

模擬管路を用いた管きょ更生工法の性能評価と課題



独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
 農村工学研究所 施設資源部
 土質研究室長 毛利栄征

1. はじめに

老朽化の進んだパイプラインの更新方法については既にいくつかの技術開発が進み、老朽管内部に新管を挿入、あるいは、設置する管きょ更生工法が下水道管路などを対象として施工実績を上げてきている。これらの技術は、管路の維持管理、更新を進める多くの事業で活用され、不可欠なものとなりつつある。農業用のパイプラインは、耐用年数を迎える施設が急増しており、農村地域と市街地との接近によって十分な施工用地を確保できないなどの問題から、非開削で短期間に更新できる技術はきわめて重要である。

農業用のパイプラインの多くは、幹線の大口径パイプラインから支線の小口径パイプラインへと広範囲の口径のパイプで水路システムを構成し、効率化を高めるために圧力管路としての機能を有している。このような長大なパイプライン全体の機能を総合的に回復し安全性を確保するためには、幹線系だけでなく小口径パイプの効率的な機能回復技術の開発が不可欠である。その有力な工法の一つが管きょ更生技術である。

老朽化の進んだ小口径パイプの内部に新たに新管を挿入する工法は、既成管内部から補強するものであるが、既設管のひび割れや管の抜けだし、曲管部などのパイプラインの損傷部の更生状態や品質を具体的に把握することができない。また、どの程度の損傷状態まで適用可能であるのかについても、統一的な試験に基づく性能が明らかにされておらず更生されたパイプラインの安全性を適切に評価することが困難であった。

今回は、老朽管の更生状況を紹介し、いくつかの課題を提示することとしたい。

2. 老朽管の更生試験

既設のパイプラインは地盤の不同沈下や地震動の影響によって継手部分に規定以上の伸縮が生じる場合がある。また、路面荷重の影響によって管そのもののひび割れや破損、漏水などを生じる場合がある。このような、既設管に生じる代表的な損傷状況を再現した模擬管路を用いて、管きょ更生技術による更生状況を確認し、その性能を確認した。

2.1 損傷部等の更生試験

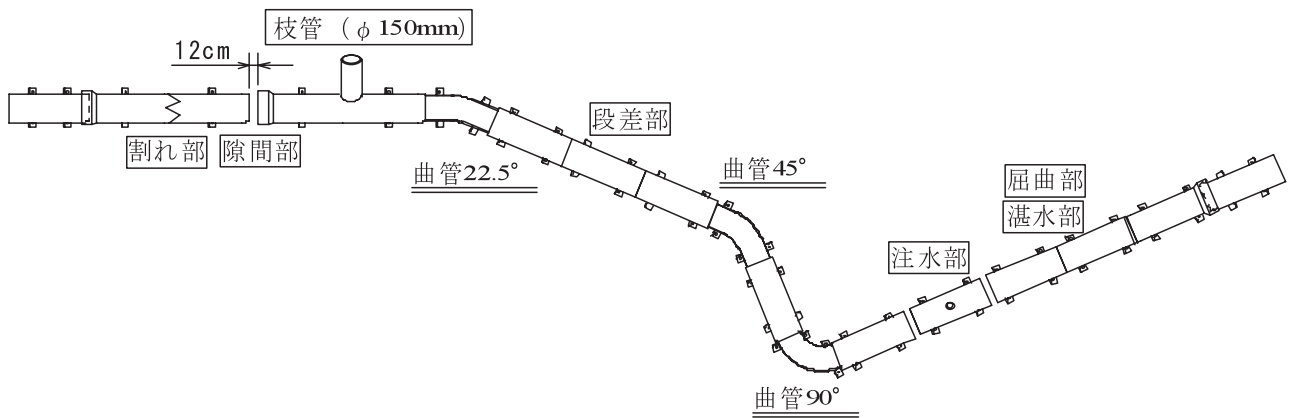
(1) 試験条件

標準の模擬管路は図に示すように8項目の損傷部分を設けており、内部に挿入された更生管の状況を詳細に確認し、更生能力を検証した。模擬管路はヒューム管(直径300mm)を用いて作製し、半割りのものを用いているので管更生後に上半分を取り除いて更生管状況を確認できるようにしている。模擬管路に設けた老朽箇所モデルの構成要素は以下の8項目である。

