

## 非開削による老朽管更生のルーツ

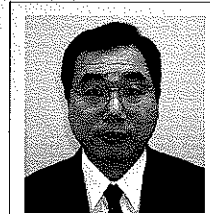
# インシチュフォーム工法による老朽管路の更新・更生



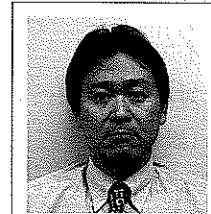
**荒川 崇**  
AIKAWA Takashi  
日本インシチュフォーム協会  
技術委員



**竹内 貴司**  
TAKELUCHI Takashi  
日本インシチュフォーム協会  
技術委員長



**小野寺 信夫**  
ONODERA Nobuo  
日本インシチュフォーム協会  
事務局長



**高崎 正宣**  
TAKASAKI Masahiko  
日本インシチュフォーム協会  
技術委員

### 1. 開発の経緯 (インシチュフォーム工法の誕生と沿革)

インシチュフォーム工法は、非開削による老朽管更生のルーツと呼ばれ、その歴史は30年以上前に溯る。インシチュフォーム (Insituform) の語源は、ラテン語の「本来の場所で・元の場所に」という意味の「In-situ」と、「形成する」という英語の「form」から「元の形に戻す、元の場所で形成する」という意味の造語で、日本ではインシチュフォーム工法の略称としてINS工法とも呼ばれている。

このインシチュフォーム工法は、1971年に英国のエリック・ウッド氏 (Eric Wood) によって発明され、同年、ロンドン市内の東ロンドンマーシュレーンに100年以上前に布設されたハックニー下水道管渠 1,175mm × 610mm のレンガ積卵形管、延長70mに施工されたものが世界最初のものである。施工20年後と30年後の品質を検証するために、1991年と2001年にこの時施工されたインシチュフォームの同管内から更生管のサンプルを採取し強度・弾性率等の確認試験が行われ、ともに長期耐久性の問題が無いことが証明されている。この更生管は、最古のものとして30年以上を経過した現在でも供用されている。

この工法が、英国内で発展を遂げるとともに、70年代後半には、ヨーロッパ諸国、アメリカ、さらにオーストラリアにおいても実施されるようになり、現在までに世界40数カ国において施工され、総延長20,000kmにも及ぶ世界で最もポピュラーな工法になった。

日本においては、1986年に技術導入され、同年4月埼玉県越谷市内の下水道管渠で延長31.9m、口径

530mmのヒューム管に対して施工されたものが初めてである。現在では、上水・農業用水・工業用水・下水・発電用冷却水などのあらゆる管路の更新・更生に広く利用されており、平成16年12月末時点での国内累積施工延長は207kmに至っている。

### 2. インシチュフォーム工法の特徴

インシチュフォーム工法は、既設管内に熱硬化性樹脂を含浸したライナーバッグを水頭により反転挿入し、管内の反転水を加熱して、ライナーバッグを管内に圧着硬化させることで、既設管路の中に新しい管路を構築する工法である。本工法の特徴を以下に示す。

- ・幅広い工法バリエーション(表-1, 図-1~3参照)を有し、既設管種や劣化の程度を問わず、補修目的に応じた最適な工法を選定できる。
- ・ライナーバッグは水圧反転時に既設管に密着しながら挿入されるため、あらゆる形状、管径に対応が可能であるとともに、継手、継目のない管路を構築し、かつ粗度係数の向上により通水機能の向上が可能となる。
- ・水による反転のため、十分な反転推力が確保され、長距離施工・曲管部施工が可能であり、既設管内に地下水の浸入があっても、施工することができる。
- ・反転水を温水に替え樹脂を硬化養生させるため、管路全体の均一な温度管理が可能であることから高品質な管路の構築が可能である。
- ・非開削による短時間施工のため、交通規制や断水障害などを最小限に食い止めることができるとともに、既設管や掘削土などの処理も不要になるなど環



して、ライナーバック内の水をボイラーを用いて規定の温度まで昇温して樹脂を硬化させる（図-6）。硬化したライナーは、可とう性を持った強固な樹脂パイプとなって、老朽化した既設管を更新・更生する。

