

## 研究成果報告書

|         |                                                       |
|---------|-------------------------------------------------------|
| 研究開発課題名 | 新素材管路の開発と老朽管の更生・耐震化技術の開発                              |
| 研究総括者   | 東亜グラウト工業株式会社（張 満良、田熊 章）                               |
| 研究開発組合  | 新技術研究開発組合<br>（東亜グラウト工業株式会社、株式会社イセキ開発工機、カジマ・リノベイト株式会社） |
| 試験研究機関  | 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構                                |

### 1 事業の実施内容

#### 1.1 事業の背景及び目的

事業背景として農業用のパイプラインは、施工後数十年を経た施設が多く施設の補修・改修が増加する傾向にある。老朽化の進んだパイプラインは、漏水の発生や通水量の減少などが顕在化し、水管理の支障や時には通水障害に発展することもある。これらの施設の補修・改修技術として、管渠更生工法があるが、下水道分野で開発された工法であるため、農業用水の特長である圧送管などの諸条件に適合できない工法も見受けられる。そんな中、農業用の管渠更生工法の確立が求められるようになった。

事業目的として本研究開発事業では、通常の埋設下での耐震管路として使用できる高性能の樹脂管を開発し、これを老朽化の進んだ既設管路に挿入してパイプラインを更生する技術を研究開発した。これにより、内圧パイプラインに適合する更生技術の確立、老朽パイプラインの耐震化技術の開発、工事期間の短縮及びコスト縮減を目的とした、新素材管路としての耐震化技術の開発を行ってきた。

#### 1.2 事業の内容及び実施方法

##### （1）耐震継手の開発と機能試験

##### 1-1）継手部の曲げ試験

素材の曲げ強度を測定することで確認した。

##### 1-2）継手部の耐久性試験

10万回繰り返し試験を行い、継ぎ手部が耐えうることを確認した。

##### 1-3）継手部の耐震性試験

今後は、耐震性能に特化した具体的試験方法を検討し確認していく。（計算では、表3-2に示すとおり耐震性を有することを確認している。）

**(2) 継手部の対内圧に関する性能試験**

- 2-1) 偏芯荷重を受ける継手部の性能（水密性）  
屈曲部の曲げ水圧を 0.5MPa 負荷させることで確認した。
- 2-2) 軸力作用下の継手部の性能（荷重、水密性）  
水圧引張り試験を行い、継ぎ手部が軸方向荷重の作用下で耐えることを確認した。

**(3) 埋設下における管の安全性評価**

- 3-1) 外圧と内圧が作用する場合の管の安全性評価  
「埋設下」の試験は、未実施のため、埋設下を想定した実験にて安全性の評価を行なった。水圧引張り試験にて内圧作用の確認を行い、10万回繰り返し試験にて外圧作用の確認を行った。
- 3-2) 地震時の挙動と安全性評価／③-3 構造物との接続部の挙動と安全性評価  
「埋設下」の試験は、未実施のため、埋設下を想定した耐震計算により安全性の評価を行なった。「下水道施設の耐震対策指針と解説」に基づいてレベル2地震動の耐震性能を有していることを計算により確認した。

**(4) 老朽管の更生方法に関する性能試験**

- 4-1) 老朽管の補強効果の検証  
緩衝性試験を行い、本技術（FM材）と従来の充てん材で施工した供試体を用意し偏平試験を行い、内挿された管材に生じる供試体での歪み値を偏平試験により比較し、従来技術より本技術（FM材）を使用した時のファイン管歪み値が小さいことを確認した。
- 4-2) 老朽管との隙間の中込め注入方法の高度化と機能評価  
本工法で使用するFM材は、従来工法と異なり管を挿入する前に設置するため、施工が容易でありながら確実かつ均一に内挿管と既設管との隙間へ中込めされることを確認した。

**(5) 老朽管の更生方法に関する施工性試験**

- 5-1) 引き込み方法の検証  
ファイン管は、推進施工か引張施工かを実際に行なうことで確認した。
- 5-2) 引き込み管の品質確認と安全性の検証  
本工法で使用するファイン管は、強度的に問題ないか推進力と管体強度を数値で確認し安全性を検証した。

## **(6) 実証試験**

### 6－1) 模擬管路（現場状況を具体的に再現し地上に設置した模擬管路）

埋設管路の状況より厳しい条件を想定した呼び径 250 鉄筋コンクリート管の地上模擬管路を設け「① 3 ° 以下の屈曲角」、「② 10 mm 以下の滞水」、「③ 100 mm 以下の隙間」、「④ 10 mm 以下の段差」、「⑤ 5 mm 以下の段差かつ 100 mm 以下の隙間」を設定して施工性を確認した。また、他口径でも施工性の確認を行っており、その状況は、参考資料（資料－10）に示す。

### 6－2) 実現場施工

実証試験は、模擬管路にて確認を終えることができた。今後は実現場を選定し施工確認を計画中である。

## **(7) 技術資料作成**

技術資料は、実証試験：模擬管路（現場状況を具体的に再現し地上に設置した模擬管路）を経て施工要領書、耐震計算書、構造計算書、平成 22 年度農業農村工学会大会投稿（被膜鞘管工法）を作成した。

## **(8) 機能監視**

管路の屈曲部を通過する時の影響を調べる為、歪みを測定し、ファイン管の管体に異状ないことを数値で確認した。

## 1. 3 事業着手時に想定した技術的問題点への対応

| 技術的問題点                 | 対応                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 樹脂管の耐震化のための性能評価        | <p>① 繰り返し荷重への作用確認<br/>10万回繰り返し疲労試験を行い、耐えうることを確認した。</p> <p>② 衝撃的な作用確認<br/>性能評価は、緩衝性試験を行い、内挿された管材に生じる供試体での歪み値を偏平試験により比較し、本技術での歪み値が小さいことを確認した。</p>                                                      |
| 継手部の耐久性の評価             | <p>① 耐久性の確認<br/>継手部の短期偏平強度や水密性試験を行い、強度劣化状況を確認することで継手部に異状が無いことを確認した。</p> <p>② 埋設下での確認<br/>「埋設下」の試験は、未実施のため、埋設下を想定した条件における模擬管路にて、屈曲通過の歪み測定試験を行い、ファイン管の管体および継ぎ手部に異状ないことを確認した。また、管体の構造計算により安全性を確認した。</p> |
| 老朽管の更生方法に関する性能評価       | 性能評価は、具体的な現場を想定した模擬管路を用いた実証試験によって確認した。                                                                                                                                                               |
| 実現場における曲線部や変形・座屈部等への対応 | 対応は、ファイン管の特殊な接続構造を設計し、実現場を想定し、屈曲、滞水、隙間、段差等を再現した地上模擬管路において施工性の確認をした。                                                                                                                                  |

## 1. 4 事業の実施体制

### (1) 研究開発組合内の役割分担

東亜グラウト工業株式会社は、施工材料開発および施工開発の担当である。

株式会社イセキ開発工機は、施工機械開発の担当である。

カジマ・リノベイト株式会社は、施工開発の担当である。

### (2) 試験研究機関と研究開発組合の役割分担

| 研究項目                      | 研究の担当       |              |             |               |
|---------------------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
|                           | 農村工学<br>研究所 | 東亜グラ<br>ウト工業 | イセキ開<br>発工機 | カジマ・<br>リノベイト |
| (1) 耐震継手の開発と機能<br>試験      | ○           | ◎            | ○           | ○             |
| (2) 継手部の対内圧に関する<br>性能試験   | ○           | ◎            | ○           | ○             |
| (3) 埋設下における管の安全<br>性評価    | ○           | ○            | ○           | ○             |
| (4) 老朽管の更生方法に関する<br>性能試験  | ○           | ◎            | ○           | ○             |
| (5) 老朽管の更生方法に関する<br>施工性試験 | ○           | ○            | ◎           | ◎             |
| (6) 実証試験                  | ○           | ○            | ◎           | ◎             |
| (7) 技術資料作成                | ○           | ◎            | ○           | ○             |
| (8) 機能監視                  | ○           | ◎            | ○           | ○             |

注) ◎は主担当者、○は副担当者を示す。

### 1. 5 事業の年度計画と実績

平成 22 年度に共同開発者で主材の管を担当する日本ホーバス（株）が倒産し、管材の開発の遅れる予期せぬ事態が発生しました。そのため、1 年間の研究延長という計画変更を行ないました。

| 項 目           | 平成 20 年度 |                                                                                                                                                                         | 平成 21 年度 |                                                                                                                                                                          | 平成 22 年度 |    | 平成 23 年度                                                                                                                                                                   |    |
|---------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|               | 上期       | 下期                                                                                                                                                                      | 上期       | 下期                                                                                                                                                                       | 上期       | 下期 | 上期                                                                                                                                                                         | 下期 |
| 施工材料<br>の研究開発 |          | <br> |          |                                                                                                                                                                          |          |    |                                                                                                                                                                            |    |
| 施工方法<br>の研究開発 |          |                                                                                                                                                                         |          | <br> |          |    |                                                                                                                                                                            |    |
| 実証試験          |          |                                                                                                                                                                         |          |                                                                                                                                                                          |          |    | <br> |    |
| 機能監視          |          |                                                                                                                                                                         |          |                                                                                                                                                                          |          |    | <br> |    |

注)  は計画、 は実績。

## 1. 6. (1) 耐震継手の開発と機能試験

### 1-1) 継手部の曲げ試験

ファイン管は、「JIS K 7171 プラスチックー曲げ特性の求め方」に規定する試験により、目標値以上の曲げ強さを有することを表1-1に示す。ファイン管（塩ビ：「硬質塩化ビニル樹脂」、PBT：「ポリブチレンテレフタレート樹脂」）の曲げ強度は、保証値として 78.0 MPa を超えることを確認した。この値は、「下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）」での数値をもとに計算時に安全側となるように設定した値である。

呼び径 250 ファイン管（塩ビ）の曲げ試験結果を表1-1に示す。

表1-1 ファイン管（塩ビ）の曲げ強さ

| 番号 | 試験片断面寸法<br>(mm) |      | 最大荷重<br>(N) | 曲げ強さ<br>(MPa) |
|----|-----------------|------|-------------|---------------|
|    | 幅               | 長さ   |             |               |
| ①  | 9.95            | 4.06 | 141.5       | 82.8          |
| ②  | 9.95            | 4.02 | 138.3       | 82.6          |
| ③  | 9.95            | 4.05 | 142.6       | 83.9          |
| ④  | 9.95            | 4.04 | 142.2       | 84.1          |
| 平均 |                 |      |             | 83.3          |