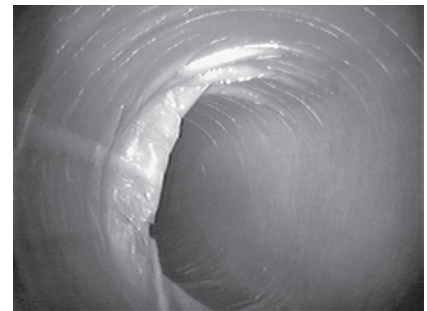
- ・漏水部
- ・湛水部(水深5cm)
- ・横ずれ部
- ・段差部(段差30mm)
- ・枝管(直径150mm)

対象とした更生工法

種類	工 法 名
反転工法	ホースライニング工法
	インシュフォーム工法
	ICP プリース工法
形成工法	オールライナー Z 工法
	FFT-S 工法
	シームレスシステム工法
	オメガライナー工法



模擬管路 (Type A) の配置図



曲管の施工状況

- ・ 22.5 度、45 度、90 度の 3 種類
- ・ 隙間部 (間隔 120mm)
- ・ 割れ部 (圧壊部)

(2) 試験結果

①漏水部 (注水部)

更生管の挿入と拡径段階で既設管からの漏水 (注水) を遮断することができ、外面、内面とも適切に施工できることが分かった。ただし、硬化過程での温度管理が十分でない場合などには注水箇所を中心に更生管の表面が未硬化状態になる場合があることも確認された。

②湛水部

湛水部においても更生管の遮断作用で湛水を押出すことができ、特段の障害は見られない。ただし、管種によっては、管底部に不飽和ポリエステル樹脂の溜まりが見られ、シワが発生する可能性がある。湛水の程度と曲がりの大きさに依存しているが、軽微な湛水については、適切に更生できることが分かった。

③段差部

段差の上り、下りの部分で管頂・管底に不飽和ポリエステル樹脂の溜まりが見られ、内面には管軸方向のシワが見られる。また、上・下流共凸部側で外面フィルムとライナー間に剥離が生じる場合があることが分かった。

④枝管部

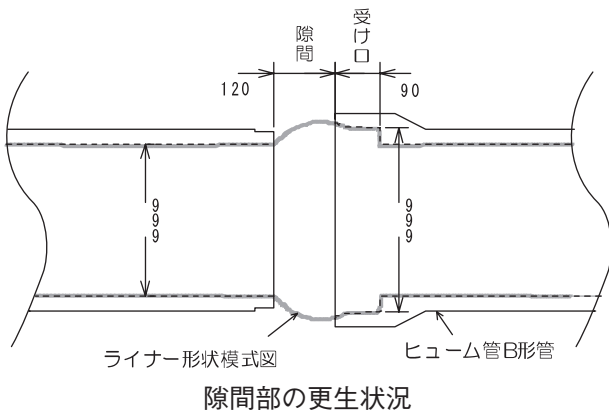
既設管はφ 165mm で削孔した。枝管部に不飽和ポリエステル樹脂の溜まりが見られ、角の部分での管厚が変化することが懸念される。

⑤曲管部

屈曲内側のシワの凹部と屈曲外側に不飽和ポリエステル樹脂の溜まりが見られ、内面にはシワが発生している。シワの発生には工法毎の特徴があり、大きなシワが出るものと比較的小さなシワが複数個発生して曲率の違いを吸収するものがある。一般的にシワは下流方向になびく状況で見られ、シワの深さは 10 ~ 40mm である。また、屈曲外側に不飽和ポリエステル樹脂の溜まりが見られ、既設管との間に 5 ~ 60mm 程度の隙間が見られる。これらの特徴は、曲がり角度に大きく依存しており大きな曲率で曲がる場合については、シワの発生や既設の曲管との隙間は、さらに小さなものとなる。

⑥隙間部

既設管 (ヒューム管 B 形の呼び径 300mm) の隙間を 120mm と設定しているので、受け口部の拡径部を加えて、更生管形状から見ると隙間部長さが約 200mm となっている。隙間部に不飽和ポリエステル樹脂の溜まりが全周に発生し、更生管の内径は隙間部の前後と比べて、わずかに大きくなっている。