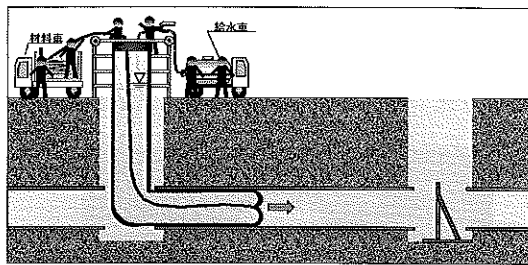


図-5 反転イメージ図

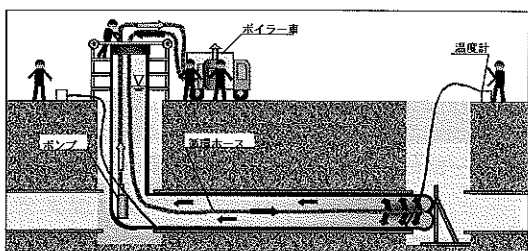


図-6 加熱イメージ図

る（図-8、写真-2、3）。

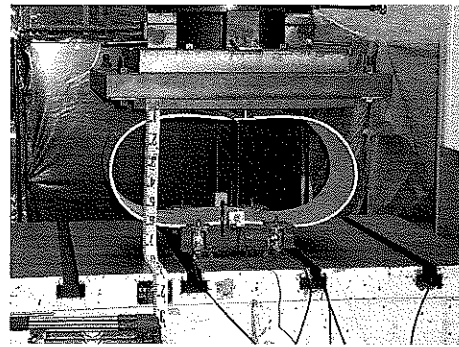


写真-1 荷荷状況

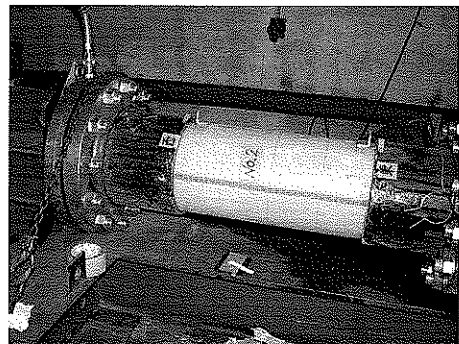


写真-2 バースト試験実施状況

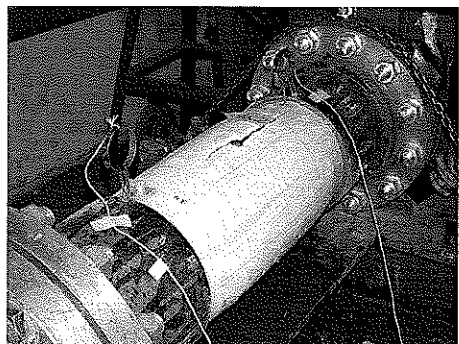


写真-3 (バースト) 試験破壊状況

## 5. 確証試験

インシチュフォーム工法では、一般的に実施されている短冊試験片による引張試験、曲げ試験、圧縮試験、耐薬品性試験、耐磨耗試験などの材料試験に加えて、パイプ形成後の構造特性の証左、あるいは施工性の確認試験などさまざまな試験を行っている。その一例を以下に示す。

### 5-1 外圧試験

900 A × 18mm L=450mm 試験体を用い、線荷重載荷によるインシチュフォームの外圧耐力を検証した。試験は、10MN 構造物試験機を使用して、図-7、写真-1に示すように載荷した。

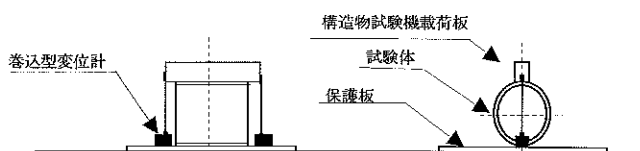


図-7 荷荷試験の状況

### 5-2 内圧（バースト）試験

250 A × 4.5mm L=1mの試験体を用い管内に水圧を加え、漏れ開始圧力、内圧破壊圧力（最大圧力）及び破壊状況を検証した。試験概要は以下のとおりであ

### 5-3 耐震性確認試験

既設管内面に構築される更生管路には表-2に示す既設管のタイプおよび損傷状況によって、耐震設計の考え方と求められる性能が異なる。インシチュフォーム工法ではこの要求性能に応じて、

- case1: インシチュフォームパイプと継ぎ手管（コンクリート管）を用いた継手部変形追従試験
- case2: インシチュフォームパイプ単体を用いた引張試験、圧縮試験および曲げ試験

試験概要を以下に示す。

- ・ Case1: インシチュフォームパイプとコンクリート管を用いた実験では、2本のヒューム管内

表-2 耐震設計の考え方と試験方法

既設管路	損傷状態	耐震設計の考え方の分類	要求性能と試験方法
継手構造管路 (例えばダクタイル鑄鉄管、 コンクリート管)	健全である	地盤変位は、継手部の変形(曲げ、抜け出し)によって吸収される	既設管継ぎ手部の変形への追従 → case 1
	健全でない	既設管の強度を考慮せず Insitupipe のみで地震力(地盤変位)に抵抗すること	Insitupipe 単独での地震時地盤変形への追従 → case 2
一体構造管路 (例えば、溶接鋼管)	健全である	地震によるエネルギーを管路全体で変形することによって吸収する。	健全な既設管路の地盤変形性能への追従 → case 2
	健全でない	既設管の強度を考慮せず Insitupipe のみで地震力(地盤変位)に抵抗すること	Insitupipe 単独での地震時地盤変形への追従 → case 2

