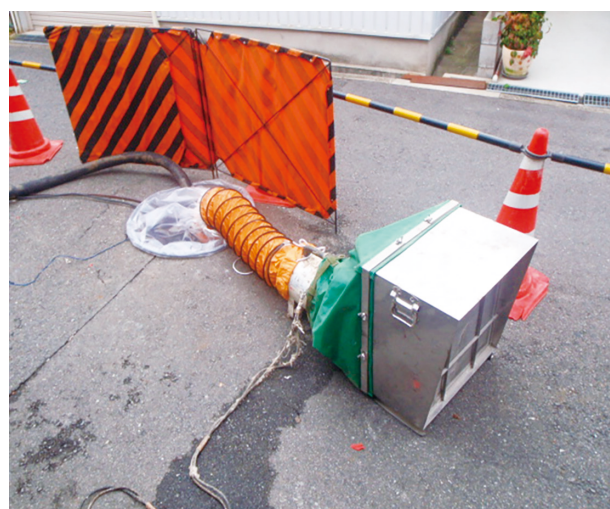


写真4 脱臭装置設置状況



写真5 工事件名板による臭気発生に関するお知らせ状況

4. 出来形確認

2スパン連続施工時の中間マンホール状況は以下のとおりである（写真6）。



写真6 (左) 連続施工部硬化後、(右) 同部切断状況

施工後前後の管内状況および管口状況を下記に示す（写真7-10）。

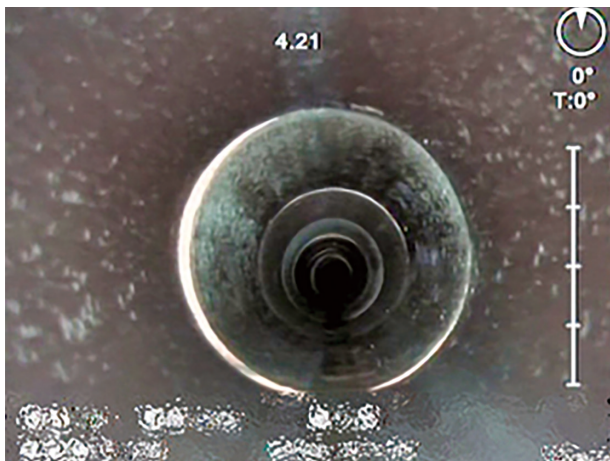


写真7 施工前管内状況



図2 現場周辺状況



写真9 施工前管口状況（中間マンホール上流）



写真10 施工後管口状況（中間マンホール上流）

5. おわりに

今回紹介した施工事例は対象路線上には車両を乗り入れず、沿道への影響を最小限に抑え、かつ2スパンを連続で施工することにより工期短縮を図った事例となる。当工法では他にも狭小地で今回よりもさらに施工車と対象路線が離れている条件化で蒸気ホースを延長することにより施工可能とする非近接施工など、様々な現場状況に応じ柔軟に対応することが可能である。そして今後より多くの難しい現場条件に対応できるよう施工技術の改善を図っていく所存である。

またコロナ禍においては、対面による研修会等が困難なため、当協会ではいち早くオンラインを活用した勉強会や研修会の導入。また異業種からの転職者などの新人に向けた教育用映像コンテンツの制作にも取り組んでおり、技術力の拡充を図っている。

最後に、本工事の施工にあたり、発注者様をはじめ関係者の皆様方に多大なるご支援と御指導をいただいた件について、この場をお借りして深く御礼申し上げます。

問合せ先

FFT工法協会 大阪事務局

〒530-0001

大阪市北区梅田3-1-3タキロンシーアイシビル(株)内

TEL 06-6453-7170

FAX 06-6453-5310

<https://www.fft-s.gr.jp/>

パルテムSZ工法の概要と施工事例について



升野 健一
パルテム技術協会
反転・形成技術委員

1. はじめに

明治17年に日本で初めて下水道が作られ、整備が本格化したのは、都市部への人口集中が進んだ戦後の高度経済成長期である。産業の発展と共に本格的整備が始まり、2020年度末における国土交通省の調査では、全国の管きょ総延長は49万kmとなった。その内、耐用年数の50年を超過した管きょは、2021年度時点で2.5万km、10年後の2031年では8.2万km、2041年には19万km*となり、今後の急増に対する計画的な老朽化対策が必要であると考えられる。しかし、現在の交通事情等を踏まえると、開削による管きょの取り替えは困難であるため、非開削で施工ができる管更生工法且つ、地震大国でもある日本に対応できる、高強度および耐震性を兼ね備えたものが重要になってくると考える。本稿では、高強度および耐震性を有する管きょ更生工法であるパルテムSZ工法の概要と施工事例を紹介する。

