

インシチュフォーム工法の高強度材料、INS-GL工法による長距離施工について

キーワード

非開削、管更生、下水、自立管、高強度、形成工法



1. はじめに

インシチュフォーム（Insituform）工法は、非開削で既設管内に新しいプラスチックパイプを形成する画期的な管渠更生工法で、既設管の損傷状況や管渠の荷重条件、耐震化に対応した新しい管渠を構築することができます。

近年、下水道の普及に伴い下水道管渠の維持管理が重要視されるようになってきています。経年変化による劣化はもとより地盤沈下、車両の荷重、道路工事などによる管渠の破損、硫化水素による腐食などの劣化により漏水や浸入水などの問題が生じたり構造的劣化や耐震化のために管渠更生の要望が増大しています。管渠の更新は一般的には新管への布設替えが理想ですが、最近の道路事情の悪化や、地下埋設物の輻輳、騒音や振動による工事公害などの工期の短縮により開削工法による布設替えは困難な状況となってきています。

このような状況を想定してインシチュフォーム工法は1971年にイギリスで開発・施工されて以来、常に先端技術を導入し改良を加え、欧米をはじめ世界30ヶ国以上で施工されています。その優れた品質と高い信頼性で総更生延長は40,000kmを超え、世界で最も豊富な実績と歴史を持つグローバルな工法です。

日本には、1986年に技術導入され、1991年には他工法に先駆けて日本下水道事業団の技術審査証明を、2004年には本管工法、2005年には部分補修工法の（公財）日本下水道新技術機構の建設技術審査証明証を取得し、2007年には形成工法、空気反転工法、蒸気硬化を加え、2010年にはノンスチレン樹脂、2015年には

高強度ガラスライナー（INS-GL）を追加しています。また2018年3月にはこの高強度ガラスライナー（INS-GL）は、「更生工法のAタイプ：現場硬化管/自立管構造」を取得し、『管きょ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』の自立管の要求性能をすべてクリアしている材料です。

2. 工法の概要

インシチュフォーム工法は、既設管渠内に引込み、または反転にて挿入後、温水あるいは蒸気にて樹脂を硬化させ、既設管渠の中にまったく新しい継ぎ目のないプラスチックの管路を構築する工法であり、管路の状態、現場条件等に合せ、反転工法・形成工法、温水硬化・蒸気硬化の最適な再生手法の組合せを選定、提案できます（表-1）。

