

L-PIP工法の開発

Development of L-PIP method

奥田忠弘* 間宮 聡* 大塚 聡*

Tadahiro Okuda Satoshi Mamiya Satoshi Otsuka

耐用年数を超過した農業用パイプラインは年々増加傾向にあり、その中でも呼び径 1000 以下の中小口径管路については、管路全体の約 7 割を占めるといわれている。一般的に既設管の内径が 900 以上の管路においては、更生工法として信頼性の高いパイプ・イン・パイプ工法が採用されることが多い。しかし、人が管内に入って作業することができない中小口径管においては、FRPM 管を用いた工法が確立されていない。そこで、呼び径 500～900 の農業用管水路に適用できるパイプ・イン・パイプ工法として、L-PIP 工法を開発したので報告する。

The pipelines for agricultural water that have exceeded their useful lives tend to increase year after year, and among them, it is considered that medium and small diameter pipes with a nominal diameter of 1000 or less occupy about 70% of the entire. Generally, in the pipeline where the inner diameter of the existing pipe is 900 or more, the pipe-in-pipe method is often adopted as a rehabilitation method, which is known as a highly reliable method. However, the method using FRPM pipe has not been established for small and medium diameter pipes, which can't be entered the pipe and worked by humans. Therefore, we have developed a pipe-in-pipe method, so called L-PIP method, that can be applied to agricultural water canals with nominal diameters of 500-900.

1 はじめに

農業用管水路は施工後数十年を経た施設が多く、将来にわたり施設が有する機能を保全するためには、機能診断により施設の状態を把握する必要がある。続いて、診断結果に基づいた補修や補強を実施し、場合によっては水理システムを維持するために施設の更新を検討しなければならない。

耐用年数を超過した農業用管水路の中でも、呼び径 1000 以下の中小口径管路については、管路延長全体の 7 割近くを占める。一般に既設管の内径が 900 以上においては、更生工法として信頼性の高いパイプ・イン・パイプ工法が選択される場合が多い。一方、人が管内に入って作業することができない中小口径管においては、FRPM 管を用いた工法が確立されていない。そこで、呼び径 500～900 の農業用管水路に適用できるパイプ・イン・パイプ工法として、L-PIP 工法を開発したので報告する。

2 L-PIP工法の概要

L-PIP 工法は、老朽化した既設管内に離脱防止機構を有する更生用 FRPM 管（名称：Re ダーツ FRPM 管）を接合後、ジャッキにより順次挿入する工法で、既設管内に人が入ることがない工法である。工法概要を、図 1 に適用条件を表 1 に示す。

本工法の特徴として、次頁の図 2 に示すように Re ダーツ FRPM 管と既設管の間には摩擦低減材を設置して、挿

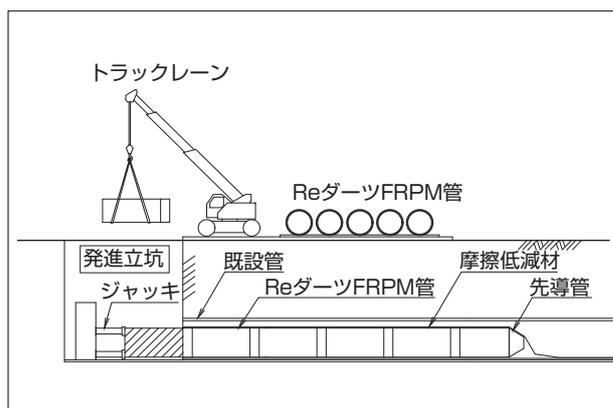


図1 L-PIP工法概要図

表1 適用条件

| | |
|------------------|---|
| Re ダーツ FRPM 管の内径 | φ 400 ～ φ 800 |
| 既設管の適用内径 | φ 500 ～ φ 900 |
| 既設管の対象管種 | PC管、RC管、鋼管、ダクタイル鋳鉄管 塩化ビニル管 (VU・VP)、FRPM管 (CC・FW) |
| 施工延長 | 300m 以下 |
| 設計水圧 | 1.3MPa |
| 許容曲げ角度 | 5° |
| 段差 | 20mm 以下 |
| 土被り | 4m 以下 |
| 設計支持角 | 30° |
| 設計たわみ率 | 3% |
| 土圧公式 | 垂直土圧公式 |