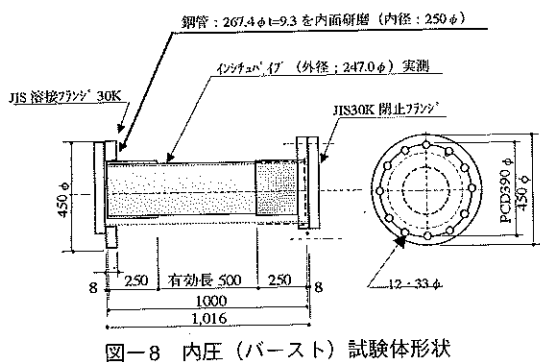


図-8 内圧(バースト)試験体形状

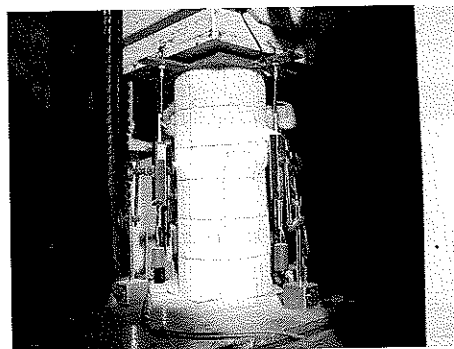


写真-5 インシチュフォーム単体を用いた圧縮試験

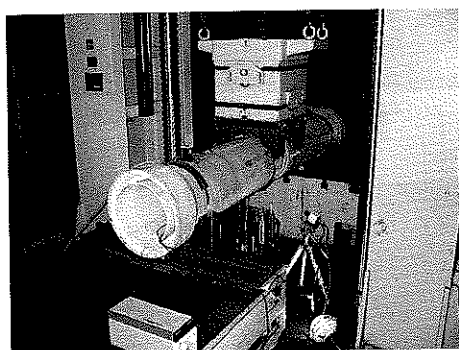


写真-4 コンクリート管を用いた曲げ試験

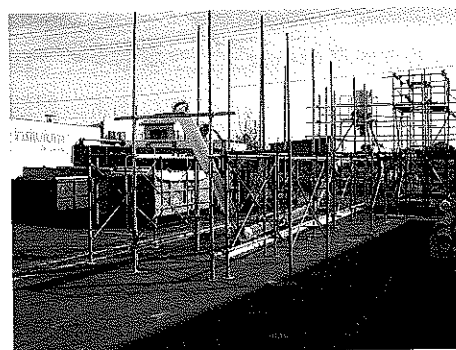


写真-6 伏せ越配管反転実験

にインシチュフォームパイプを形成した供試体を製作し、曲げ試験(写真-4)、引張試験および圧縮試験を行い継手部の変形特性を計測した。

- ・Case 2: インシチュフォームパイプ単体を用いた引張試験、圧縮試験(写真-5)および曲げ試験を行い、インシチュフォームパイプの変形特性を計測した。

下記条件において算定したレベル2地震における地盤ひずみ(伸び/圧縮): ±0.31%に対して、既設管路、損傷状況のいずれにおいても、本実験結果は十分耐震性を有しているという検証ができた。

#### 5-4 水質試験

平成12年厚生省第15号「水道施設の技術的基準を定める省令」の改定により、資機材の水質が問われるようになった。インシチュフォーム工法では、樹脂単

体の水質試験にとどまることなくパイプの浸出性を確認するため、同令 別表第二に規定されている43項目に加え、JWWAK 138-2000水道送・配水管更生用無溶剤型二液エポキシ樹脂塗料の溶出試験方法に規定されている残留塩素濃度を加えた44項目について浸出試験を実施、前記水質基準をクリアーしていることを確認した。

#### 5-5 施工性の確認試験

インシチュフォーム工法は、非開削でかつ短期間施工が可能なこと、曲管施工が可能なことなどの特徴から、高低さ20mを超える傾斜配管や曲がり部を多く含む伏せ越配管などの線形あるいは、氷点下10度を下回る北海道の厳冬季施工など、さまざまな条件で施工を実施してきた。氷点下施工においては含浸樹脂の温度と硬化時間の関係、伏せ越配管(写真-6参照)や傾斜配管などでは条件に応じた施工試験を実施している。