呼び径 250 ファイン管（PBT）の曲げ試験結果を表1-2に示す。

表1-2 ファイン管（PBT）の曲げ強さ

| 番号 | 試験片断面寸法<br>(mm) |     | 最大荷重<br>(N) | 曲げ強さ<br>(MPa) |
|----|-----------------|-----|-------------|---------------|
|    | 幅               | 厚さ  |             |               |
| ①  | 16.29           | 160 | 802         | 151.5         |
| ②  | 16.40           | 160 | 807         | 135.2         |
| ③  | 16.92           | 160 | 914         | 143.9         |
| ④  | 16.91           | 160 | 845         | 137.0         |
| 平均 |                 |     |             | 141.9         |

## 1. 6. (1) 耐震継手の開発と機能試験

### 1-2) 継手部の耐久性能試験

10 万回繰り返し試験は、 $0.25\text{MPa}$  の内圧を負荷した状態で図 1-1 に示すとおり荷重載荷を繰り返す極めて過酷な試験（試験速度  $0.5\text{Hz}$  を 10 万回）である。また、試験の経過とともに変形の回数に応じて管体が劣化し強度低下していく。そのため、扁平量制御とした場合は、設定荷重を満たさずに試験をしてしまうため、より負荷が加わってしまうが安全側に荷重制御で設定した。試験に先立ってファイン管（塩ビ、PBT）それぞれの、内圧負荷時の扁平荷重および扁平量を測定し、この扁平量 1% および 3% 時の荷重値にて繰り返しを行なう。1 級国道の活荷重（T-25）の走行回数 10 万回を超えると急激に強度が低下することから、また耐震性能の確認試験としてこの試験を行った。通常は内圧を負荷して行なわないため条件としては極めて厳しい試験となる。この試験により、ファイン管は実用上問題ない水準であり、更にファイン管（塩ビ）には 20 万回という通常の倍を維持できることを確認し、高い耐久性能を有する継手部の構造であることが判った。

その各試験状況を写真 1-1、写真 1-2 に、および結果は、表 1-3 に示す。

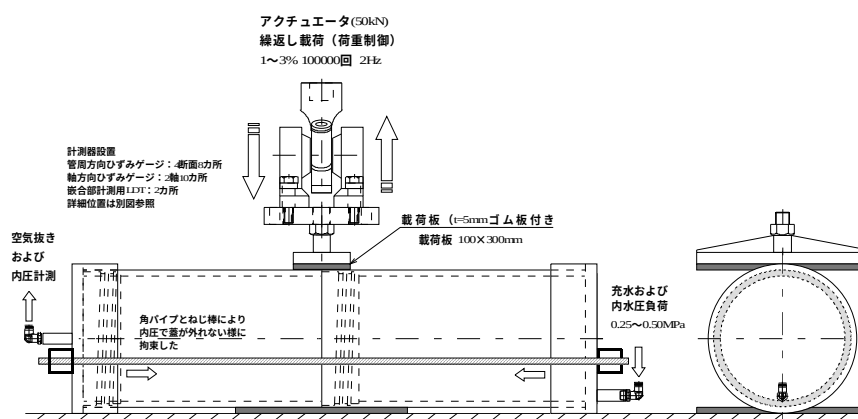


図 1-1 10 万回繰り返し試験

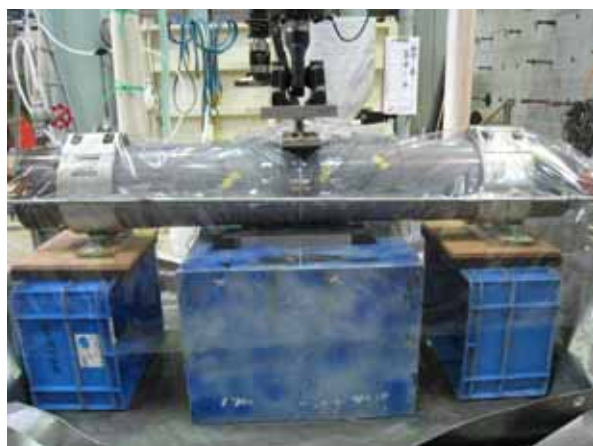


写真 1-1 ファイン管（塩ビ）

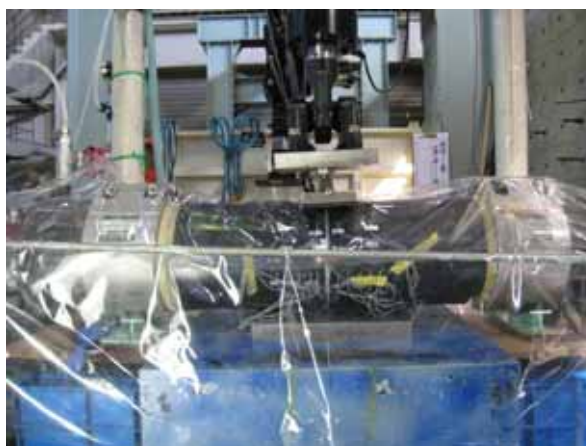


写真 1-1 ファイン管（PBT）



10 万回繰り返し水圧試験は、厳しい条件であったが実用上問題ないことを確認した。管体は、塩ビ・PBTともに問題はなかったが、止水材との相性はファイン管（塩ビ）に比べファイン管（PBT）がやや劣るため剥離しやすい結果となった。ファイン管（PBT）は、供試体と止水材の界面で剥離する現象を確認したが、PBTの材質と止水材の付着力による影響と推察される。ファイン管（塩ビ）は、最大扁平量の測定時でも、塩ビと止水材の界面からの剥離はなく止水材の中央から割れていた。

**表 1－3 ファイン管の 10 万回繰り返し試験結果（塩ビ、PBT）**

| 試験番号 | ファイン管 | ①<br>10 万回繰り<br>返し<br>1%→3% | ②<br>再変形確認<br>0.25MPa + 5%変形 | ③<br>水圧確認<br>0.50MPa | ④<br>最大扁平量<br>0.50MPa | 備考            |
|------|-------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| No.1 | 塩ビ    | 合格                          | ○                            | ○                    | 14.6kN、8%扁平           |               |
| No.2 | PBT   | 不合格                         | ×                            | ×                    | ×                     |               |
| No.4 | PBT   | 合格                          | ○                            | 0.3MPa<br>漏水         | ×                     |               |
| No.5 | 塩ビ    | 合格                          | ○                            | ○                    | 19.0kN<br>12%扁平       |               |
| No.6 | 塩ビ    | 合格                          | ○                            | —                    | —                     | 20 万回<br>繰り返し |

（No.6 の試験結果を参考資料－1 に示す。）

### 1－3) 継手部の耐震性試験

今後は、耐震性能に特化した具体的試験方法を検討し確認していく。（計算では、表 3－2 に示すとおり耐震性を有することを確認している。）

#### 1.6.(1).1 結果

耐震継手の開発と機能試験は、曲げ性能を確認した。また、短期的な強度試験では測定しきれない 10 万回繰り返し試験を行うことで管体が実用に耐えることが確認できた。（継手部の耐久性確認であり有効な継手であることを確認した。継手部の耐震性能とまでは言えないが、管体としては耐震性を有することを計算にて確認している。）

#### 1.6.(1).2 課題

継ぎ手部の性能については、一定の開発ができたが、止水材とファイン管（塩ビ、PBT）の接着状況で差が出る結果となった。ファイン管（PBT）については、専用プライマーを開発しファイン管（塩ビ）と同様の付着力をもたせる課題が残る。また、過酷な 10 万回の繰り返しと耐震性能の評価設定を検討する必要がある。

## 1. 6. (2) 継手部の対内圧に関する性能試験

### 2-1) 偏芯荷重を受ける継手部の性能（水密性）

試験方法は、**図 2-1** に示すとおりで既設管内へ設置し屈曲させた後に内水圧を負荷する試験である。ファイン管の水密性に関しては、**表 2-1** に示すとおり試験水圧 0.5 MPa 以上、屈曲 3.0 ° で水密性を有しているかを確認した。

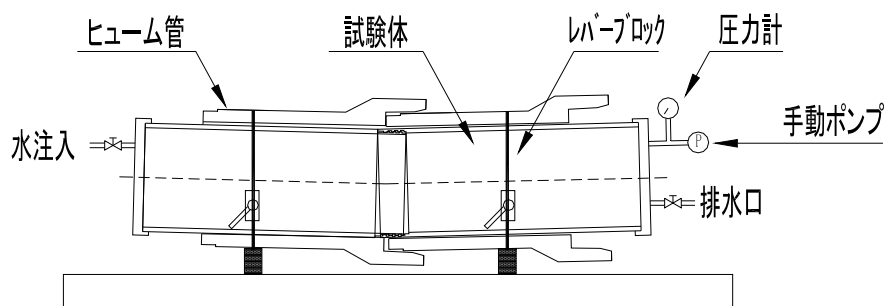


図 2-1 曲げ水密性



写真 2-1 ファイン管（塩ビ）



写真 2-1 ファイン管（PBT）

表 2-1 屈曲水密性試験結果（塩ビ、PBT）

| 試験項目       | 試験条件    |       | 確認結果 |
|------------|---------|-------|------|
|            | 水圧      | 屈曲角度  |      |
| ファイン管（塩ビ）  | 0.5 MPa | 3.0 ° | 漏水無し |
| ファイン管（PBT） | 0.5 MPa | 3.0 ° | 漏水無し |

## 1. 6. (2) 継手部の対内圧に関する性能試験

### 2-2) 軸力作用下の継手部の性能 (対荷重、水密性)

水圧引張り試験は、 $0.25\text{MPa}$  の内圧を負荷した状態で図 2-2 に示すとおり引張荷重を加える極めて過酷な試験であり、軸方向の引張力によって漏水する限界を把握する。

試験方法は、専用アタッチメントにより引抜き試験機(MTS 50kN)にセットし、内部を水で満たす。その後、水圧を徐々に上昇させ設計内圧  $0.25\text{MPa}$  の状態で、変位制御( $0.6\text{mm/min}$ ) による引抜き試験を嵌合部に漏水が発生するまで行う。その各試験状況を写真 2-3、写真 2-4 に、および結果は、表 2-2 に示す。

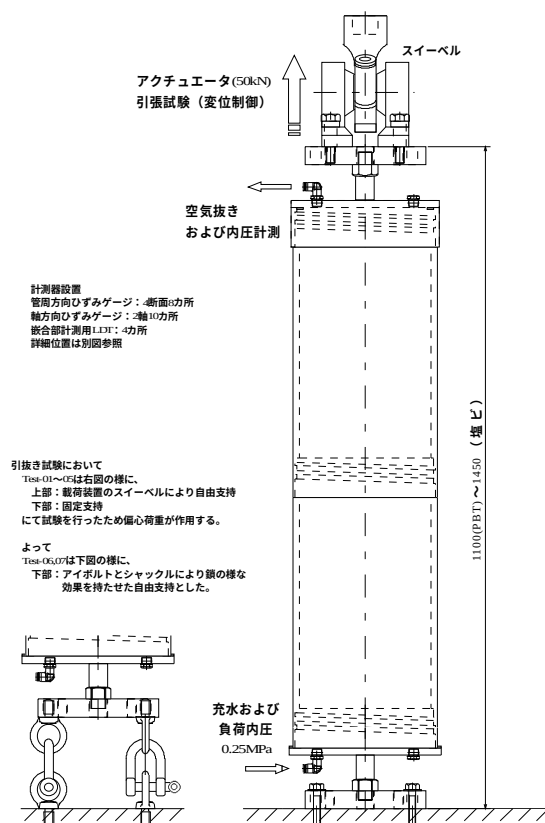


図 2-2 水圧引張り試験



写真 2-3 ファイン管 (塩ビ)