入時における管表面の損傷防止と挿入荷重軽減を図っている。また、更生管として使用する Re ダーツ FRPM 管は、特殊な条件がない限り既設管との隙間に中込材を打設しなくとも良い性能を有している。

更に、Re ダーツ FRPM 管の継手部には可とう性に加えて、離脱防止機構を備えており、耐震性に優れた管路を構築できる事に加え、耐用年数を経過した Re ダーツ FRPM 管を引抜き、新たに同口径の管を挿入することも可能となる。

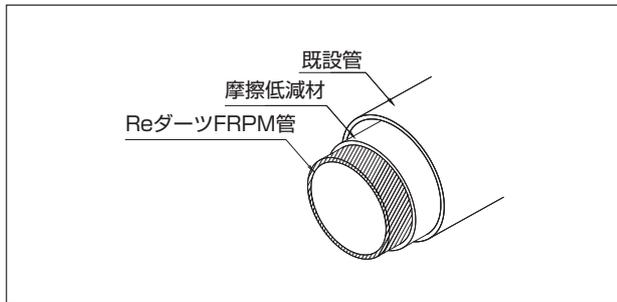


図2 摩擦低減材設置概要図

3 ReダーツFRPM管の概要

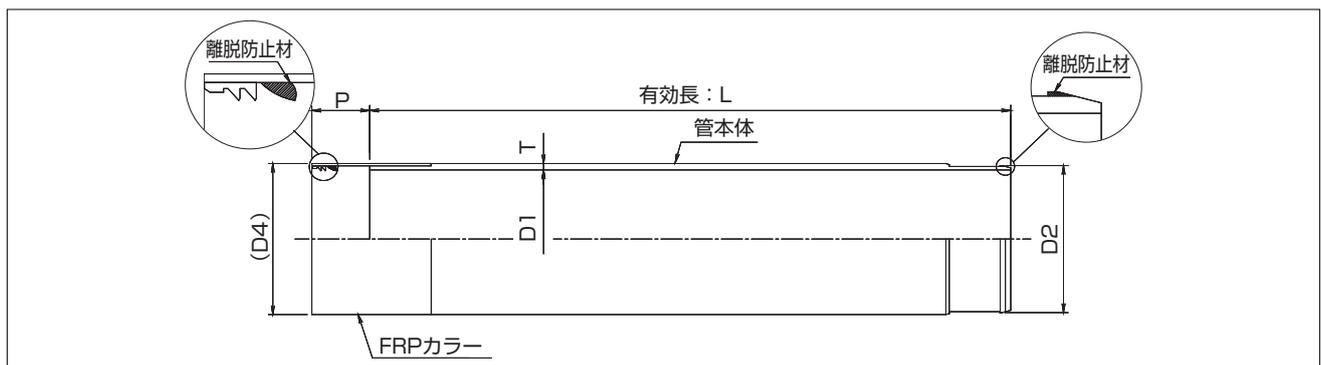
3.1 形状・寸法

Re ダーツ FRPM 管の形状・寸法を図3に示す。原則として、管には離脱防止材を備え、管体の断面はFRP層および樹脂モルタル層から構成される5層構造を採用し、管長Lは500mm以上とし、立坑の大きさ、曲げ配管部の継手曲げ角度および通過検討等により決定する。