隙間部の更生状況



段差部の施工状況（段差 3cm）

漏水状況

工法名	漏水の有無		漏水 測定箇所数	ピーク時 単位漏水量 (g/hour)
	継続 载荷時	繰返し 载荷時		
A	無し	無し	無し	無し
B	無し	無し	無し	無し
C	有り	有り	4	230
D	有り	有り	4	213
E	有り	有り	9	1036
F	有り	有り	2	1490
G	無し	無し	無し	無し

外面部のフィルムの軽微な損傷や部分的に空気を内封している箇所が見られた。

⑦割れ部

既設管路が途切れた部分、いわゆる背面拘束を受けない部分に樹脂が集中する。集中する量は、ライナーに含浸された樹脂量、加熱温度の高さ、内部圧力の大きさに比例する傾向にあるが、内面形状に凹凸は無く平滑に仕上がっている。

2.2 更生管の耐水圧試験

損傷部を有する模擬管路の更生を行い、内水圧を負荷して耐水性の確認を実施した。

(1) 試験条件

耐水試験では、4kgf/cm²の水圧を24時間継続して载荷を行う継続载荷試験と0→3kgf/cm² 30分、3kgf/cm²→0 30分、1サイクル1時間をかけて行う繰返し载荷試験により更生管の水密性を検証した。なお、繰返し回数は100回である。

(2) 試験結果

曲管部や段差部等で漏水、あるいは浸みだしが確認された。漏水は何らかの原因で内面の不透過性フィルムにピンホールがあり、樹脂に水みちが

できたことが原因と推測される。外周部のフィルムの大きな損傷は、拡張時に樹脂が漏出し、円形の管を更生できず適切な管厚を確保できなくなる。水圧0.2MPa程度で漏水が発生していることから、全体的には大きな損傷が発生しているわけではなく、微細なピンホールや接触傷に起因する漏水であると思われる。また、漏水箇所が模擬管路の下流側に集中する場合もあり、更生管の引込む距離が長くなる箇所ほどライナーへのダメージが大きくなっているといえる。

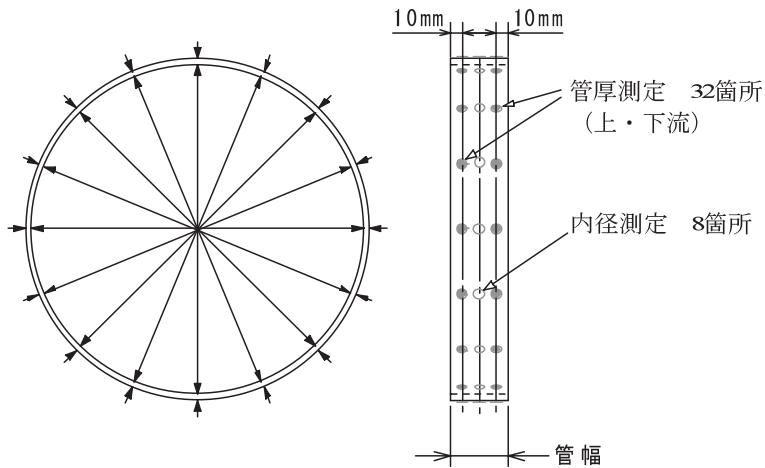
2.3 更生管のバラツキ

模擬管路を更生した管を裁断して、品質の確認を実施した。更生管を100mm間隔に裁断して割れ部、隙間部などの模擬管路の破損部分を除いた更生管約60本のパイプの試験片寸法と管厚のバラツキ、外圧試験結果のバラツキを変動係数(%)から求めた。ここで、変動係数(%)は、次式を用いた。