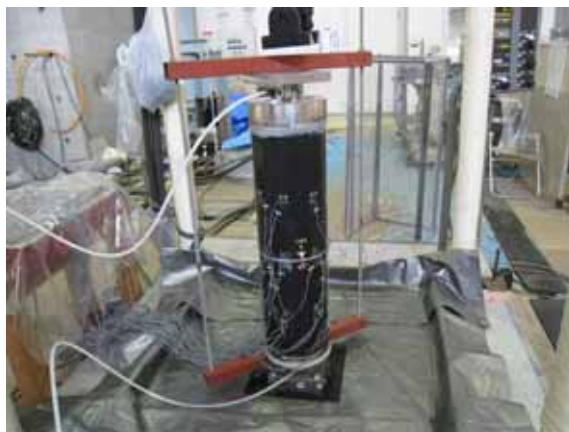


写真 2-4 ファイン管 (PBT)

水圧引張り試験は、厳しい条件であったが実用上問題ない水準にあることを確認した。管体は、塩ビ・PBTともに問題はなかったが、止水材と管材との付着による相性はファイン管（塩ビ）に比べファイン管（PBT）がやや劣るため、合計引張軸力も低い結果となった。ファイン管（塩ビ）は試験機械能力の上限値まで引張力を加えても破壊せず、引張軸力として 5.6 t 以上の確認ができた。一方、PBT ファイン管は、引張軸力として 3.6 t 以上の確認ができた。

**表 2－2 水圧引張試験結果（塩ビ、PBT）**

| 試験内容      | ① 水圧<br>(MPa) | ② 負荷力      |                                |                  |
|-----------|---------------|------------|--------------------------------|------------------|
|           |               | 引張力<br>(t) | 水圧による<br>引張力<br>(0.25MPa：1.0t) | 合計 (引張軸力)<br>(t) |
| N o.1 PBT | 0.25 → 0.25   | 0.9        | 1.0                            | 1.9              |
| N o.3 塩ビ  | 0.50 → 0.25   | 2.7        | 1.0                            | 3.7              |
| N o.4 PBT | 0.50 → 0.25   | 漏水時 2.6    | 1.0                            | 3.6              |
|           |               | 破壊時 2.6    | 1.0                            | 3.6              |
| N o.5 塩ビ  | 0.50 → 0.25   | 漏水時 3.3    | 1.0                            | 4.3              |
|           |               | 4.6        | 1.0                            | 5.6              |

(N o.5 の試験結果を参考資料－2 に示す)

### 1. 6. (2) .1 結果

継手部の対内圧に関する性能試験は、一般的な曲げ水圧試験のみならず、水圧引張試験を行った。水圧による軸方向力を受けた状態で、更に引張力を加えることで接続部の性能を確認し、止水性を持った継手構造を開発することができた。

### 1. 6. (2) .2 課題

特に無いが、試験装置上の問題で接続されるファイン管の偏芯力を排除するのに時間を要した。

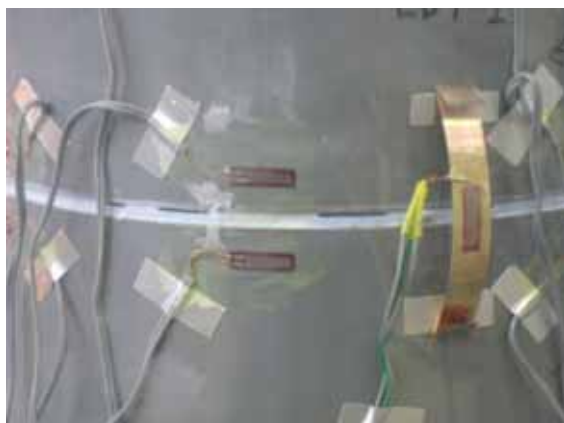
### 1. 6. (3) 埋設下における管の安全性評価

#### 3-1) 外圧と内圧が作用する場合の管の安全性評価

「埋設下」の試験は、未実施のため、埋設下を想定した実験にて安全性の評価を行なった。水圧引張り試験、および10万回繰返し試験で安全性を評価する。内外圧が作用する場合の管の安全性評価は、**表3-1**に示すとおり、a) 水圧引張り試験、およびb) 10万回繰返し試験で安全であると評価できる。更に、ファイン管（塩ビ）は、20万回繰返し試験にも合格できた。各試験の目地部状況は、**写真3-1**、**写真3-2**に示す。止水材との付着性能により、塩ビの方がPBTより高い安全性であることを確認した。

**表3-1 内外圧が作用する管の安全性評価**

| 試験名          | 材質     | 合否 |
|--------------|--------|----|
| a) 水圧引張り試験   | 塩ビ、PBT | 合格 |
| b) 10万回繰返し試験 | 塩ビ、PBT | 合格 |



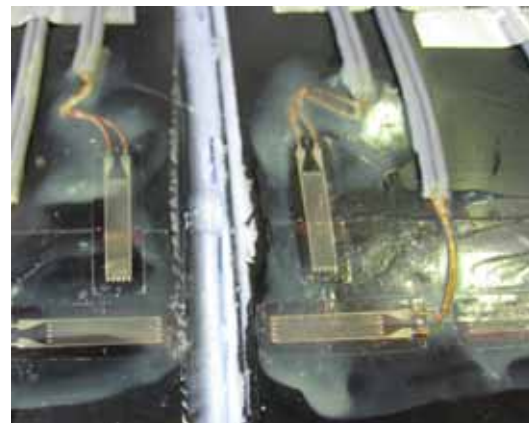
**写真3-1 水圧引張り試験（塩ビ）**



**写真3-2 水圧引張り試験（PBT）**



**写真3-1 10万回（塩ビ）**



**写真3-2 10万回（PBT）**

# 1. 6. (3) 埋設下における管の安全性評価

## 3-2) 地震時の挙動と安全性評価／構造物との接続部の挙動と安全性評価

「埋設下」の試験は、未実施のため、埋設下を想定した耐震計算により安全性の評価を行なった。「ファイン管の埋設下の安全性は、耐震計算と管体の構造計算により確認する。耐震性に関しては、「下水道施設の耐震対策指針と解説（社団法人 日本下水道協会）」（以下「耐震指針」という。）の定める耐震性の計算方法によりレベル 2 地震動の耐震性を有していることを確認した結果を表 3-2 に示す。

安全性の評価として計算上で検討を行なったが、耐震計算指針と実際の地震での挙動、および計算上の検討照査項目の妥当性を検証する必要がある。そして、検証項目の抜け出し量に関する照査項目のみを取って継手部の耐震性を説明することは難しく、実際には埋設下での耐震実験等を検討し安全性を評価するのが望ましいと考える。また、構造物との接続部の挙動に関しても耐震計算では接続部の屈曲角度として検討されているが地震の挙動に対する安全性を様々な角度から検証する必要がある。

**表 3-2 呼び径 250 ファイン管（塩ビ）の耐震性**

| ( 1 ) 管体応力に関する照査 ( MPa ) |        |       |          |
|--------------------------|--------|-------|----------|
| 項 目                      |        | レベル 2 | 許容応力     |
| 地震動                      | 引張応力   | 15.3  | 45.0 以下  |
| 地盤沈下                     | 曲げ応力   | 0.8   | 78.0 以下  |
| 側方流動                     | 圧縮座屈応力 | 5.1   | 64.7 以下  |
| ( 2 ) 抜け出し量に関する照査 ( m )  |        |       |          |
| 項 目                      |        | レベル 2 | 許容抜け出し量  |
| 地震動                      |        | 0.005 | 0.057 以下 |
| 地盤沈下                     |        | 0.007 |          |
| 側方流動                     |        | 0.044 |          |
| ( 3 ) 屈曲角に関する照査 ( ° )    |        |       |          |
| 項 目                      |        | レベル 2 | 許容屈曲角度   |
| 地震動                      |        | 0.039 | ±3.0 以下  |

※曲げ強度の低い（塩ビ）で安全側に計算。（耐震計算は参考資料-3 に示す。）

また、管体の構造計算は、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」（農林水産省構造改善局）により試算し、設計条件に満足することを確認した結果を表 3－3 に示す。一般的な設計手法と同じ計算で、自立管として埋設下における管体の安全性を確認できた。

**表 3－2 呼び径 250 ファイン管の構造計算（塩ビ）**

| 計算必要管厚                         | 計算たわみ率               |
|--------------------------------|----------------------|
| $t = 0.82 \text{ cm}$ 以上       | 1.2 %                |
| ファイン管厚 $t = 1.0 \text{ cm}$ 以下 | $\delta = 3.0 \%$ 以下 |
| 合格                             | 合格                   |

※曲げ強度の低い（塩ビ）で安全側に計算。（構造計算は参考資料－4 に示す。）

#### 1. 6. (3) .1 結果

埋設下における管の安全性評価は、計算により安全性を確認した。

#### 1. 6. (3) .2 課題

安全性の評価は、実際の埋設下で確認する手法も残される。そのため、計画中の実現場施工試験では、管体の変位を観測する課題が残る。

## 1. 6. (4) 老朽管の更生方法に関する性能試験

### 4-1) 老朽管の補強効果の検証

緩衝性試験を行い、本技術（F M材）と従来の充てん材で施工した供試体を用意し偏平試験を行い、内挿された管材に生じる供試体での歪み値を偏平試験により比較し、従来技術より本技術（F M材）を使用した時のファイン管歪み値が小さくなることを確認した。

緩衝性とは、既設管とファイン管との隙間に中込めしたF M材によってファイン管が受ける荷重を緩和させ歪みを小さくする機能をいう。本技術（F M材）とグラウト材で施工した供試体を用意し偏平試験を行い、内挿された管材に生じる供試体での歪み値を比較し、従来技術より本技術（F M材）を使用した時のファイン管歪み値が小さいことを確認した。

鉄筋コンクリート管（内径 250 mm 、長さ 300 mm）にファイン管（外径 240 mm 、長さ 300 mm）を入れ、その隙間部分に、それぞれ従来技術のグラウト材と本技術のF M材を中込めした供試体は、**図 4-1** に示すとおり用意する。この供試体で偏平試験を行い、供試体の偏平量が 13 mm 時の歪みを測定する。測定位置は、**図 4-2** に示すとおり供試体内側に歪みゲージを載荷方向から 90 ° 間隔で上下左右の 4 箇所にて円周方向と軸方向に貼付した。