3.2 強度特性

呼び径 400 および 800 について、外圧試験および圧縮試験を実施し、Re ダーツ FRPM 管の強度を確認した。

外圧試験は、JIS A 5350 強化プラスチック複合管の試験方法に準拠し、幅 300mm に切断した供試管を載荷台上に置き、加圧試験機にて破壊荷重を測定した。また、Re ダーツ FRPM 管は挿口の端面をジャッキにより加圧し、Re ダーツ FRPM 管の接合および既設管内への挿入を行う。そのため、挿口端面の圧縮強度を確認した。外圧試験状況を図4に、圧縮試験状況を図5に示す。



単位: mm

| 呼び径 | 厚さ | | 内径 | | 挿口部外径 | | 受口部 | | |
|-----|------|---------|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|
| | T | 許容差 | D1 | 許容差 | D2 | 許容差 | 参考外径 | 長さ | |
| 400 | 21.0 | +3 0 | 400 | ± 2 | 426 | ± 2 | (448) | 155 | ± 5 |
| 500 | 22.0 | | 500 | | 528 | | (550) | 160 | |
| 600 | 24.0 | | 600 | | 632 | | (656) | 165 | |
| 700 | 26.0 | | 700 | | 734 | | (758) | 170 | |
| 800 | 28.0 | | 800 | | 838 | | (862) | 175 | |

図3 ReダーツFRPM管の形状・寸法

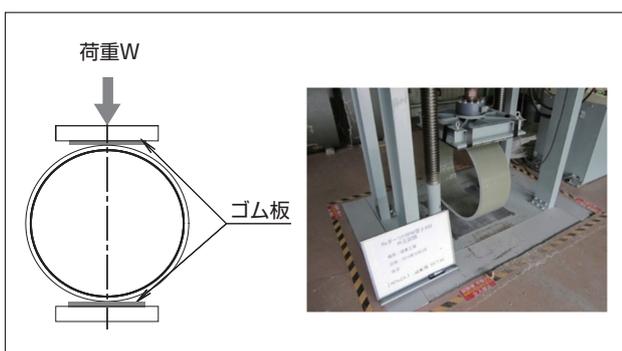


図4 外圧試験状況

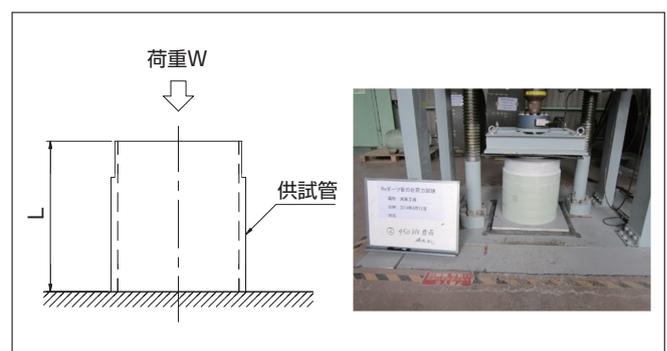


図5 圧縮試験状況

試験結果を表2に示す。外圧試験の結果、適用条件から算出した試験外圧値に対して、1.8～2.1倍の破壊荷重であった。

また、圧縮試験の結果最大施工延長300mのReダーツFRPM管自重を考慮し、設定した規格値に対して、破壊荷重は4.1～5.5倍であることを確認した。

表2 外圧試験および圧縮試験結果

| 呼び径 | 外圧試験 | | 圧縮試験 | |
|-----|--------|--------|-------|------|
| | 破壊荷重値 | 規格値 | 破壊荷重値 | 規格値 |
| | (kN/m) | (kN/m) | (kN) | (kN) |
| 400 | 220.2 | 105 | 450 | 82 |
| 800 | 290.7 | 160 | 880 | 214 |
| 比率 | 400 | 2.10 | 5.49 | |
| | 800 | 1.82 | 4.11 | |