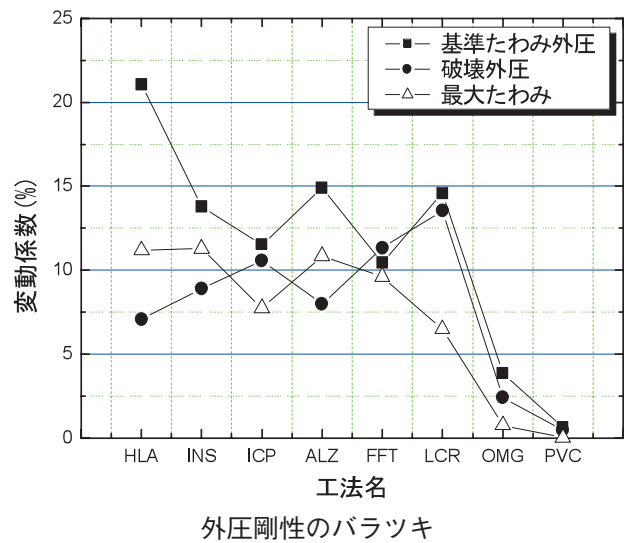
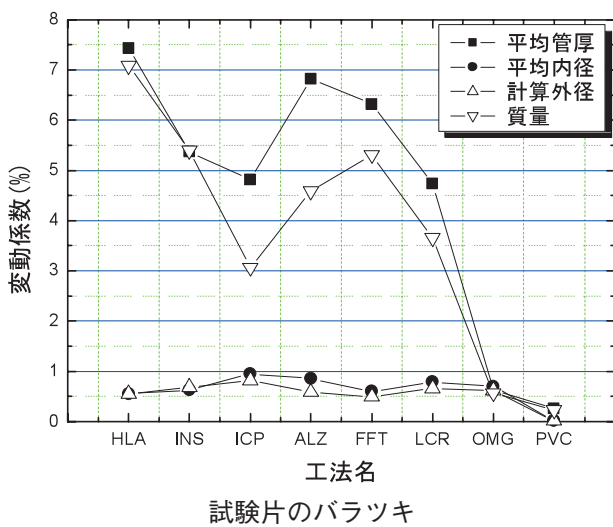
$$\frac{\sqrt{U}}{\bar{X}} \times 100 \quad (\%)$$

$$\sqrt{U} : \text{標準偏差} \quad \bar{X} : \text{平均値}$$

管厚や口径のバラツキについては、工法毎に特徴が出ているが、変動係数は最大でも7%程度であった。平均管厚のバラツキが大きくなると質量のバラツキも大きくなる。オメガライナー工法は、単一材料(硬質塩化ビニル樹脂)で構成されており、他の材料のように硬化性樹脂を含有していないため最もバラツキが小さくなっている。今回採用した管きょ更生工法は、老朽管内にライナーを反転挿入、あるいは引込むタイプのもので、挿入後に拡張と硬化を実施するため、完了後の管厚などの品質にある程度のバラツキが生じる。何れも構造上確保すべき管厚や強度は満足しているが、バラツキの低減とともに



形状測定位置



完了後の簡便な品質確認の方法を確立することが高い信頼性につながる。

2.4 今後の課題と展開方向

模擬管路を用いて更生管の実証試験を実施した。その結果、直線部分においては更生管の設置段階での大きな傷などの損傷は発生しないものの、段差や既設管に角がある部分では更生管の外面のフィルムに傷が付きやすく漏水の原因になる場合が発生している。既設管からの漏水が多い場合には更生管の樹脂の硬化不良が発生する場合があります。管としての強度不足や漏水の原因になることも懸念される。実証試験で設定した損傷モデルは、通常のパイプラインに比較して厳しい条件であり確認された漏水やその痕跡はわずかなものではあるが、短期間の内水圧負荷実験で出現した状況であることや模擬管路の内面状況は新管そのものであることを考えると外面フィルムの特性や硬化管理に改善の余地がある。

3. まとめ

内水圧が作用するパイプラインの更新については、多くの問題を抱えたままであるが、農・下水道で100万kmに及ぶ施設を効率的、かつ合理的に機能を保全するためには、非開削工法の技術は必要不可欠である。同時に、埋設管の老朽度の評価から更新設計・施工、さらには更生管の品質評価手法までの総合的な技術開発が急務である。

管きょ更生工法は、短期間に長延長の管の更新ができるなどの特徴を有しているが、農水や上水分野のように高い内水圧が作用する管路の場合には実証的な蓄積が不足している。特に、耐震性を確保した更新技術としても大きな役割を担うことが可能と思われる。曲管部分や構造物周辺の地震時挙動などに着目した高耐久性更新技術の開発に向けて関係者の一層の取り組みを期待したい。