表-1 挿入と硬化方法の組合せ

工法	反転			形成	
	水圧	空気圧		引込み	
硬化方法	温水	蒸気	温水	蒸気	温水

3. 工法の特長

(1) 管種や劣化程度を問わず強度の向上が可能

管種に関わらず既設管のあらゆる劣化状況に応じて、内面の腐食・浸入水対策から管路の強度回復を含む全機能の更新更生（自立管）が可能です。

(2) 耐震性の向上が可能

構築された更生管は伸縮性、曲げ性能を有し、継手

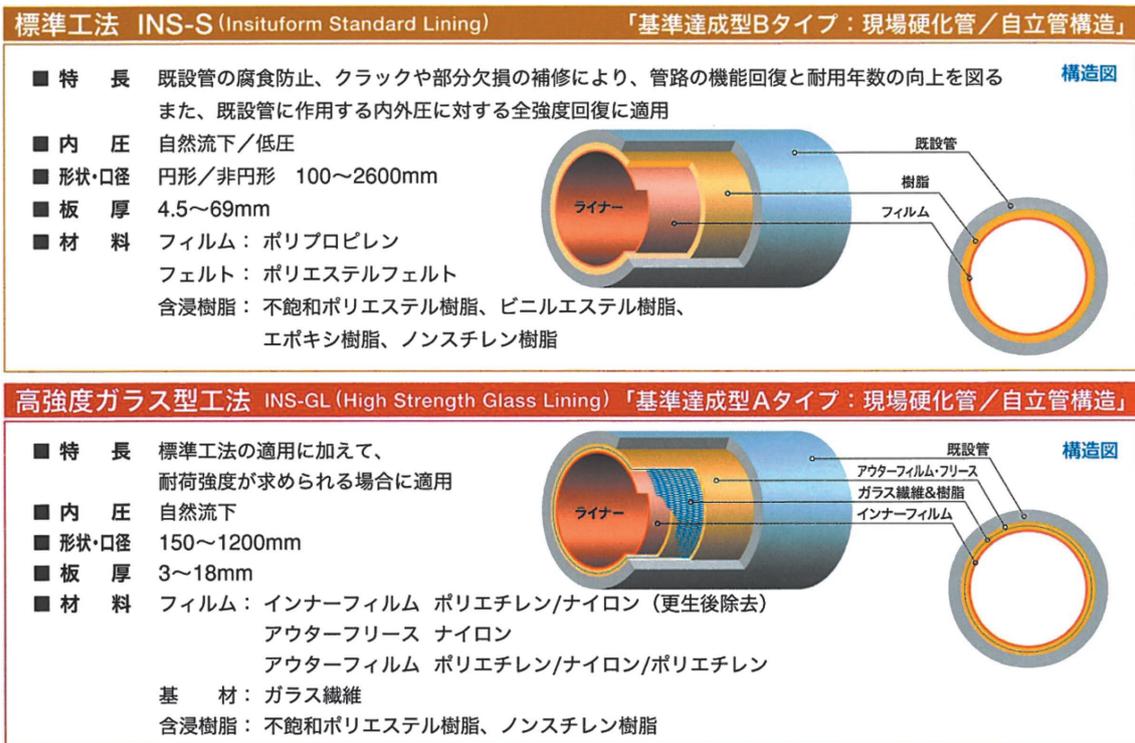


図-1 更生管構造図 (INS-SおよびINS-GL)

部のない一体構造管路となるため、耐震性の向上が可能です。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の被災地で、過去に施工した管路について、震度6以上が計測され、地盤変動が大きかった4地区(16路線)を調査した結果、自立管仕様、二層構造管仕様とも管体部の損傷は全くなく高い耐震性が実証されています。

少なく、粗度係数の向上により、流下能力を向上させることができます。さらに高強度ガラスライナー(INS-GL)を開発したことにより、従来の更生材料に比べ厚みを約半減させ、内空断面の確保を図り、更なる流下能力の向上を実現することができました。

(3) 流下・通水能力の向上

新設管路は既設管内面に密着するため断面の損失が

4. 施工事例

4-1 工事概要

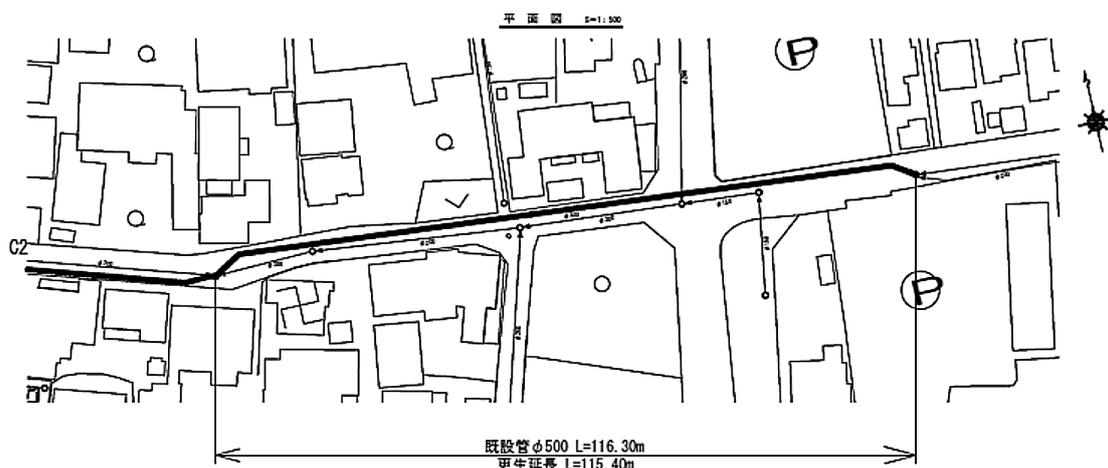


図-2 施工現場平面図

工 事 名：SR30-2 管渠耐震対策工事
 工事場所：愛知県稲沢市祖父江町二俣地内
 発 注 者：愛知県稲沢市上下水道部下水道課
 管 径：φ500mm
 既 設 管：ヒューム管（推進管）
 施工延長：115.4m
 更生材料：高強度ガラスライナー（INS-GL）
 t = 9.0mm

今回の更生対象スパンは、重要な県道に埋設されており、管路の耐震化を目的とした工事です。

愛知県稲沢市祖父江町付近は、中央防災会議が公表した南海トラフ地震時の最大震度における液状化危険データで、液状化危険度を示すPL値（地震動、地盤特性、地下水位から求められる液状化しやすさを表す指標）では30以上となっており液状化の危険がもっとも高い地域となっています。