比率：破壊荷重値／規格値

4 継手性能

ReダーツFRPM管には離脱防止機構を付与しているため、呼び径500のReダーツFRPM管について、離脱荷重、可とう性能および水密性について確認を行った。

4.1 離脱防止性能

離脱荷重測定試験は、継手であるFRPカラーと挿口管を接合し、加圧試験機で、挿口管を押抜く方法とした。試験状況を図6に、試験結果を表3に示す。

離脱荷重は、離脱防止材が接触したときに最大となり、その荷重は110kNであり、離脱防止機構がないときに比べて約11倍の離脱荷重があることを確認した。

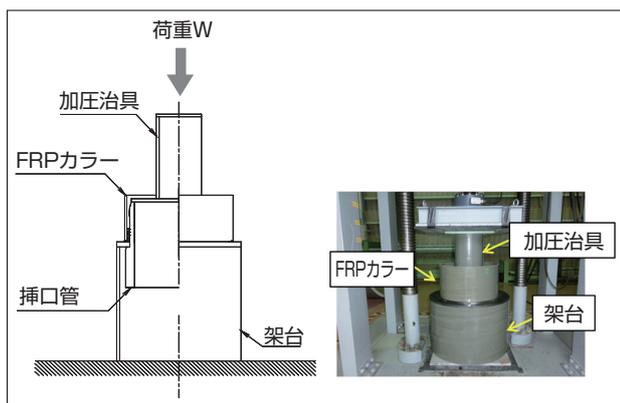


図6 離脱荷重測定試験状況

表3 離脱荷重測定試験結果

| 離脱防止材 | 接合荷重 (kN) | 離脱荷重 (kN) |
|-------|-----------|-----------|
| 無 | 10 | 10 |
| 有 | 26 | 110 |
| 比率 | 2.6 | 11 |

比率：防止材有の荷重／防止材無の荷重

4.2 可とう性能

通常のFRPM管とReダーツFRPM管の継手構造を図7に示す。ReダーツFRPM管の受口側および挿口側の両方に離脱防止機構を備え、左右対称の構造としているため、通常のFRPM管における継手構造と異なる。そこで、本継手構造の可とう性を試験により確認した。

試験は、2本のReダーツFRPM管を接合し、支持台の上に載せた後、継手部を加圧試験機で載荷する方法とした。試験状況を図8に示す。

試験の結果、継手片側の可とう角 (θ_1 および θ_2) が 5° (継手1箇所あたりの曲げ角度: $\theta_1 + \theta_2 = 10^\circ$) になった状態でも、継手部に損傷は認められなかった。このことから、安全を考慮し、継手の許容曲げ角度は継手片側 θ_1 (θ_2) = $2^\circ 30'$ とし、継手1箇所あたり $\theta_1 + \theta_2 = 5^\circ$ とした。