2. パルテムSZ工法の概要

2-1 工法の概要

パルテムSZ工法は、円筒状に成筒されたSZライナーを管きょ内に引き込み、圧縮空気および蒸気を用いて管きょ内面に圧着、硬化させて自立管強度を

有する、GFRPパイプを形成する工法である。また、非開削で複雑な施工設備を用いることもなく、短時間施工を可能とする特徴をもっている。

2-2 工法の特長

- (1) 『管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン』に規定される自立管の耐荷性能、耐久性を全て満足している。
- (2) 『管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン』に基づく耐震設計が可能であり、東日本大震災で被災した管きょの調査結果でも、パルテムSZ工法で施工した更生管には損傷や漏水が生じていないことを確認している。
- (3) SZパイプの内面は、粗度係数が既設管よりも小さいため、管内径が縮小しても流下能力は低下しない。
- (4) SZライナーは、厳しい品質管理のもとで製造され、現場では綿密な施工管理が行われているため、均一で安定した品質を得ることができる。
- (5) SZライナーは、(公社)日本下水道協会認定工場制度のⅡ類資器材登録材料である。
- (6) 二層構造管仕様にも対応可能であり、経済的に管きょの更生も実施できる。

2-3 適用範囲

表1 パルテムSZ工法の適用範囲

項 目	適 用 範 囲
管 種	鉄筋コンクリート管、コンクリート管、陶管、硬質塩化ビニル管
口 径	φ 150～φ 800
標準施工延長	100m 以下
継 手 段 差	30mm 以下
曲 が り	10° 以下
滞 留 水	50mm 以下
継 手 隙 間	50mm 以下
浸 入 水	水圧 0.05MPa 以下、流量 2ℓ/min 以下

2-4 SZライナーの構造

パルテムSZ工法では、硬化前の更生材をSZライナー、硬化後の更生管をSZパイプと呼んでいる。SZライナーは、被覆材と円筒補強織物で構成された強靱なベースホースに、ガラス繊維を含有する熱硬化性樹脂シートと保護クロス巻き付け、梱包フィルムとカバークロスで包み込んだ構造となっている。また、SZパイプの最内面にあるベースホースは独自の技術により継ぎ目がない円筒状の織物に、熱可塑性樹脂を被覆しているため、非常に高い水密性を有しており、高伸度で、地盤追従性や耐衝撃性に優れている。熱硬化性樹脂シートは耐酸ガラス繊維のチョップドストランドに、耐久性、耐薬品性に優れた熱硬化性樹脂を含浸させ、施工中に樹脂が流出しないよう増粘したシートであり、SZパイプの主要な強度部材である。

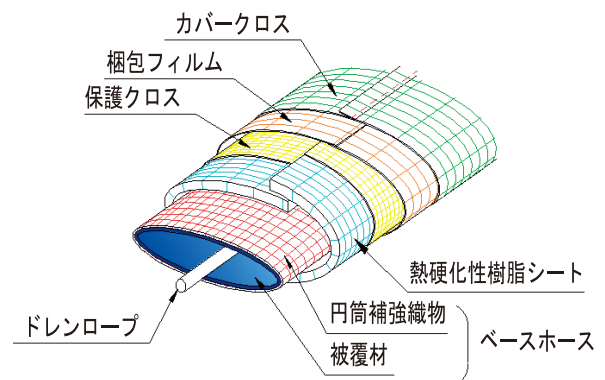


図1 SZライナーの構造図

2-5 施工方法

パルテムSZ工法は、SZライナーをマンホールから管きょ内に引き込み、両端をSZシーラーでピンチし、圧縮空気および蒸気を用いて管きょ内面に圧着、硬化させてSZパイプを形成する工法である。管内引込工では、リールに巻かれたSZライナーをマンホール上に設置し、ワイヤーロープとウインチにて直接管きょ内に引き込む。また、大口径の場合は送り出し装置を用いることで、容易に引き込むことを可能としている。拡張加熱工では、蒸気加熱の際に硬化を阻害するドレン水が発生するため、SZピローの使用により、SZライナー内に溜まったドレン水を効率良く排出させて硬化不良を防止し、安定した品質を確保する。