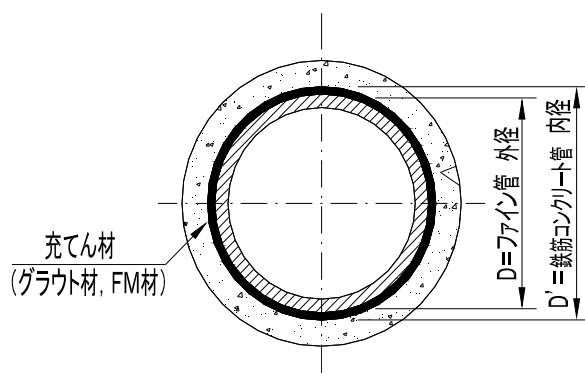


図 4-1 緩衝性試験供試体

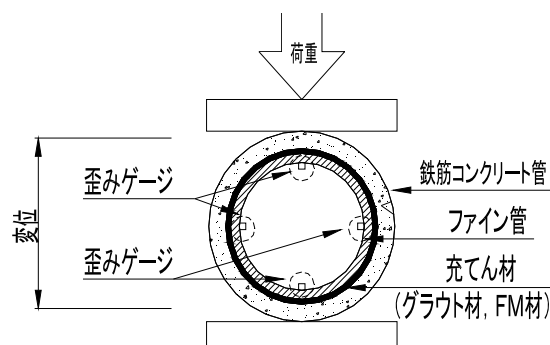


図 4-2 試験概要図

ファイン管に生じる歪みは、グラウト材よりもF M材の方が小さくなることを確認した。試験結果から、F M材の場合は、歪みが 3～4 割程度が低下しており、このF M材の緩衝機能は、地震等の地盤変位により想定以上の既設管の変動が生じた時に効果が期待できる。

この歪みの差は、低偏平時に顕著であり、大きい偏平時では殆ど差が無くなる。つまり、管体の局部に加わる荷重を集中的に加えるグラウト材に対して、F M材はゆっくりと分散させることができるため、歪みが低下する傾向にあると推察される。



表 4－1 FM材とグラウト材使用時の歪み比較（塩ビ）

| 13mm 偏平時 | 測定位置 | FM材<br>7 mm 規格厚み<br>( $\mu$ ) | グラウト材<br>( $\mu$ ) |
|----------|------|-------------------------------|--------------------|
|          | 左右   | -1,600                        | -4,000             |
|          | 上    | 2,100                         | 5,700              |
|          | 下    | 1,300                         | 4,100              |

（緩衝性試験は参考資料－5 に示す。）

また、試験状況を写真 4－1 に、従来の充てん材とは、表 4－2 に示すと通りの配合である。



写真 4－1 緩衝性試験状況

表 4－2 充てん材配合

|    | 普通ポルトランドセメント<br>(kg) | ベントナイト<br>(kg) | 水<br>(L) |
|----|----------------------|----------------|----------|
| 配合 | 200                  | 62.5           | 913      |
| 比重 | 3.15                 | 2.60           | 1.00     |

## 1. 6（4）老朽管の更生方法に関する性能試験

### 4－2）老朽管との隙間の中込め注入方法の高度化と機能評価

本工法で使用する FM 材は、従来工法と異なり管を挿入する前に設置するため、施工が容易でありながら確実に均一に内挿管と既設管との隙間へ中込めされることを確認した。

ファイン管と既設管との隙間は、FM 材により中込めされるとともに拘束されることを次のとおり確認した。隙間の中込め確認は、施工性試験にて、ファイン管の挿入前にあらかじめ筒状の FM 材を管きょ全延長にわたり、先

行して確実に配置され、F M材の内部へエアーを充填し膨らませ拡張する作業にて既設管内面に密着させる。その次に、ファイン管を推進することにより、さらにF M材がファイン管により押し広げられ、既設管と密着し隙間に中込めできることを確認した。

また、発進側からL=9.0 m 地点には、**写真 4－2**に示すとおりF M材の中込め状況を目視にて確認できる窓開き部分から、F M材は異常が無いことも合わせて確認した。既設管に設置されたF M材は、既に中込めすべき設置位置に確実に配置されることを**写真 4－3**に示すとおり、F M材の拡張作業にて確認した。グラウト材の注入作業は、施工管理や材料管理が複雑で、特に施工地盤環境により侵入水がある場合に施工品質の確保が困難である。また、施工後のグラウト材の養生が必要となる。

本工法で使用するF M材は、品質安定な工場製品でファイン管を挿入する前に引込で既設管内に設置するため、施工が容易でありながら確実かつ均一に内挿管と既設管との隙間へ中込めされる。また、施工後の養生がないので、工期が短い。また、F M材によりファイン管と既設管の間を充填し拘束固定されていることを目視により確認した。



写真 4－2 中込め状況の確認



写真 4－3 F M材の拡張作業

#### 1. 6. (4) .1 結果

老朽管の更生方法に関する性能試験は、従来にない筒状の弾性不織布（F M材）を中込め材とした画期的な材料を開発した。また、この歪みを低減させる緩衝性を有する効果を確認し、ファイン管を保護し緩衝機能を保有したまま固定するという機能を検討することができた。

#### 1. 6. (4) .2 課題

緩衝性は、荷重を分散させる効果を歪みにより確認しただけである。まだ具体的な補強効果まではわかっていないため、今後の継続研究で耐震性能として寄与させる課題が残る。

# 1. 6. (5) 老朽管の更生方法に関する施工性試験

## 5-1) 引き込み方法の検証

ファイン工法（被服鞘管工法）は、表 5-1 に示すとおり平成 20 年～22 年で挿入試験を 24 回行ない、現在の施工手順を確立してきた。

引き込み方法は、管体を引き込みする施工の場合は接続部に応力が加わるため管体破損を起こす可能性が有ることがわかった。そのため、推進施工を基本とする施工要領書を確立した。

表 5-1 挿入試験

|       | 試験名      | 日時     | 試験概要                                 | 試験結果                         |
|-------|----------|--------|--------------------------------------|------------------------------|
| 平成20年 | 第1回挿入試験  | 6月     | (フェルト含浸+引き込みタイプ) φ150、延長L=6mm、塩ビ管、挿入 | 不織布の厚さ、縦方向に伸びない不織布の開発中、内面ネット |
|       | 第2回挿入試験  | 7月29日  | (フェルト含浸+引き込みタイプ) φ150、延長L=6mm、塩ビ管、挿入 | 不織布の厚さ、縦方向に伸びない不織布の開発中、施工法の  |
|       | 第3回挿入試験  | 12月5日  | (引き込みタイプ) φ150、延長L=30mm、塩ビ管、施工法の検討   | 最適フェルトの開発中、挿入径が含まず既設管破損、施工法  |
|       | 第4回挿入試験  | 12月9日  | (引き込みタイプ) φ150、延長L=30mm、FRP管、塩ビ管、施工  | フェルト切断、摩擦の問題、フェルト厚、密度調整、最大荷重 |
| 平成21年 | 第1回挿入試験  | 10月    | (引き込みタイプ、先端管空気拡張) φ150、延長L=6mm、塩ビ管、  | 不織布の厚さ、縦方向に伸びない不織布の開発中、内面ネット |
|       | 第2回挿入試験  | 10月    | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第3回挿入試験  | 11月    | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第4回挿入試験  | 11月    | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第5回挿入試験  | 11月    | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第6回挿入試験  | 12月    | (引き込みタイプ、先端管空気拡張) φ150、延長L=6mm、挿入荷   | 不織布の厚さ、縦方向に伸びない不織布の開発中、内面ネット |
|       | 第7回挿入試験  | 12月16日 | (引き込みタイプ) φ250、延長L=30mm、PBT管、施工法の検討  | これまでに行なった第1回～6回試験を経てフェルト材の特  |
|       | 第8回挿入試験  | 1月6日   | (引き込みタイプ) φ250、延長L=30mm、PBT管、施工法の検討  | これまでに行なった第1回～6回試験を経てフェルト材の特  |
| 平成22年 | 第1回挿入試験  | 2月24日  | (挿入タイプ) φ250、延長L=30mm、PBT管、施工法の確立    | 農工研立会いのもと確立した現行施工方式を披露、押し込み、 |
|       | 第2回挿入試験  | 3月26日  | (挿入タイプ) φ250、延長L=8mm、PBT管、屈曲対応       | 屈曲部の通過確認、PBT管の破損             |
|       | 第3回挿入試験  | 3月     | (挿入タイプ) φ250、延長L=34mm、PBT管屈曲対応       | 設置の見直し、管体構造の修正、先端管の修正、等      |
|       | 第4回挿入試験  | 3月     | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第5回挿入試験  | 3月     | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第6回挿入試験  | 4月30日  | 〃                                    | ゴムパッキンの外れ、水圧NG               |
|       | 第7回挿入試験  | 5月     | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第8回挿入試験  | 5月     | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第9回挿入試験  | 5月7日   | 〃                                    | 〃                            |
|       | 第10回挿入試験 | 11月19日 | (挿入タイプ) φ250、延長L=34mm、塩ビ管            | 施工性の確認、連続52本、接続1名+補助1名歩掛、施工確 |
|       | 第11回挿入試験 | 11月25日 | (挿入タイプ) φ250、延長L=34mm、塩ビ管、屈曲対応       | 屈曲部の不具合調査、塩ビ管破損、スリップシート破損、先端 |
|       | 第12回挿入試験 | 12月22日 | (挿入タイプ) φ250、延長L=34mm、塩ビ管、屈曲対応       | 施工方法の確立、管体構造の確立、施工工具(先端管)の確  |

# 1. 6. (5) 老朽管の更生方法に関する施工性試験

## 5-2) 引き込み管の品質確認と安全性の検証

本工法で使用するファイン管は、強度的に問題ないか推進力と管体強度を数値で確認し安全性を検証した。

推進作業にあたり、推進力によるファイン管の損傷が生じないように、ファイン管の最大許容推進力（工法で決めた推進の上限値）を超える推進力でファイン管を押し込んではいならない。推進作業全過程において、できるだけ

均一な速度で作業し急速な推進力の変化を避けなければならない。特に、段差や屈曲等非直線部に差し掛かった時に推進力が上昇しやすいため、施工前のTVカメラ調査の結果を再確認しながら現場状況にあわせた推進作業を行なう。また、ファイン管を円滑に推進させるために管の外へ潤滑剤を塗布する。