対象とする地震動は「下水道施設の耐震対策指針と解説 2006年版（公社）日本下水道協会」において、本下水道管路施設では「重要な幹線等」に区分されており、L1及びL2地震動に対して耐震設計を行いました。



写真-1 施工前（管口）

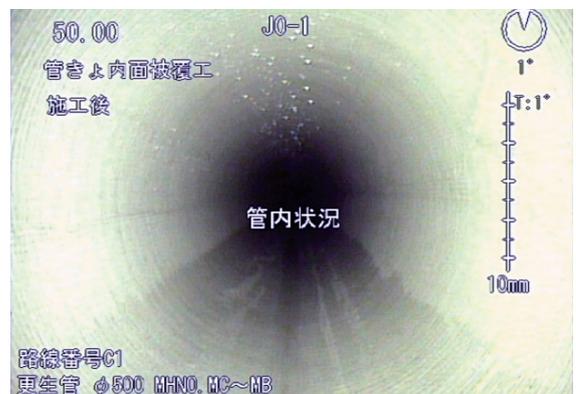


写真-4 施工後（管内）



写真-2 施工後（管口）



写真-5 引込み状況



写真-3 施工前（管内）

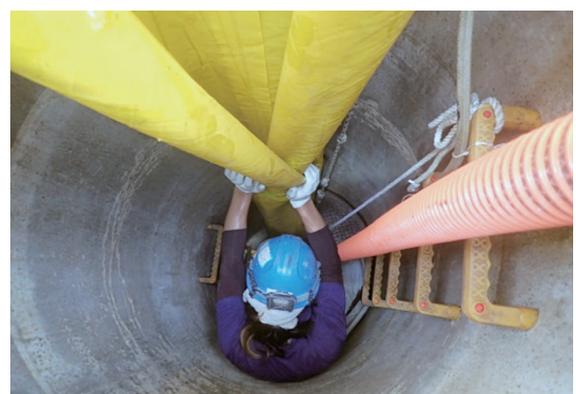


写真-6 人孔内引込み状況

(1) レベル1地震動による検討

表-2 耐震計算結果のまとめ

検討項目	計算値	許容値 (使用限界)	判定
地震動による発生応力	10.155 (N/mm ²)	46.667 (N/mm ²)	○
地震動による屈曲角	0° 00' 52"	1° 37' 27"	○
地震動による拔出し量	1.880 (mm)	37.500 (mm)	○

(2) レベル2地震動による検討

検討項目	計算値	許容値 (使用限界)	判定
地震動による発生応力	33.846 (N/mm ²)	140.000 (N/mm ²)	○
側方流動による発生応力	13.159 (N/mm ²)	80.000 (N/mm ²)	○
地盤沈下による発生応力	0.777 (N/mm ²)	140.000 (N/mm ²)	○
地震動による屈曲角	0° 02' 53"	4° 52' 23"	○
地震動による拔出し量	6.27 (mm)	75.00 (mm)	○
側方流動によるマンホール継手部の拔出し量	153.04 (mm)	75.00 (mm)	×
地盤沈下によるマンホール継手部の屈曲角	0° 41' 23"	4° 52' 22"	○
地盤沈下によるマンホール継手部の拔出し量	1.40 (mm)	75.00 (mm)	○

4-2 地震時の計算

表-2に耐震検討結果を示します。

4-3 材料挿入方法と硬化方法の検討

今回の工事では、様々な施工バリエーションの中から、下記の施工条件・環境に対応するため、形成工法または反転工法での採用を検討しました。

これまでは、この工事規模であれば、反転工法の「水圧+温水硬化」を選択しますが

- ・マンホール深が深く中間スラブの開口部と管路中心が偏芯していたため、反転挿入が困難であったこと
- ・道路幅員の狭い県道上での施工であるため、大規模な作業ヤードの確保が困難であったこと
- ・既設管路の状態が良好で、引込み挿入が可能であったこと
- ・温水硬化では、多量の水を必要とするが、近くで採水できる場所がなかったこと
- ・交通対策や近隣住民への環境に配慮し施工時間の短縮を十分に考慮すること