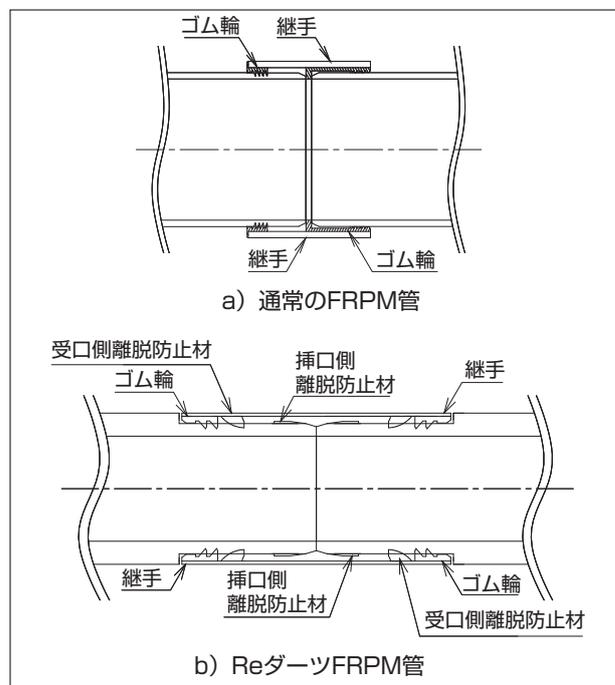


図7 継手構造

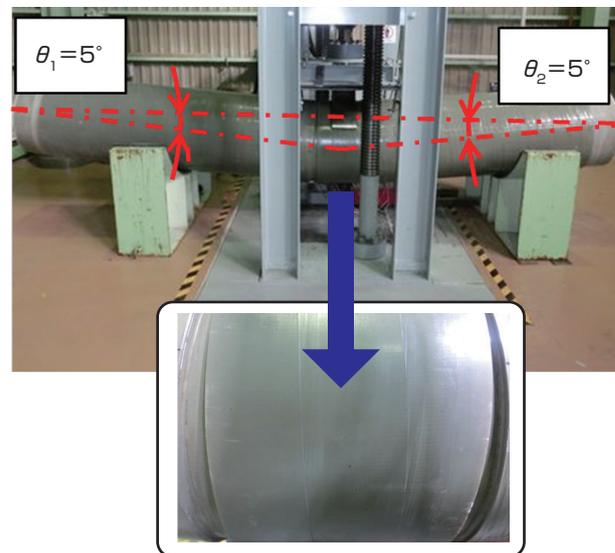


図8 可とう性試験状況

4.3 水密性能

継手部に可とう角を設けて、水密性試験を実施した。水密性試験は、Re ダーツ FRPM 管 2 本を接合した状態で、水圧試験機に設置し、内水圧 2.3MPa を負荷した状態で 3 分間保持し、漏水の有無を確認した。なお、継手片側の曲げ角度 θ は、 0° 、 $1^\circ 15'$ および $2^\circ 30'$ の 3 種類とした。試験状況を図 9 および図 10 に示す。

試験結果を表 4 に示す。何れの曲げ角度でも漏水は確認できなかった。また、図 10 に示す様に継手片側の曲げ角度 $5^\circ 00'$ の場合においても同様の試験を実施し、継手部からの漏水がないことを確認した。

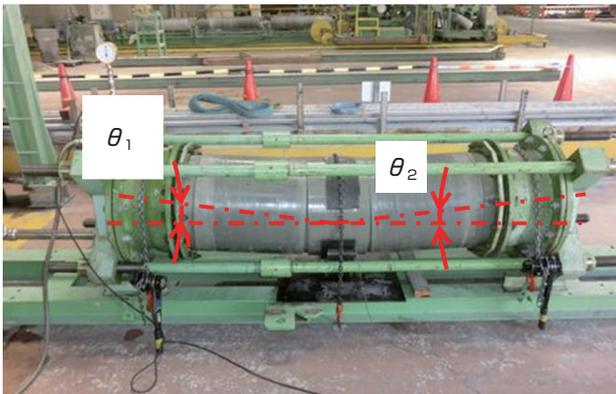


図9 内水圧試験状況（両側曲げ）



図10 内水圧試験状況（片側5° 曲げ）

表4 内水圧試験結果（両側曲げ）

| 継手曲げ角度 | | 継手部からの漏水有無 |
|---------------|---------------|------------|
| θ_1 | θ_2 | |
| $0^\circ 00'$ | $0^\circ 00'$ | 漏水なし |
| $1^\circ 15'$ | $1^\circ 15'$ | 漏水なし |
| $2^\circ 30'$ | $2^\circ 30'$ | 漏水なし |
| $0^\circ 00'$ | $5^\circ 00'$ | 漏水なし |

5 施工性の確認

L-PIP 工法の既設管路への追従性、施工性、摩擦低減材の有効性および Re ダーツ FRPM 管の引抜きを確認するため、既設管を想定した鉄筋コンクリート管の中に Re ダーツ FRPM 管を挿入する試験を実施した。試験概要を表 5 に、模擬管路平面図を図 11 に示す。