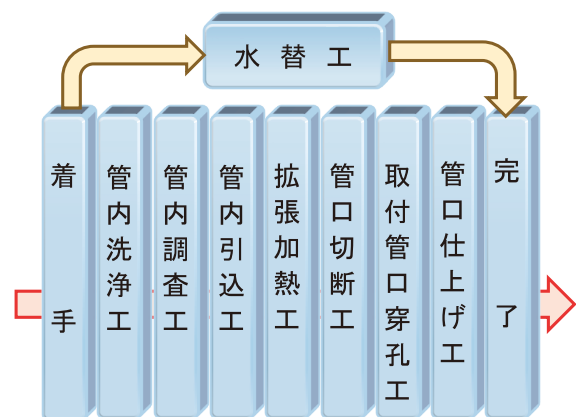


図2 施工工程フローチャート



写真1 施工前後の管内状況

3. パルテムSZ工法の耐震性

3-1 地盤変位に伴う既設管への追従性

管長1mの鋼管2本を突き合わせ、その内側にSZライナーを装着した供試体を試験機にセットし、供試体に規格30mmを上回る40mmの軸方向変位を加えた後、0.1MPaの内水圧を3分間負荷させ漏水の有無を確認した。また、内水圧を保持した状態で更に供試体を規格の1°を大きく上回る8°屈曲させ、3分間圧力を保持して漏水の有無を確認したところ、ベースホースによって漏水が防止でき、SZパイプは地盤変位に伴う既設管への追従性を有することが認められた。

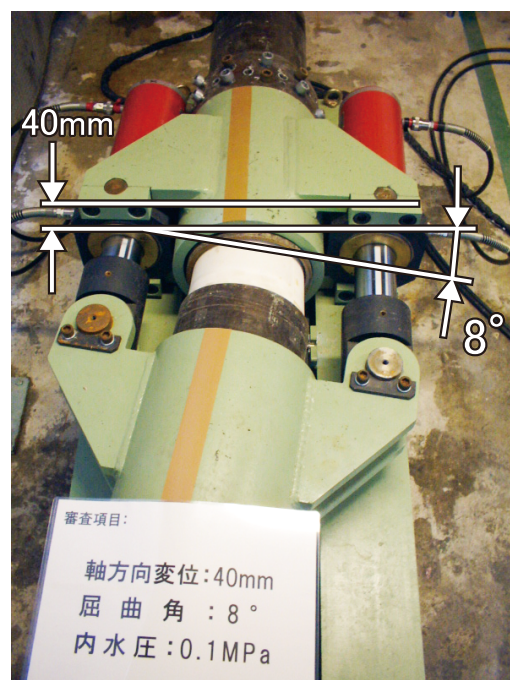


写真2 地盤追従性試験状況

3-2 耐衝撃性

パルテムSZ工法では、地震発生時の管きょに加わる大きな衝撃を考慮し、独自に耐衝撃性の評価を実施している。管長2mの鉄筋コンクリート管2本を突き合わせ、その内側にSZライナーを装着した供試体を架台で片持ちさせて固定し、供試体端部に100kgの錘を2mの高さから落下させて、供試体を10°屈曲させる。その後、0.1MPaの内水圧を3分間負荷させ、漏水の有無を確認した。試験の結果、強い衝撃を受けてもベースホースは破断せず水密性を保持し、耐衝撃性を有することが認められた。この耐衝撃性については、建設技術審査証明（下水道技術）の中でパルテムSZ工法のみ認められている。



写真3 耐衝撃性試験状況

4. パルテムSZ工法の施工事例：狭隘路線での施工について

4-1 工事概要

工事場所：東京都新宿区新宿七丁目付近

既設管径：φ230 更生材厚：t-5.0mm 路線延長：16.95m

4-2 現場状況

施工対象管きょは、何とか人がすれ違えるほどの道幅が狭い路地先にあり、階段部の下に埋設されているため、マンホール付近に施工車両は配置できない状況となっていた。施工車両の配置箇所からマンホールまでは30m以上離れており、施工車両が近接できない状態で施工を行う必要があった。

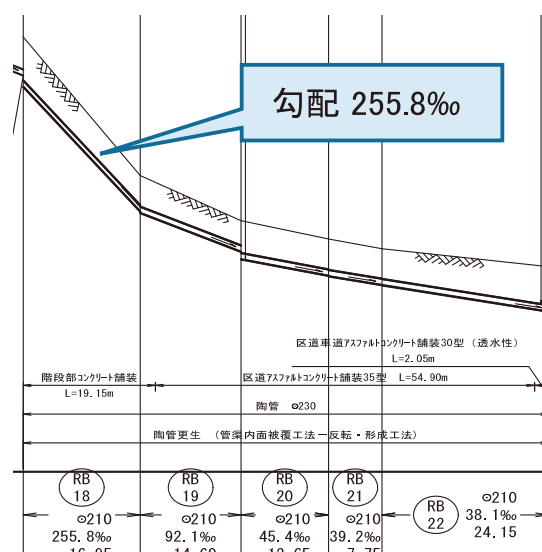


図3 管きょ状況図

また、管きょ条件は255.8%の急勾配であり、厳しい状況下での施工であったが、急勾配の対応として、上流側の材料長を長くするなど、事前対策をしっかりと行った。

(SZライナーの搬入)

