

FRPM 管の劣化・破損要因の推定と調査

Investigation of damage factors of Fiber Reinforced Plastic Mortar Pipes

土田百合子、伊藤 保裕、宇都宮 淳
Yuriko Tsuchida, Yasuhiro Ito, Utsunomiya Jun

1 はじめに

水資源機構（以下「機構」）が管理、所有している埋設管は、ほぼ通年通水を行っており、埋設管の管体に変化が生じている状況（以下「劣化」）や劣化の度合い（以下「劣化度」）を日々の管理、あるいは短時間の断水調査において的確に把握することは困難となっている。しかし、埋設管の破損やこれに伴う出水は、利水者の水利用に影響を及ぼすとともに上部の陥没等、二次災害につながる危険性が高いことが想定されており、埋設管の劣化に関する調査・診断技術の確立が必要となっている。

今回、強化プラスチック複合管（以下「FRPM 管」）に関し、今までに発生した破損事例や埋設後年数が経過した管を掘り出して強度を確認した結果をまとめ、劣化・破損要因を推定するとともに、小口径管の管内調査を実施し、劣化状況確認の適用性を確認したので報告する。

2 FRPM 管破損事例

機構が所有している FRPM 管では、今までに 18 件の破損事例が記録されている。これらは同一路線で複数回発生し、管底のクラックが管体を貫通している場合が多い。埋設経過年数は様々である。



写真-1 出水による道路陥没と FRPM 管の破損事例

3 FRPM 管劣化対策事例

機構の施工出来形管理では、FRPM 管のたわみ率の基準値を ±5% としているが、大口径の設計基準がなかった昭和 56 年に FRPM 管 3000mm の施工において、許容たわみ率（±5%）を超えた事例があった。たわみが増加した原因は、矢板引抜時等に発生する地盤のゆるみ等に伴う側圧不足と推定し、矢板施工幅の拡大により管側部の転圧の施工性を改良、矢板引抜時のゆるみを抑えるため、砂基礎から砕石（粒調砕石 M-25）基礎への変更を行い、その結果たわみ率は、概ね 3% 程度以内に収まった。

4 FRPM 管の強度

強化プラスチック複合管協会によれば、FRPM 管は、酸・アルカリに強く、広い範囲の土壌条件・水質条件に対応でき、電食の心配がないとされている。また、ISO 規格に基づく長期試験を実施した結果¹⁾も発表されており、適正な埋設状況下においては、破損に至るような化学的、物理的な要因での劣化はほとんどないと考えられている。

FRPM 管の JIS 規格は表-2 のとおりであり、管の強度に関して、内圧強さ、外圧強さが規定されている。今回、破損原因究明の一環として、破損事例のある路線に埋設されている FRPM 管を掘り出し、JIS 規格の内圧、外圧試験を実施した。路線は、全長約 2km で町道下に埋設されており、管種は、遠心力成形の 1 種管で、埋設後 11 ~ 12 年経過している。試験体は、破損箇所付近だけでなく広範囲から採取するとともに、備蓄管として施工時期に入手、保管していた管においても同様の試験を実施した。結果は、表-3 のとおりであり、埋設管では、たわみ率 5%（基準たわみ）時の外圧強度は満足していたが、破壊時の外圧強度（試験外圧）と内圧強度（内圧試験）は、ほとんど満たしてい

表-1 FRPM 管の破損事例一覧（機構施設）

| 路線名 | 管体破損年 | 管径 (mm) | 管種 | 建設時期 | 経過年数 | 破損位置 |
|-----|-------|---------|------------|--------|------|------|
| A路線 | 平成17年 | 400 | 1種 | 平成9年度 | 8年 | 管底 |
| | 平成18年 | 350 | 1種 | 平成10年度 | 8年 | 管頂 |
| | 平成20年 | 400 | 1種 | 平成9年度 | 11年 | 管底 |
| | 平成20年 | 350 | 1種 | 平成9年度 | 10年 | 管底 |
| B路線 | 平成7年 | 1100 | 4種 | 昭和53年度 | 17年 | 不明 |
| | 平成9年 | 1100 | 4種 | 昭和53年度 | 19年 | 不明 |
| | 平成10年 | 1100 | 4種 | 昭和53年度 | 20年 | 管底 |
| | 平成14年 | 1100 | 4種 | 昭和53年度 | 24年 | 管底 |
| C路線 | 平成11年 | 600 | 4種 | 平成2年度 | 9年 | 管底 |
| | 平成17年 | 600 | 5種 | 昭和63年度 | 17年 | 管頂 |
| D路線 | 平成12年 | 600 | 3種 | 平成5年度 | 7年 | 不明 |
| E路線 | 平成13年 | 600 | 3種 | 平成5年度 | 8年 | 不明 |
| F路線 | 平成21年 | 700 | - | 平成10年度 | 11年 | 管底 |
| G路線 | 平成15年 | 800 | - | 平成12年度 | 18年 | 管底 |
| | 平成19年 | 350 | - | 平成12年度 | 7年 | 側面 |
| | 平成19年 | 350 | - | 平成12年度 | 7年 | 側面 |
| | 平成18年 | 800 | - | 平成15年度 | 3年 | 側面 |
| H路線 | 平成21年 | 300 | 11° 1/4 曲管 | 平成3年度 | 18年 | 側面 |