表5 試験概要

| 模擬管路延長 | | 50m |
|------------|------------------|--------------------|
| 既設管 | 管種 | 鉄筋コンクリート管φ 600 |
| | 管長 | 2,430mm |
| | 本数 | 20 本 |
| 更生用 FRPM 管 | 管種 | Re ダーツ FRPM 管φ 500 |
| | 管長 | 2,000mm |
| | 本数 | 25 本 |
| 既設管構成 | 段差 | 20mm |
| | 継手部隙間 | 50mm |
| | 屈曲部 | $2^\circ 30'$ |
| 曲げ配管 | 角度 $2^\circ 30'$ | 6 箇所 |
| | 角度 5° | 1 箇所 |

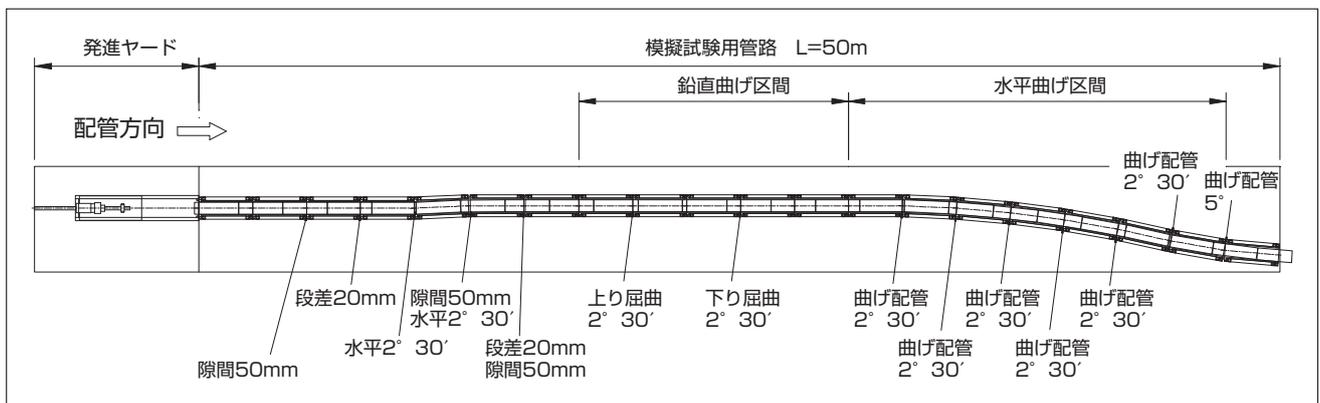


図11 模擬管路平面図

5.1 摩擦低減材の敷設

L-PIP 工法では、Re ダーツ FRPM 管挿入前に摩擦低減材として、ポリエステル繊維からなる不織布を既設管内に設置する。摩擦低減材の設置方法概要を図 12 に、設置状況例を図 13 に示す。なお、摩擦低減材の設置方法は、摩擦低減材を引込み台車に設置し、ワイヤを介して到達側に設置したウィンチで引込む方法とした。また、敷設時には摩擦低減材の引込み抵抗力を測定した。その結果を図 14 に示す。模擬管路における、最大引込み抵抗力は 0.52kN であり、摩擦低減材の質量とほぼ同じ引込み荷重が必要であることを確認した。