上記内容を総合的に検討した結果、形成工法での「引込み+蒸気硬化」での施工としました。

4-4 工法の選定

速硬化設計の独自樹脂を用いて蒸気硬化工法を適用することにより、従来からの短時間施工を継承してい

表-3 高強度ガラスライナー (INS-GL) 強度特性

強度特性項目	高強度ガラスライナー	試験規格
曲げ強度	短期	140N/mm ²
	長期	100N/mm ²
曲げ弾性係数	短期	10,000N/mm ²
	長期	8,900N/mm ²
引張強度	短期	140N/mm ²
引張り弾性係数	短期	8,000N/mm ²
圧縮強度	短期	80N/mm ²
圧縮弾性係数	短期	5,000N/mm ²

※上記の値は、建設技術審査証明書で確認された値です。

るINS-GLを選択しました。

INS-GL (High Strength Glass Lining) は高強度ガラスタイプで、現場硬化管、自立管構造で他工法に先駆け、2018年3月に(公財)日本下水道新技術機構の建設技術審査証明(下水道技術)において基準達成型Aタイプを取得しており、業界トップレベルの強度をほこり、従来品の材料に比べ材料厚みを約半減させたため、引込み時の重量抵抗を最小限に抑えることができ、内空断面の確保から施工後の流下能力を更に向上しています。また、このINS-GLは2017年版新ガイドライン適用の新たな耐薬品性試験(浸漬後曲げ試験)もすでに確認している材料です(表-3)。

4-5 工法比較

当該工事にあたり当工法内での工法比較を表-4に示します。

表-4 工法比較検討

工法	INS-S (標準型)	INS-GL (ガラス強化型)
更生手法	反転工法	形成工法
挿入方法	水反転	引込み
硬化方法	温水硬化	蒸気硬化
優位性	長距離施工	短時間施工
地上作業スペース	大	小
当該想定施工時間	約22時間	約12時間
選定	×	◎

4-6 施工手順

形成工法の作業手順を図-3に示します。



図-3 形成工法作業手順

4-7 今回施工の特長

①水替工

既設管は主要污水管路のため水量も多く、上流側人孔に3インチのハイスピンポンプを設置し、下流側の人孔に迂回させました。

また、下流側の人孔に直接水替ホースを投入すると交差点をホースが横断してしまうため、サービス管の人孔に吐出することにし、下流側人孔内にある内副管に仮設配管を設置して流入汚水を迂回させました。

②更生材引込み挿入

引込み荷重の軽減対策として、スリップシートを使用し、また更生材料には潤滑剤を塗布しました。人孔のステップ等で更生材を傷つけないようにクレーン付きトラックで更生材を人孔の真上で吊りながら、ワイヤーロープの許容破断強度や電動ウインチの引張能力を超えないよう留意し、適正な速度で引込み作業を行いました。

③臭気対策

「高強度ガラスライナー (INS-GL)」は、ガスバリ

ア性の高いインナーフィルムを採用しており、標準タイプと比べて低臭気であり、市街地での施工においては近隣住民への住環境の負荷を軽減するには非常に有効です。また、工場建屋内での施工や飲食店が立ち並ぶ繁華街等、臭気に対して更なる作業環境や低臭気が必要となる場合では、ノンスチレンタイプの樹脂を選択することも可能です。

4-8 施工結果

今回の施工では、土被りが深かった影響もあり更生材の引込みには計画以上の時間を有してしまいましたが、しかしながら「高強度ガラスライナー (INS-GL)」を採用したことにより、管径φ500mm、延長115.4mという長距離を形成工法で施工することができました。

これも高強度ガラスライナーを使用することにより、従来の更生材より肉薄の更生材で済み、材料重量の軽減となった効果が得られ、形成工法での長距離施工が可能となりました。また、硬化も蒸気硬化を適用することにより、短時間施工で仮設の減少にも繋がりトータルの作業時間の大幅な削減にも寄与し完工することができました。

5. おわりに

現在、パイプラインは建設から維持管理の時代に移り、老朽管路の更新・更生工法を担う役割と期待は年々高まってきています。

インシチュフォーム工法は下水道、上水道、工業用水、農業用水など様々な流体に対応し、自然流下の管路から高内圧管路まで豊富な工法バリエーションと材料バリエーションにより最適な更生方法を選択できます。また、しなやかなライナーバッグはあらゆる形状に対応するとともに、150mm程度の小口径から2,500mmの大口徑管路まで施工できます。これからも、「高品質・低コスト」の管路更生を提供し、発注者の信頼に応えライフラインの安定供給に貢献します。

◆お問い合わせ先◆

日本インシチュフォーム協会
〒141-0032 東京都品川区大崎1-5-1
大崎センタービル11階
Tel.03-6865-6900 Fax.03-6865-6901