SZライナーはリールに巻き取られた状態で現場に搬入され、通常であればクレーン等を用いて資材車両からマンホール上部に設置するが、ここでは資材車両から荷降ろししたリールを、人力にて道路上を転がして運搬し、対象マンホールへ設置した。

(SZライナーの拡張・加熱硬化)

施工車両よりエアホースおよび蒸気ホースを対象マンホールまで30m以上延ばしてSZシーラーに接続することで、SZライナーの拡張を行い、拡張完了後に蒸気によって加熱硬化させた。蒸気ホースの延長による熱量低下が懸念されるため、それを加味した加熱時間の管理を行い、品質に影響が及ばないよう適切な管理を行った。

5. おわりに

今回、投稿した施工事例は狹隘路線且つ、急勾配の厳しい施工条件下であったが、発注者様をはじめ、関係者の皆様方から多大なるご支援とご協力を頂き、無事に完了させることができた。今後、耐用年数50年を超える老朽管きょが増加していく中、パルテムSZ工法は、長年にわたり積み重ねてきた実績と新しい発想を基に、技術の向上や環境問題に取り組み、社会貢献に努めていく。

【*参考資料：国土交通省「下水道の維持管理」】

問合せ先

パルテム技術協会

〒101-0032 東京都千代田区岩本町2-6-9 佐藤産業ビル4階

TEL：(03) 5825-9455 FAX：(03) 5825-9456

<http://www.paltem.jp/index.html>

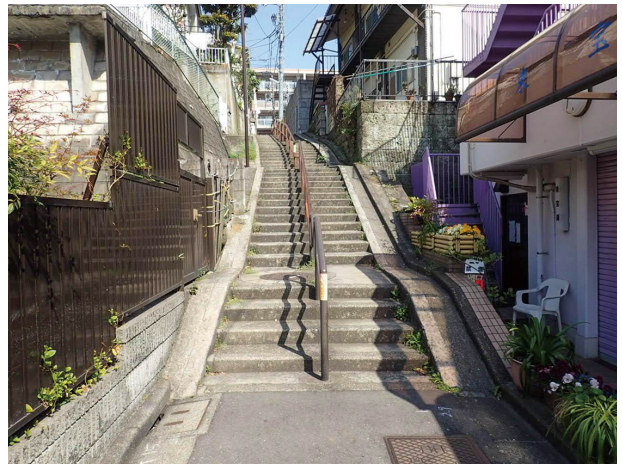


写真4 施工現場状況

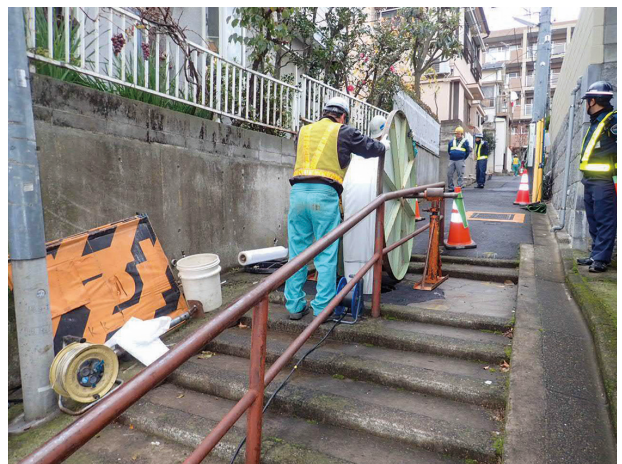


写真5 ライナー引き込み状況

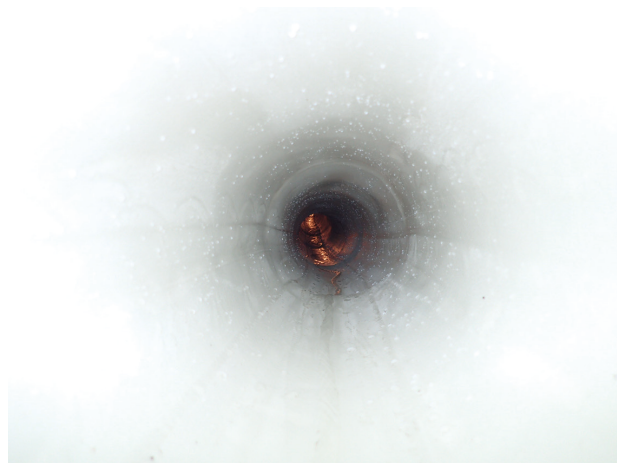


写真6 施工後管内状況