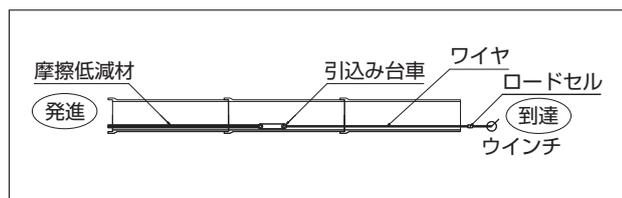


図 12 摩擦低減材 設置方法概要図



図 13 摩擦低減材 設置状況例

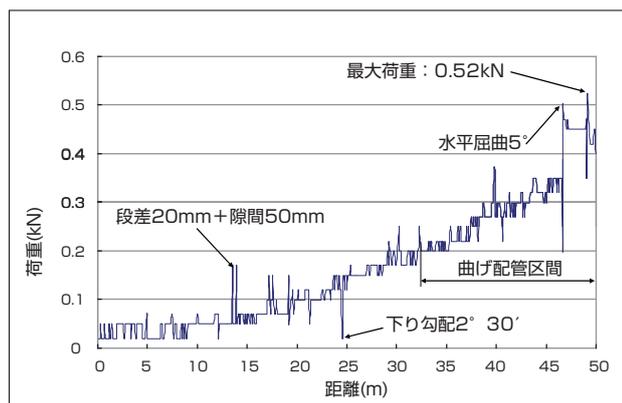


図 14 摩擦低減材引込み抵抗力測定結果

5.2 曲線配管部の検証

Re ダーツ FRPM 管の挿入状況を図 15 に、更生後の管内面を図 16 に示す。施工完了後に Re ダーツ FRPM 管内部の目視確認を行った。その結果、曲線部においても継手部の可とう性により、模擬管路に沿って配管されていることを確認した。

また、曲げ配管 5° の場所においては、管内面から測定した継手部の隙間寸法から、図 17 に示す状況になっ

ていると推察される。継手 1 箇所での最大曲げ角度は 4° となっており、許容曲げ角度 5° 以下で既設管の曲点に沿っていることを確認した。



図 15 Re ダーツ FRPM 管挿入状況 図 16 更生後管内面状況

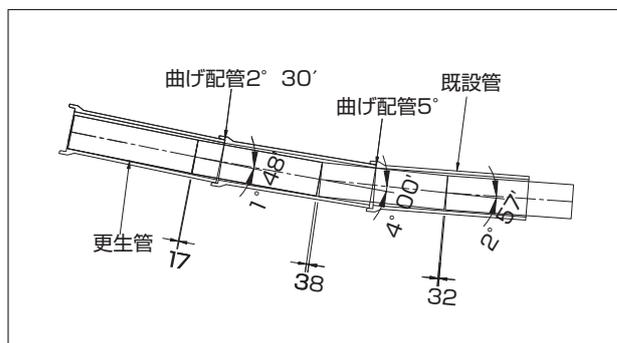


図 17 曲げ配管 5° における既設管と Re ダーツ FRPM 管の関係

5.3 施工性の検証

挿入治具と挿入機（ジャッキ）の間にロードセルを設置し、挿入荷重を測定した。また、得られた挿入荷重から (1) 式にて摩擦係数 (μ) を算定した。挿入荷重の測定結果を図 18 に、摩擦係数の算定結果を図 19 に示す。図 18 より挿入荷重は、曲げ配管 5° 通過時に最大となり、14.3kN となった。また、図 19 より動摩擦係数は、段差 20mm 通過時に 0.47 となり、L-PIP 工法にて設定している摩擦係数 0.5 より小さい値となった。

$$\mu = F/W \quad \dots (1)$$

μ : 摩擦係数

F : 挿入荷重 (kN)

W : 挿入荷重測定時の Re ダーツ FRPM 管総重量 (kN)