表-2 FRPM 管の JIS 規格

| 項目 | 内容 | 試験方法 | 検査頻度 |
|---------|--------------------|----------------------|---------|
| 外觀 | 傷なし、内面滑らか | | 全数 |
| 形状及び寸法 | 管厚、内径、有効長 | | 全数 |
| 内圧強さ | 試験内圧で漏水があつてはならない | 3分間圧力を保持し、漏水の有無を調べる | 1本/200本 |
| 外圧強さ | - | 10cmのゴム板を当て徐々に荷重を加える | - |
| 基準たわみ外圧 | たわみ量に達した時、たわみ外圧値以上 | - | 1本/200本 |
| 試験外圧 | 試験外圧値に耐える | - | 1本/200本 |

なかった。一方、
 備蓄管はJIS規格を満
 たしていた。これまで経
 年劣化は少ないと考
 えられていたFRPM管
 ではあるが、遠心力成
 形管では、埋設後年数
 の経過により管の強度
 が低下する可能性も否
 定できない結果と考え
 られる。



図-1 FRPM管掘り出し箇所

5 破損要因の推定

FRPM管の破損要因は、管底に異物が接触していたと思われる事例や、内面クラックの発生箇所と思われるところの外面に打痕跡と思われる傷が確認された事例があったことから、異物等が管体外面に接触し、そこに応力が集中 施工時等にできた打痕部分の強度低下 と推定された。その他、劣化・破損の要因として考えられるものを表-4に示す。



写真-2 破損管の打痕跡

写真-3 破損管の状況

6 小口径管管内調査

埋設しているFRPM管に劣化・破損の危険性がないかを調査するには、表-4で示した劣化・破損要因の有無を



図-2 テレビカメラ調査の概要

図-3 内径計測調査の概要

表-4 劣化・破損要因(推定)

| 劣化・破損要因(推定) | 管体に発生する状況 | 管体に現れる現象 | |
|-----------------|----------------|----------------|---------------------|
| 施工時の不備によるもの | | | クラックの発生 |
| ・異物(玉石等)の管体外面接触 | 応力集中 | 局所変形 | |
| ・管体外面の打痕、傷 | 応力集中 | 局所変形 | |
| ・締固め不足 | 大きなたわみ | たわみの進行 | |
| ・基床厚不足 | 応力集中 | 局所変形 | |
| ・矢板引き抜き時の地盤のゆるみ | 大きなたわみ | たわみの進行 | クラックの発生 or 貫通 |
| 埋設環境の変化によるもの | | | |
| ・過剰な荷重、過剰な繰返し荷重 | 大きなたわみ or 応力集中 | たわみの進行 or 局所変形 | |
| ・不同沈下 | 応力集中 | 局所変形 | |
| ・地下水による基礎材の流出 | 応力集中 | 局所変形 | |
| ・過剰水圧・負圧 | 大きなたわみ or 応力集中 | たわみの進行 or 局所変形 | 貫通 |
| ・継手からの漏水 | 管体の洗掘、侵食 | 局所変形 | |

確認するのがよいが、それらは、直接計測することが困難な

ため、管体に現れる現象を管内調査により確認することとした。今回、人が管内に入って観察・計測することができない小口径管について、遠隔操作が可能な専用機器で、変状観察(テレビカメラ調査)及びたわみ計測(内径計測調査)を実施した。

- 1) 変状観察: テレビカメラの映像から局所変形を確認した。
- 2) たわみ計測: 管路品質評価システム協会の計測器を用い、管軸方向10cm間隔で鉛直、水平、斜の内径を計測し、4%を超える局所たわみを確認した。
- 3) 試掘による検証: 1) 2) の箇所について、試掘を行ったところ、管外面の傷、異物の接触を確認した。



写真-4 局所変形箇所



写真-5 管体外面の傷

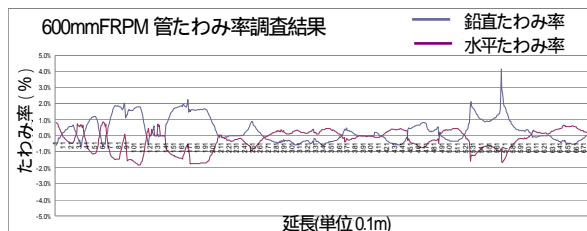


図-4 内径計測結果



写真-6 異物接触

7 まとめ

今回の調査では、管内調査と試掘での検証から管内面の調査で管外面の異状箇所をある程度把握することが可能であり、劣化状況調査への適用性を確認することができた。劣化・破損の要因と推定される懸念材料は取り除くことが望ましいが、試掘には費用もかかるため、管内面からの調査・診断により試掘箇所の特性を精度よくできるようにさらに検討を進め、FRPM管の調査・診断技術の確立を図っていきたい。