表-3 配管諸元

管種	コンクリート管
外径	φ 250mm
管長	2430mm
土被り	2m

表-5 地盤ひずみ

表層地盤の固有周期	0.88 (sec)
表層地盤のせん断波弾性波速度	111.89 (m/s)
地盤震動の波長	143.92 (m)
最大地盤変位	14.12 (cm)
地盤ひずみ	0.31 (%)

表-4 土質モデル

層No	深度 (m)	層厚 (m)	土質区分	せん断弾性波速度 (m/sec)
1	0.0~0.5	0.5	砂質土	101.0
2	0.5~3.3	2.8	砂質土	137.0
3	3.3~5.2	1.9	粘性土	144.0
4	5.2~8.5	3.3	砂質土	172.0
5	8.5~20.7	12.2	粘性土	126.0
6	20.7~24.7	4	砂質土	183.0

## 6. 施工実績

上水道、工業用水、農業用水、下水などさまざまな水種の管路に対して、国内において北は北海道から南は沖縄県まで、さまざまな気象条件と施工環境の中で施工を実施している。

ここでは、水質に制約を受ける上水道及び農業用水管路の更新工事の中から特徴的な施工事例を以下に示す。(表-6)

表-6 施工事例

特徴	施工時期	場所	工事仕様	水種	備考
大口径施工	H18.11	山口県	1200A×318m	上水	-
水管橋施工	H13.11	青森県	400A×135m	上水	
長距離施工	H15.9	愛知県	1100A×400m	上水	含浸・反転同時施工
厳冬期施工	H15.12	北海道	900A×350m	農水	-20度での施工、高低差17.5m伏せ越し施工
傾斜施工	H16.3	福岡県	900A×150m	上水	高低差54m、最大勾配35度
短工期施工	H17.1	沖縄県	500A×1300m	農水	6回反転(断水期間28日)
曲線配管	H17.2	三重県	400A×200m	上水	伏せ越し(45度×4ヶ)、2箇所

前記施工方法に記述したように、通常の工事では、工場で含浸したライナーバックを現地に輸送する。長距離または大口径の施工においてライナーバックの輸送の制限を受けることがある。このような場合にインシチュフォーム工法では、現地に含浸設備を持ち込み含浸と反転挿入と並行して実施することで輸送制限を越えた施工が可能になる。(写真-7、8参照)

## 7. 今後の課題

現在、管路は建設から維持管路の時代に移り、老朽管路の更新・更生工法の担う役割と期待は年々大きくなってきている。

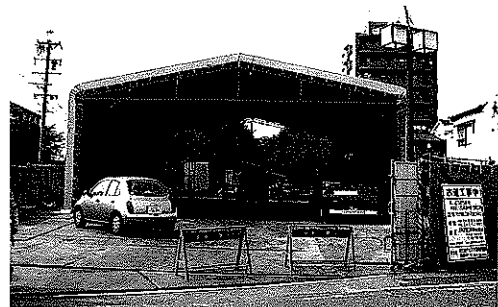


写真-7 含浸仮設テント

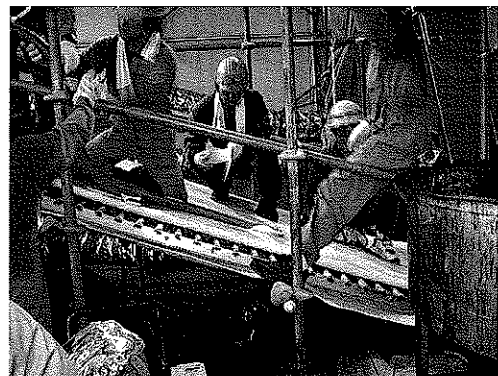


写真-8 含浸状況

インシチュフォーム工法においても、材料面では断面ロスを最小限にするためライナーバックの高強度化による薄肉化を検討するとともに、工法面では給水管等の取り出しについての工法開発、改善を図るなど、さらなる適用拡大を進めている。

一方、施工面については、施工技能研修会の実施などにより現場施工技能の向上を進めるなど、協会一体となった材料、工事両面での品質向上への取り組みを進め、施主の共通した要求である「より良いものをより安く」を提供し、施主の信頼に答え、今後の管路更新・更生事業に貢献していく所存である。

### ◆お問い合わせ先◆

日本インシチュフォーム協会  
〒100-8071 東京都千代田区大手町2-6-3  
Tel.03-3270-9910 Fax.03-3270-9970



環境にやさしい非開削技術



JAPAN SOCIETY  
FOR  
TRENCHLESS TECHNOLOGY  
JSTT 日本非開削技術協会

<http://www.jstt.jp>

# NO-DIG TODAY

季刊 ノー・ディグ・トゥデイ

2005  
Apr. **No. 51**

工法ナビゲーションシステム  
登録者2,200人を越える

特集／地下埋設管路における更生技術(小口径管路)