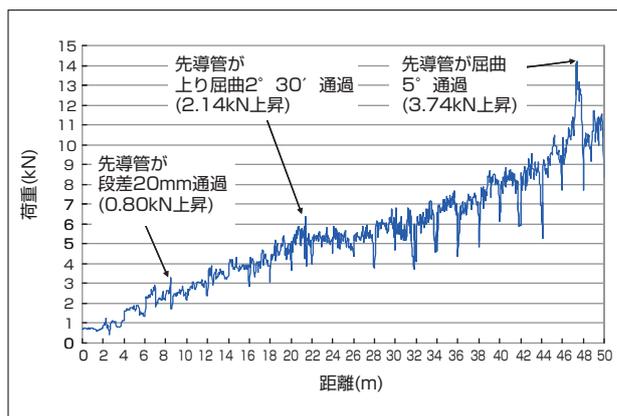


図 18 ReダーツFRPM管挿入荷重測定結果

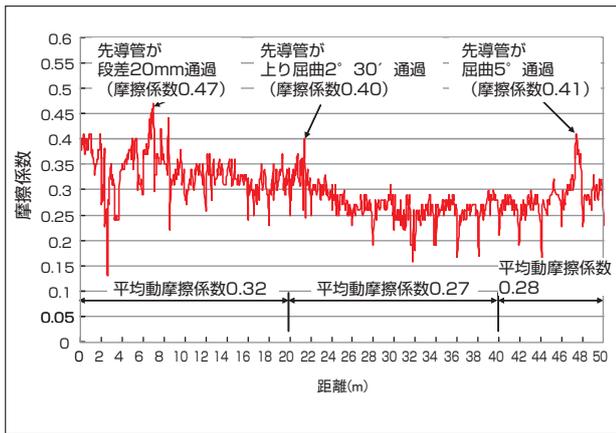


図19 摩擦係数算定結果

5.4 施工後の引抜き試験

施工完了後に引抜き試験を実施した。Re ダーツ FRPM 管は、継手が離脱することなく連続して引抜けることを確認した。また、引抜いた Re ダーツ FRPM 管の表面状態を図 20 に示す。管に悪影響を与える様な有害な傷等はなく、摩擦低減材が管の保護に有効であることを確認した。また、耐用年数を経過した Re ダーツ FRPM 管を引抜き、新たに同口径の管を挿入することも可能であると考えられる。



図20 模擬管の表面状態

6 まとめ

1) 管体性能

- ・ 外圧試験結果は、Re ダーツ FRPM 管の適用条件から算出される試験外圧に対して 1.8 ~ 2.0 倍であった。
- ・ 圧縮試験は、最大施工延長 300m の Re ダーツ FRPM 管自重を考慮した規格値に対して 4.1 ~ 5.5 倍であった。
- ・ 上記結果より、十分な強度を有していることが確認できた。

2) 継手性能

- ・ 離脱荷重は、離脱防止機構のない継手に比べて約 11 倍となり、離脱防止機構の有効性を確認する事ができた。
- ・ 可とう性試験の結果、継手片側の曲げ角度 5° の場合においても、亀裂・損等はなかった。
- ・ 継手 1 箇所曲げ角度 5° の状態において、2.6MPa の内水圧を負荷した状態でも、継手からの漏水は確認されなかった。

3) 施工性

- ・ 摩擦低減材の敷設は、引っ掛かり等がなくスムーズに施工できることを確認した。また、摩擦低減材の引込み荷重は、敷設する摩擦低減材の質量と同等であった。
- ・ Re ダーツ FRPM 管の配管は、曲げ配管 5° 通過時に最大となり、14.3kN であった。また、摩擦係数は段差 20mm 通過時に最大となり、L-PIP 工法で設定している 0.5 以下であった。
- ・ 引抜き後の Re ダーツ FRPM 管表面に有害な傷等はなく、摩擦低減材の有効性を確認した。
- ・ 継手が離脱することなく Re ダーツ FRPM 管を引抜くことができるため、耐用年数を経過した Re ダーツ FRPM 管を引抜き、新たに同口径の管を挿入し直すことも可能であると確認した。

7 結言

耐用年数を経過した中小口径農業用管路の更生工法として、Re ダーツ FRPM 管を用いた L-PIP 工法を開発し、管体性能、継手性能および模擬管路による施工性検証を実施した。その結果、適用条件下にて有用な工法である事を確認した。

執筆者：

奥田忠弘

2001 年入社

FRP 関連の開発に従事



間宮 聡

2000 年入社

FRPM 管の研究・開発に従事



大塚 聡

2007 年入社

FRPM 管の設計、

FRP 関連の開発に従事