最大許容推進力とは、本工法の推進作業過程において推進力がこの許容値を上回ると、ファイン管（特に接続部）に何らかの損傷が生じる可能性がある推進力の限界値である。本工法では、既設管路屈曲による推進力の偏芯を考慮し、最大許容推進力は、規定耐荷力の半分としている。規定耐荷力とは、管の有効断面積 × 圧縮座屈強さ から算出される管体破壊の計算上の限界値である。**表 5－2**には最大許容推進力と規定耐荷力を示す。

規定耐荷力は、圧縮座屈強さ 64.7 MPa を用いて**表 5－3**のとおり算定し、推進方向耐荷力試験により規定耐荷力を満足することを確認した。

**表 5－2 最大許容推進力および規定耐荷力（塩ビ）**

| 呼び径 | 最大許容推進力<br>( kN ) | 規定耐荷力<br>( kN ) |
|-----|-------------------|-----------------|
| 250 | 116               | 233.6           |

※曲げ強度の低いファイン管(塩ビ)で安全側に基準を設定した。

**表 5－3 規定耐荷力の算定（塩ビ）**

| 呼び径 | 管厚<br>中心径<br>( mm ) | 有効幅<br>( mm ) | 有効断面積<br>( cm <sup>2</sup> ) | 圧縮座屈強さ<br>( MPa ) | 規定耐荷力<br>( kN ) |
|-----|---------------------|---------------|------------------------------|-------------------|-----------------|
| 250 | 230.0               | 5.0           | 36.1                         | 64.7              | 233.6           |

（有効断面積は安全に考え本管管厚の 1/2 として算出）

つまり、ファイン工法の標準的な推進力（L＝50m）は、7.55 ～ 10.26 kN となっているため、最大許容推進力である 116kN に対しては 11 倍もの安全性を持っている。（管体の限界値では 233.6kN であるので、更に安全側である。）

#### 1. 6. (5) .1 結果

老朽管の更生方法に関する施工性試験は、安全な施工方法を確立できた。

#### 1. 6. (5) .2 課題

推進力と施工延長の関係は、比例関係に有るが施工延長に応じて最大許容推進力を設定するかの議論が残る。

## 1. 6. (6) 模擬管路 施工材料の説明

ファイン工法の施工に使用する材料の説明を次に示す。

ファイン工法に使用する主材料は、鞘管であるファイン管と隙間を間詰め材とするFM材の二種類から構成されている。ファイン管は、工場二次製品ネジ式ジョイント管であり、FM材は、既設管の形状に合わせた筒形状のポリエステル製弾性材を使用している。

また、主材以外に使用する副資材としては、表6－1の材料構成表に示すとおり止水材および潤滑剤がある。本技術に使用する使用材料を図6－1に示す。

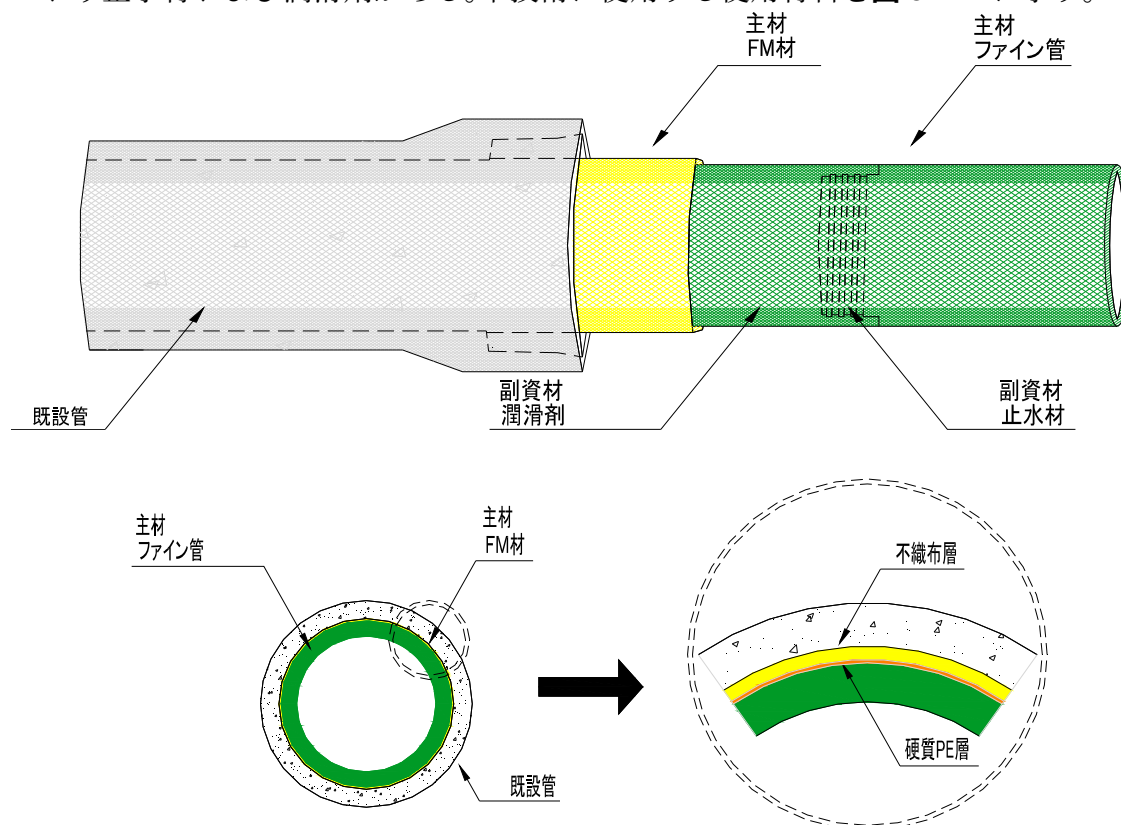


図6－1 使用材料

表6－1 材料構成表

| 使用材料名 | 使用名称  | 材質                              |
|-------|-------|---------------------------------|
| 主 材   | ファイン管 | 新規材料：PBT 樹脂製<br>汎用材料：硬質塩化ビニル樹脂製 |
|       | FM材   | ポリエステル                          |
| 副資材   | 止水材   | シリコーン変性ポリマー                     |
|       | 潤滑剤   | シリコーン                           |

### (a) ファイン管

ファイン管は、自立管（既設管の強度を期待しない管）であり、**写真 1－1**に示す形状で、P B T 樹脂製および硬質塩化ビニル樹脂製として開発した。両者ともに、形状は同じで材質を変えただけである。試験内圧 0.5MPa（設計内圧 0.25MPa）対応の製品である。ねじの溝幅に隙間を持たせ、ねじ込んだ状態において継手に遊び（余裕）を持たせることにより、既設管の屈曲、段差等による推進時のファイン管の動きにある程度追従できるようにしている。



写真 6－1 ファイン管の外観

### (b) FM材

FM材は、本工法の間詰め材として既設管とファイン管との隙間に入れる圧縮可能な弾性間詰め材のことで、**図 1－2**に示すとおり既設管の形状に合わせた筒形状の材料である。概観は**写真 1－2**に示すとおりである。

FM材の構造は、圧縮可能な弾性性能（クッション性能）とファイン管の円滑な推進のための摩擦低減性能および損傷防止の目的のため、不織布層と硬質 P E 層で構成されている。それぞれの役割は、丈夫で摩擦係数の小さい硬質 P E 層によって、FM材が破損すること無くファイン管の円滑な推進が確保され、圧縮可能な不織布層によって、ファイン管を確実に拘束できる。

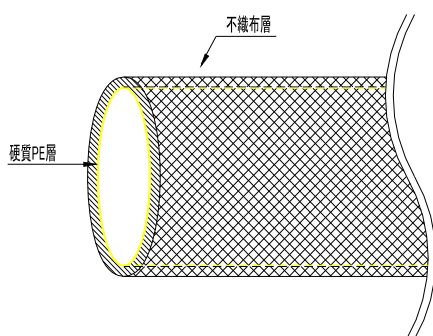


図 6－2 FM材の形状



写真 6－2 FM材の外観

FM材の呼び径 250 の場合は、**写真 6－3**に示すとおり規格厚み 7 mm で



あるが、実測は 12 mm の厚さとなっている。また、FM材の厚みの規格は、**表 6－2**に示すとおり延長あたりの重量と厚みで管理する不織布メーカー設定の厚みである。

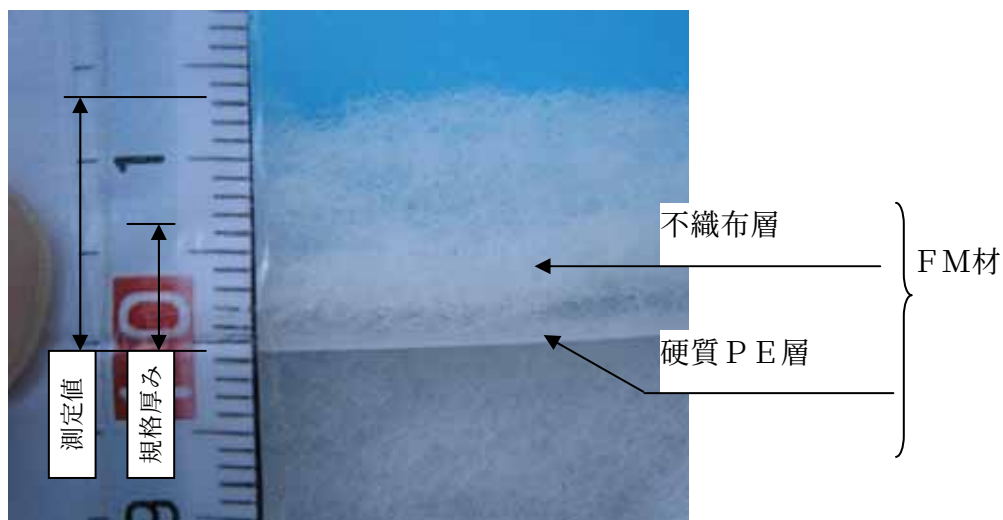


写真 6－3 FM材の構成

表 1－3 FM材の規格

| 呼び径 | 重量<br>( kg/m ) | 規格厚み<br>( mm ) | 実測値<br>( mm ) |
|-----|----------------|----------------|---------------|
| 250 | 0.23           | 7.0            | 11～13         |

※ 重量管理は、上記重量のプラス 8 % 範囲で製造される。

FM材は、大きな性能として**表 1－4**に示すと通りの三点を挙げることができる。

表 1－4 FM材の特性

|              |                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------|
| ① 隙間の充てん     | FM材をあらかじめ挿入、拡径することにより充てんの確保を確認した上で、ファイン管の推進を可能とする。 |
| ② ファイン管の拘束   | ファイン管をFM材により拘束し、水圧による移動を防ぐ。                        |
| ③ ファイン管への緩衝性 | ファイン管への外力の荷重を緩和することができる。                           |

**(b-1) 硬質PE層**

硬質PE層は、FM材の内側を構成する層であり、表1-5に示すとおり硬質PE（ポリエチレン）材を使用している。

**表1-5 硬質PEの厚みおよび摩擦係数**

| 材 質    | 厚み     | 摩擦係数                               |
|--------|--------|------------------------------------|
| ポリエチレン | 0.3 mm | 動摩擦係数 0.23（塩ビ板）<br>静摩擦係数 0.20（塩ビ板） |

**(b-2) 不織布層**

不織布層は、FM材の外側を構成する層であり、圧縮可能な不織布を使用している。表1-6に示すとおりポリエステル材を使用しており、ファイン管の全周面を弾性的に包むことで外力から保護している。

**表1-6 不織布層の厚みおよび摩擦係数**

| 材 質    | 規格厚み             | 摩擦係数                |
|--------|------------------|---------------------|
| ポリエステル | 7.0 mm<br>8.0 mm | 静摩擦係数 0.6 （コンクリート板） |

**(3) 止水材**

止水材は、ファイン管の接続部へ塗布して水密性をはかる材料である。本工法に使用する止水材は、「下水道推進工法用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-6）」の接続用止水材として使用しているものを採用している。材質は、シリコーン変性ポリマー弾性接着剤であり、空気中の湿気を吸収硬化し、硬化後も弾性を有する性質を持っている。止水材は使用後すぐには硬化せず、推進中の継手部の動きに追随し、8 時間程度経過した後に硬化するため、既設管の屈曲、段差等による推進時のファイン管の動きがあっても止水性を有する。

**(4) 潤滑剤**

潤滑剤は、ファイン管とFM層との内面摩擦を低減し推進し易くするために、推進作業時にファイン管の外表面へ塗布する材料である。本工法に使用する潤滑剤は、下水道の管路更生工法材料引き込み用潤滑剤として使用されている。材質は、多くの潤滑剤に使用されているシリコーンであり、ファイン管を滑らかに推進させるための材料である。



### 6-1) 模擬管路（現場状況を具体的に再現し地上に設置した模擬管路）

図6-1に示すように、水平に設置した呼び径 250 の鉄筋コンクリート管（内径 250 mm 、長さ 2,000 mm ）× 25 本 = 延長 50 m の内部に本技術を施工することにより施工性を確認する。模擬管路には、「① 3 ° 以下の屈曲角」、「② 10 mm 以下の滞水」、「③ 100 mm 以下の隙間」、「④ 10 mm 以下の段差」、「⑤ 5 mm 以下の段差かつ 100 mm 以下の隙間」をそれぞれ設ける。「④ 10 mm 以下の段差」部については、内面切削機械を使用して、事前に段差を取り除いた管を設置している。なお、模擬管路に用いた鉄筋コンクリート管は、レバブロックで架台と固定した。

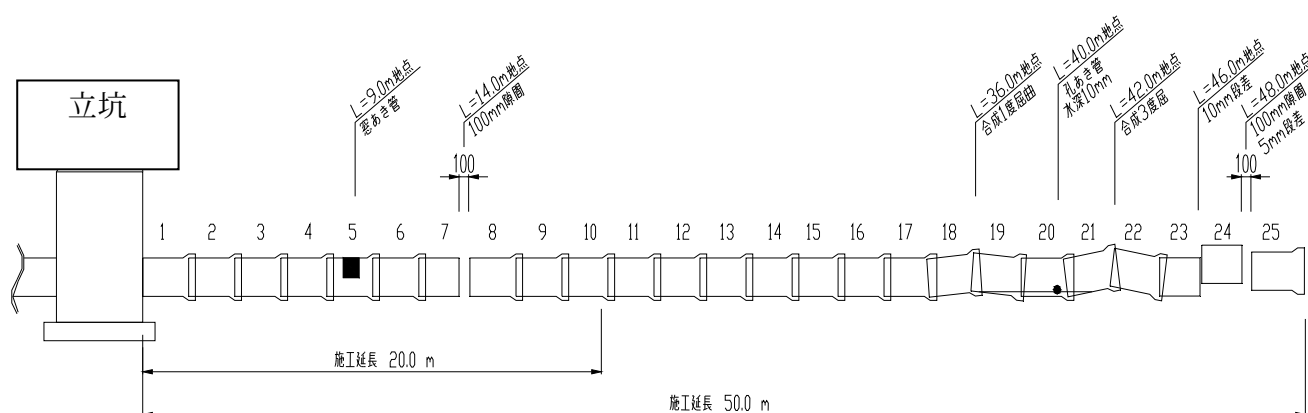


図6-1 模擬管路

施工性に関しては、地上部で施工条件を再現した模擬管路を設け、表6-1に示す条件で施工できることを写真6-1～写真6-6に示すとおり施工できることを確認した。なお、ファイン（塩ビ）の方がファイン（PBT）より曲げ強度値が小さいので安全側としてファイン（塩ビ）にて施工性を確認した。また、施工手順および状況を写真6-7～写真6-20に示す。（施工要領書は参考資料-6に示す。）

また、ファイン工法は、鞘管工法であるため既設管に段差部や狭小部が存在すると推進施工時に影響がある。そのため、ファイン管の挿入を妨げる部位を削り施工断面を確保するために開発した内面切削機械という機械を事前処理に使用する。

表 1－2 施工の試験結果

| 確認項目 |                                                    | 確認結果                                     |
|------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 試験条件 | ① 角度 3 ° 以下の屈曲<br>(1.5 ° -1.5 °)                   | 角度 3.45 °<br>(1.65 ° -1.80 °)            |
|      | ② 10 mm 以下の滞水                                      | 20 mm                                    |
|      | ③ 100 mm 以下の隙間                                     | 101 mm                                   |
|      | ④ 10 mm 以下の段差<br>(「内面切削機械」にて 5 mm 以下の<br>段差に修正した。) | 鉄筋コンクリート管の段<br>差 13 mm を処理して通過<br>確認をした。 |
|      | ⑤ 5 mm 以下の段差<br>かつ 100 mm 以下の隙間                    | 段差 6 mm<br>かつ隙間 100 mm                   |

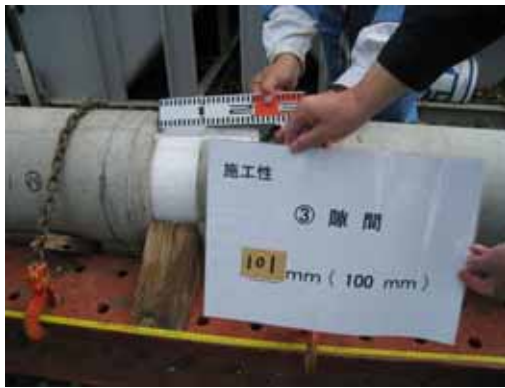


写真 6－1 隙間 101mm



写真 6－2 溜まり水 20mm



写真 6－3 屈曲 1.80° - 1.65°

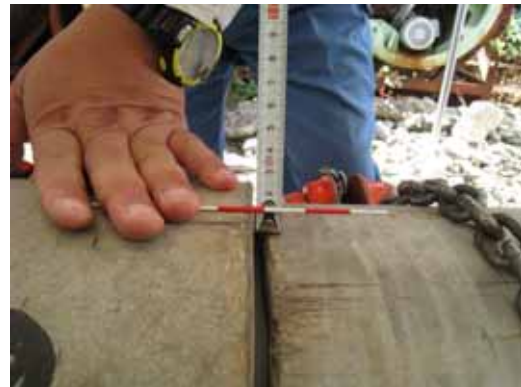


写真 6－4 段差 13.0mm

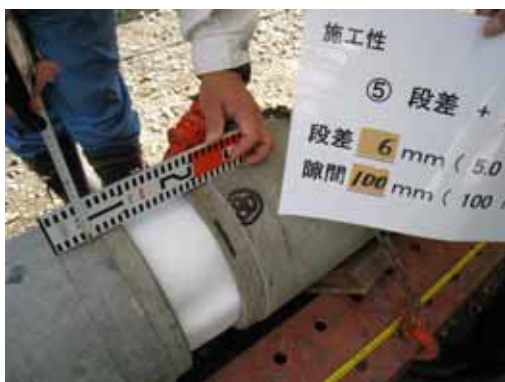


写真 6－5 段差 6mm + 隙間 100mm



写真 6－6 最終管抜け出し



写真 6－7 施工状況 ( L = 50m )



写真 6－8 立孔内作業



写真 6－9 FM材 引き込み段取り



写真 6－10 FM材 引き込み段取り



写真 6－11 FM材の固定



写真 6－12 拡径作業



写真 6－13 先導管設置

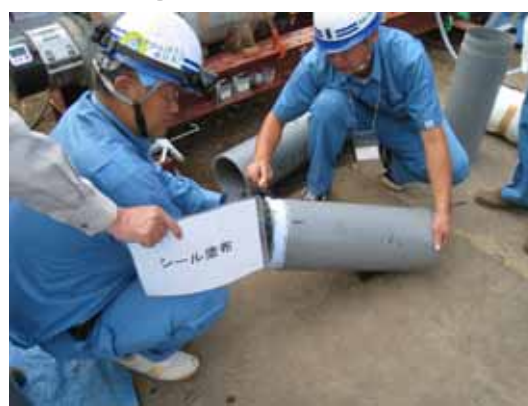


写真 6－14 止水材の塗布



写真 6－15 ファイン管の接続



写真 6－16 潤滑剤塗布





写真 6-17 ファイン管用推進機械にて推進



写真 6-18 ストラット設置



写真 6-19 再推進作業



写真 6-20 ファイン管の抜け出し

ファイン管用推進機械は、**写真 6-21** に示すとおりにジャッキ本体をファイン管の内部に設置できる様に設計しており、直径 900 mm 等の狭い空間でも作業が可能である。作業手順は、専用推進機械をファイン管の内部へ設置した後にプッシングプレート装着し油圧でシリンダーを伸ばしファイン管を推進させる。(プッシングプレートとは、ファイン管の管端部へ装着しジャッキ本体とファイン管を一体化する連結用のプレートのこと。)

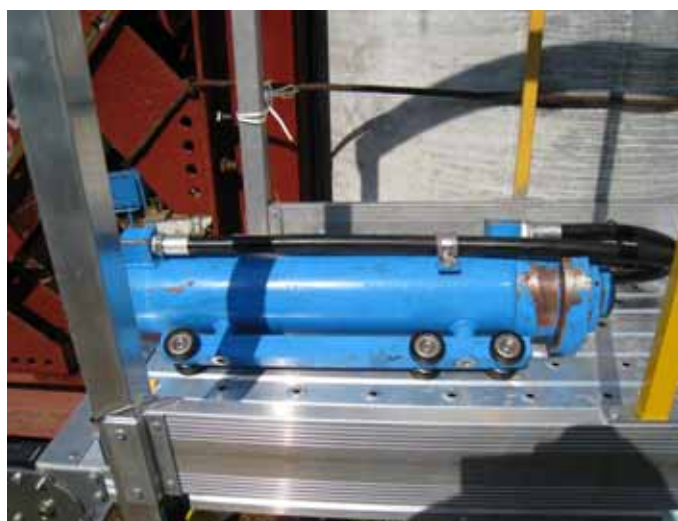
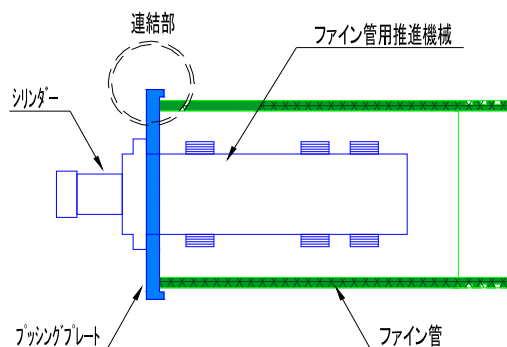


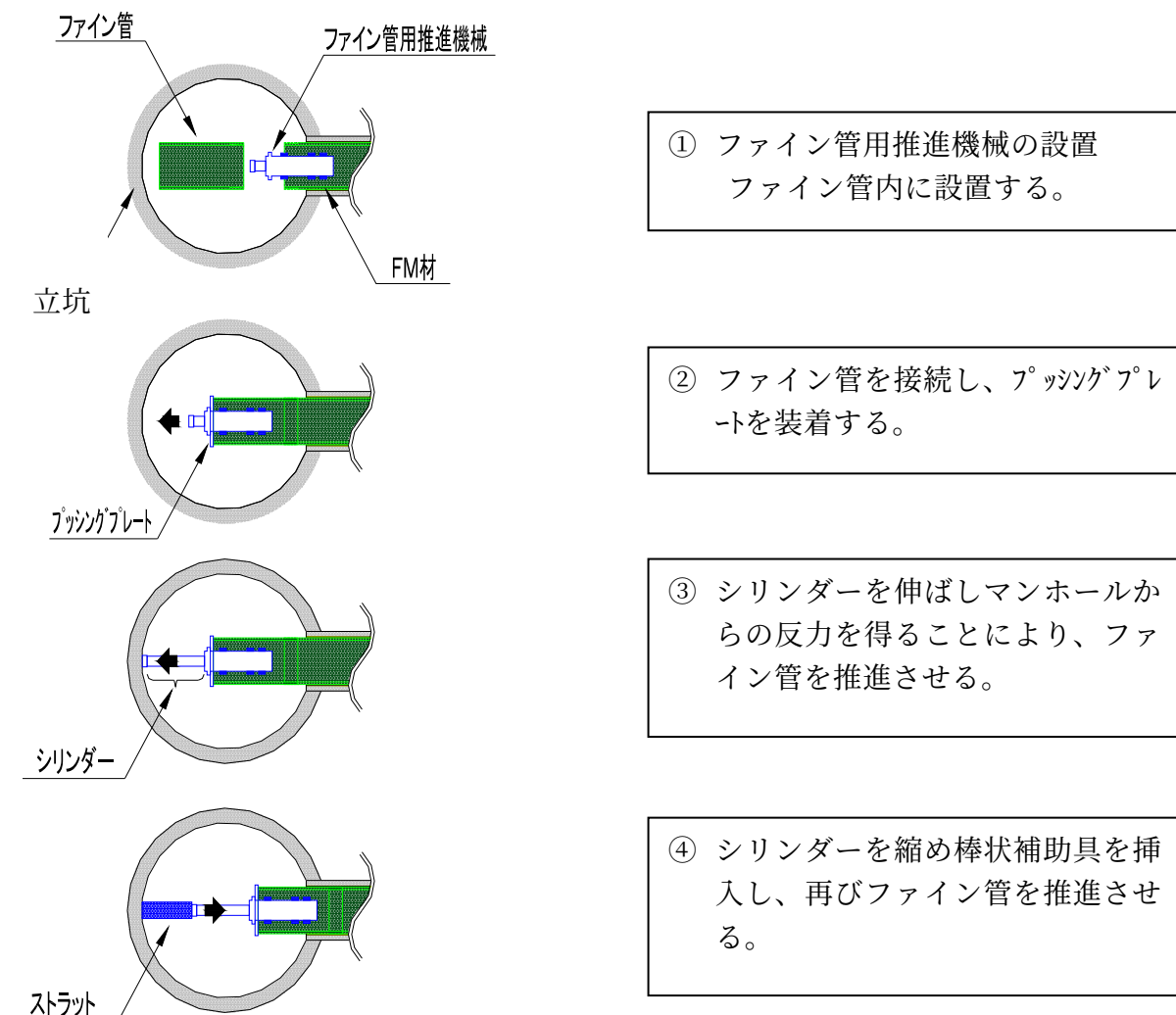
写真 6-21 ファイン管用推進機械

プッシングプレートは、**図 6-2**に示すとおりファイン管の端部に引っかかる構造となっており、ファイン管用推進機械の荷重を受けて、ファイン管の管厚全面へ伝えることができる。



**図 6-2** プッシングプレートとファイン管の連結部

ファイン工法は、**図 6-3**に示す作業手順にてファイン管用推進機械を操作し立坑からの反力を得ることでファイン管を推進させる。



**図 6-3** ファイン管用推進機械の作業手順

## 6-2) 実現場施工

実現場を選定し施工確認を計画中である。

### 1.6.(6).1 結果

実証試験は、模擬管路による現場状況を具体的に再現し地上に設置した模擬管路での確認を終えることができた。現場環境に左右されず一定の作業が行なえるため、呼び径 250 の L=50m 管路を 4 人/班の人工で、段取りから 5 時間程度で施工完了することができた。材料準備段取り配置に 40 分程度、F M 材の拡大径に 5 分程度、その後のファイン管接続（止水材塗布含）に 1.5～2 分/本、推進作業に 10～20 秒/本。F M 材は二次製品であるため養生の必要が無く工期の短縮に期待できる。

### 1.6.(6).2 課題

模擬管路施工と同様に実現場でも施工できることを確認する課題は残るが、地中内に固定されていない鋼製架台での模擬管路であり、実現場よりも厳しい条件設定であるため、一般の管路は容易と思われる。また、実際の歩掛かりも含めて積算資料要領を作成する課題が残る。

## 1.6.(7) 技術資料作成

技術資料は、実証試験：模擬管路を経て施工要領書、耐震計算書、構造計算書、平成 22 年度農業農村工学会大会投稿（被膜鞘管工法）を作成した。（別添資料に示す。）

### 1.6.(7).1 結果

各種資料を作成することができた。施工材料開発から、各種性能確認、施工方法開発、と幅広い研究内容であったが有る程度の結果を示すことができた。

### 1.6.(7).2 課題

現場に即した内容での資料や具体的なサポート体制を備える必要がある。

### 1. 6. (8) 機能監視

管路の屈曲部を通過する時の影響を調べる為、歪みを測定し、ファイン管の管体に異状ないことを数値で確認した。

施工フィールド試験において、設置したイベント（屈曲、段差部、隙間部等）の中でも最も推進荷重を要した屈曲部を通過する時のファイン管歪みを計測し施工上の最大許容角度を調査する。既設管を想定した鉄筋コンクリート管（内径 250 mm、長さ 1000 mm）の内部を F M 材にて設置する。管体内面の上部と側部へ 24 箇所歪みゲージを設置（円周、軸方向）した供試体を用いて図 8－1 に示すとおり屈曲通過時の歪みを測定した。

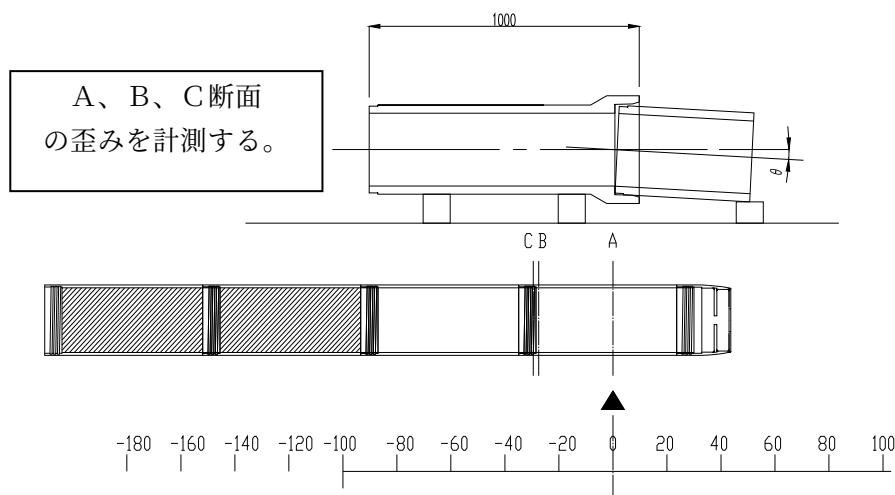


図 8－1 歪み測定試験概要

試験結果は、直線時に 0.5kN 程度の推進力であったが屈曲角度 3 °、6 ° とともに屈曲通過時に 2.0kN 程度の推進力（1.5 kN 程度の推進力の上昇）となった。特に管体へ影響を及ぼすことなく通過することができた。

施工上の上限は 3 ° の屈曲角度としているが、6 ° でも通過できることがわかった。また、直線時の歪みは、100 μ 以下と僅かであり F M 材の内面に存在する硬質 P E 層がファイン管の滑り性を高めているため歪み値の影響が少ないと推察される。

また、屈曲部に差し掛かり歪が大きくなるが設置した既設管の角度が大きくなるに従い歪みも大きくなる結果を得た。しかし、最大でも 5,000 μ 程度の値であり、この数値は、外圧扁平試験で 7 mm 程度の扁平時の歪みであるため施工時に想定する屈曲角度 3 ° は十分安全を考慮した数値といえる。

試験状況は、写真 8－1 に示すとおりである。ファイン管の先頭に装着した先導管が、既設管の屈部に接触すると各 A B C 断面に歪みが発生した。

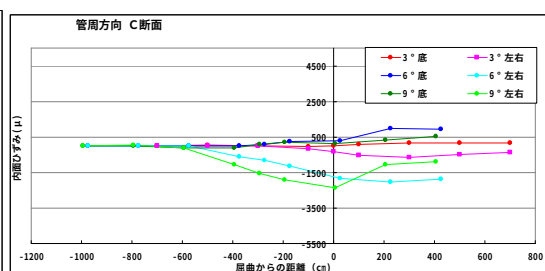
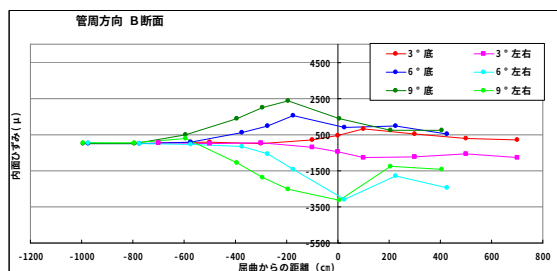
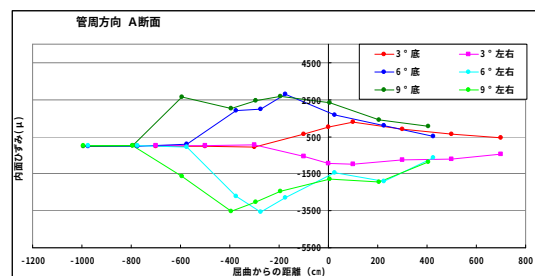
円周方向の歪みは、表 8－1 に示すとおり本体部（A 断面）と接続部（B 断面）が大きく、差し口部（C 断面）が、やや少ない傾向にあった。これは、管体の扁平の影響が差し口部まで影響しにくいためと推察される。



軸方向の歪みは、表 8－2 に示すとおり差し口部（C 断面）が、やや大きくなる傾向にあった。これは、推進作業によりファイン管の差し口に荷重がかかるためと推察される。（施工歪み試験を参考資料－7 に示す。）



写真 8－1 試験状況



### 1. 6. (8) .1 結果

機能監視としては、管路の屈曲部を通過する時のファイン管の歪みを測定し、ファイン管の管体に異状ないことを数値で確認できた。

### 1. 6. (8) .2 課題

資料の整理作業が残る。

## 2 事業の成果

2. 1 成果の内容 事業の成果は表 1－4 に示す。

**表 1－4 事業の成果**

| 開発項目                  | 内容                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) 耐震継手の開発と機能試験      | 耐震継手の開発と機能試験は、曲げ性能を確認した。また、短期的な強度試験ではわからない 10 万回繰り返し試験を行うことで管体が実用に耐えうることが確認できた。<br>(継手部の耐久性確認であり有効な継手であることを確認した。継手部の耐震性能とまでは言えないが、管体としては耐震性を有することを計算にて確認している。)                                                                                          |
| (2) 継手部の対内圧に関する性能試験   | 継手部の対内圧に関する性能試験は、一般的な曲げ水圧のみならず、水圧引張試験にて水圧による軸方向力を受けた状態での性能を確認し、止水性を持った継手構造を開発することができた。                                                                                                                                                                  |
| (3) 埋設下における管の安全性評価    | 埋設下における管の安全性評価は、計算により安全性を確認した。                                                                                                                                                                                                                          |
| (4) 老朽管の更生方法に関する性能試験  | 老朽管の更生方法に関する性能試験は、従来にない筒状の弾性不織布（F M 材）を中込め材とした画期的な材料を開発した。また、この歪みを低減させる緩衝性を有する効果を確認し、ファイン管を保護し緩衝機能を保有したまま固定するという機能を検討することができた。                                                                                                                          |
| (5) 老朽管の更生方法に関する施工性試験 | 老朽管の更生方法に関する施工性試験は、安全な施工方法を確立できた。                                                                                                                                                                                                                       |
| (6) 実証試験              | 実証試験は、模擬管路による現場状況を具体的に再現し地上に設置した模擬管路での確認を終えることができた。現場環境に左右されず一定の作業が行なえるため、呼び径 250 の L=50m 管路を 4 人/班の人工で、段取りから 5 時間程度で施工完了することができた。材料準備段取り配置に 40 分程度、F M 材の拡大径に 5 分程度、その後のファイン管接続（止水材塗布含）に 1.5～2 分/本、推進作業に 10～20 秒/本。F M 材は二次製品であるため養生の必要が無く工期の短縮に期待できる。 |
| (7) 技術資料作成            | 技術資料は、実証試験：模擬管路を経て施工要領書、耐震計算書、構造計算書、平成 22 年度農業農村工学会大会投稿（被膜鞘管工法）を作成した。（別添資料に示す。）                                                                                                                                                                         |
| (8) 機能監視              | 機能監視としては、管路の屈曲部を通過する時のファイン管の歪みを測定し、ファイン管の管体に異状ないことを数値で確認できた。                                                                                                                                                                                            |

## 2. 2 目標の達成度

## (1) 成果から得られる効果

当官民連携新技術研究開発事業は、老朽化した小口径管路（呼び径 250～450 程度）を対象とした耐震性を付与した更生工法として確立した。

## (2) 従来技術との比較

## 1) 比較する従来技術

従来技術との比較は表 1－5 に示す。

表 1－5 従来技術との比較

|                    | 本技術                                         | 従来技術                                             |
|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                    |                                             | 技術 A（鞘管内挿型）                                      |
| 使用材料<br>（管材、中込材）   | ファイン管（塩ビ、PBT）                               | FRPM管                                            |
|                    | FM材                                         | グラウト材                                            |
| 通水断面               | ◎                                           | ○                                                |
|                    | 中込材が薄いため、通水断面を大きく確保できる。                     | 充填するための隙間の確保が必要<br>なため通水断面は小さくなる。                |
| 管材の<br>挿入方法        | ◎                                           | ○                                                |
|                    | 簡易推進装置で挿入する。                                | 大型施設、推進装置を必要とする。                                 |
| 中込材の養生<br>および品質の安定 | ◎                                           | ○                                                |
|                    | 中込材は、二次製品できて<br>いるため養生の必要は無く、<br>品質管理は要らない。 | 硬化するまでの養生が必要で、現場<br>状況で充填するための粘度の管理、<br>品質管理も必要。 |
| 緩 衝 性              | ◎                                           | ○                                                |
|                    | 緩衝性が大きい                                     | 緩衝性は小さい                                          |
| 品 質                | ◎                                           | ○                                                |
|                    | 工場二次製品を使用するため<br>品質は一定で現場状況に影響<br>されない。     | 管材は工場二次製品であるが、中込<br>材の品質確保が難しい。                  |
| 施 工 性              | ◎                                           | ○                                                |
|                    | 容易な施工方法で少ない推進<br>力にて施工できる。                  | 大きい推進力と大規模設備が必要<br>となる。                          |
| 周辺環境への影響           | ◎                                           | ○                                                |
|                    | 二次製品を使用し、臭気や騒<br>音もなく場所を取らない。               | 中込材の準備に、粉塵、騒音が発生<br>する。                          |

※ファイン管（塩ビ、PBT）の違いは、製造に使用する樹脂の差であり管体の構造は同じである。PBT樹脂の方が曲げ強度特性に優れるが、材料費が高く、使用実績が無い。一方、塩ビ樹脂は汎用的で、材料費が安く、使用実績が多い。

## 2) 従来技術に対する優位性

①経済性は、簡易推進装置で鞘管を挿入でき、中込め材の管理が必要無いため施工の簡素化が図れる。

- ・現在、m当たり単価を材料費、労務費、機械損料費の面から検討している段階にあるが、従来の補修工法より安くなると試算している。
- ・材料費は、ファイン工法用の新規開発品であり、しかもファイン管（PBT）は原材料費が高い。しかし、一般汎用型のファイン管（塩ビ）ならば従前の推進用塩ビ管材と同水準と想定される。
- ・労務費は、従前の施工労務よりも早く施工できるため2割程度のコスト低減が期待できる。
- ・機材経費は、ファイン工法用の専用推進機械を開発したが油圧ユニットで価格に配慮した設計となっている。また、従前の鞘管挿入には機械経費が多くかかるため、2割程度のコスト低減が期待できる。

②工程は、使用中込め材は養生の必要が無く、簡易推進装置で作業できる。

- ・接続、推進作業で2割程度の工程短縮が期待できる。
- ・中込材の硬化養生時間だけでも、2～3日の違いがでる。  
(寒冷地ならばより、一層の差がひらく)

③品質は、工場二次製品を使用するため現場状況に影響されない。

- ・FM材（中込材）は、二次製品でできているため養生の必要は無く、品質管理は要らない。

④安全性は、容易な施工方法で少ない推進力にて施工できる。

- ・FM材の硬質PE層によって滑りやすい構造となっているため推進力が小さく施工できる。

⑤施工性は、容易な施工方法で少ない推進力にて施工できる。

- ・ファイン工法の呼び径250の標準的な推進力（L=50m）は、7～10kNに対して、従前の鞘管工法は周辺環境に左右されるため100～300kNと大きい推進力が必要となる。

⑥周辺環境への影響は、二次製品を使用し、臭気や騒音もなく資材仮置場を取らない。

- ・機材の搬入道具やクレーン等の必要が無く、施工材料のみで作業できる。

## 2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

留意点としては、小口径対応(250～450)の鞘管工法であり、中口径(450～800)への対応は開発検討中である。

- ・老朽化した管の管種は、鉄筋コンクリート管や陶管を想定しており、管径は、呼び径250～450である。また、施工延長は50mでの実証試験を終えているが推進力の値からL=100m程度までは問題ないとする。
- ・段差が5mm以上の箇所は、事前に内面切削機械で処理する必要がある。
- ・立坑は、特殊形状の場合は修正して作業を行なう。または、施工ができない場合もある。

## 3 普及活動計画

## 3. 1 想定される利用者

老朽化した管の管種は、鉄筋コンクリート管や陶管を想定しており、管径は、呼び径 250～450 である。また L=200m 程度までを有する利用者。  
農業用水施設、上水道施設、下水道施設の管理者

## 3. 2 利用者への普及啓発等の方法

各種新技術の登録や広告

## 3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

サポート体制有り、参考資料および施工要領書等有り

## 3. 4 特許・実用新案等の申請予定

(1) 申請者予定者 無し

(2) 申請予定時期 無し

## 4 研究総括者による自己評価

研究総括者による自己評価は表 1－6 に示す。

表 1－6 研究総括者による自己評価

| 項 目                                    | 自己評価 | 自己評価の理由                                                          |
|----------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|
| 研究計画の効率性・妥当性                           | B    | 効率性・妥当性は、主材を開発する担当者の予期せぬ倒産により計画の遅延を生じた。しかし、計画どおり施工法まで確立する開発ができた。 |
| 目標の達成度                                 | A    | 目標の達成度は、新規製品および新規施工方法を合わせて開発することができた。                            |
| 研究成果の普及可能性                             | A    | 普及の可能性は、老朽化の更生が求められる中、更に耐震性を強化できる施工方法として開発することができた。              |
| 総合コメント<br>研究は、新規工法の開発として最良のものができたと考える。 |      |                                                                  |

注) 評価結果欄は、A、B、C のうち「A」を最高点、「C」を最低点として 3 段階で記入する。

## 5 今後の課題及び改善方針

設定した施工条件以上の場合に対応できる製品開発や実用的で使用し易い施工方法へと改善していくことを目指す。また、呼び径 250 にて、管路延長 L = 50m 以上の実証試験（埋設下）を計画している。