

# マイクロ波を用いたFRPM管の非破壊診断技術

## Nondestructive Diagnostic Technology for FRPM Tubes Using Microwaves

奥田忠弘\* 間宮 聡\*

Tadahiro Okuda Satoshi Mamiya

強化プラスチック複合管は、農業用水用パイプラインや下水道管などで使用されており、一般的には地中に埋設されている。埋設されたパイプラインの機能診断は管の内面から実施することが多い。しかし、この方法では管外面に発生した亀裂等の異常を正確に把握することは困難である。そのため、このような異常を非破壊で把握する技術が求められている。本報では、マイクロ波を利用した非破壊試験により、FRPM 管の異常を検知する技術を確立したので報告する。

Fiberglass reinforced plastic mortar pipes (FRPM pipes), which started to be manufactured around 1970, are used for irrigation and sewage. They are generally buried underground. The functional diagnosis of these buried pipelines is usually conducted on the inside of the pipes. However, with this method, it is difficult to confirm abnormalities on the outside such as cracks correctly. For this reason, a technology that confirms such abnormalities in the pipes without destroying them is required.

As a solution for this matter, we have established a technology that perceives the abnormalities in FRPM pipes with non-destructive tests using microwaves. Here we report the details of the technology.

### 1 はじめに

近年、農業水利施設においては、標準耐用年数を超過した施設が増加傾向にある。このような、老朽化した施設に対して機能診断を実施し、補修や補強などを効率的に実施することで、事故リスクの低減および施設の長寿命化を図る取組みが進められている。

強化プラスチック複合管（以下、FRPM 管）は、1970年に生産販売されて以来、軽量かつ高強度であり、耐食性にも優れていることから、農業用水用パイプラインや下水道管などで埋設管路として使用されている（図1）。そのため、管の内面からたわみやひずみ計測などの機能診断を実施する事が多い。しかし、この方法では管外面に発生している異常（亀裂や損傷等）を正確に把握することが困難である。また、管底の埋設地盤に異物（木片や空洞等）がある場合、管底に応力集中が発生し、管が

破損する事が想定されるため、異物の有無を確認することが必要である。このような、管外面の異常や異物を確認するためには、掘削等の大規模な工事が必要となるため、管の内面から非破壊で確認する技術が求められている。

このたび、このような管外面の異常や異物を、マイクロ波を用いて管の内面から検知する技術を確立したので報告する。

### 2 マイクロ波を利用した診断方法概要

マイクロ波を利用した非破壊診断方法の概要を図2に示す。マイクロ波の送信アンテナを、継手部の隙間に設置し、管の端面からマイクロ波を伝搬させる。送信アンテナを設置した継手部と隣り合う継手部の隙間または管内面に受信アンテナを設置し、マイクロ波の強度を測定する。管に異常がある場合は、異常箇所までマイクロ波が



図1 FRPM管の施工状況

\*化成産品事業部 技術開発部

散乱するため、受信したマイクロ波の強度が低下する。そのため、マイクロ波の強度を測定することで、管の異常を検知することが可能となる(図3)。また、異常箇所周辺について、マイクロ波の強度を詳細に測定することで、異常部の大きさや形状を判別することが可能となる。

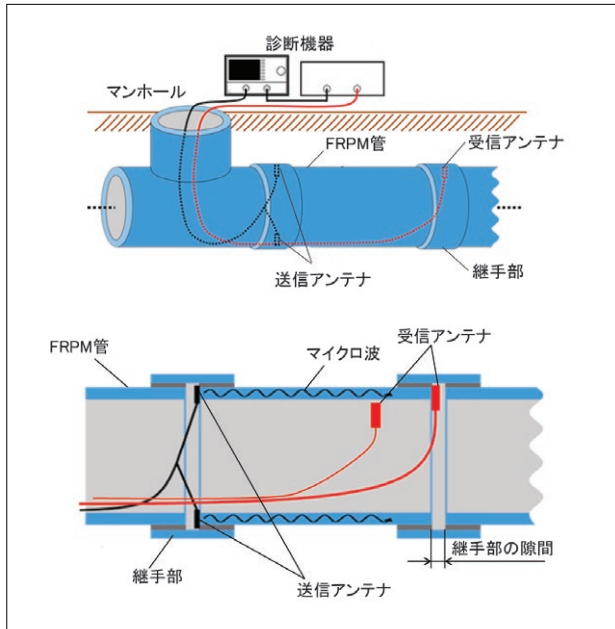


図2 FRPM管の診断方法概要

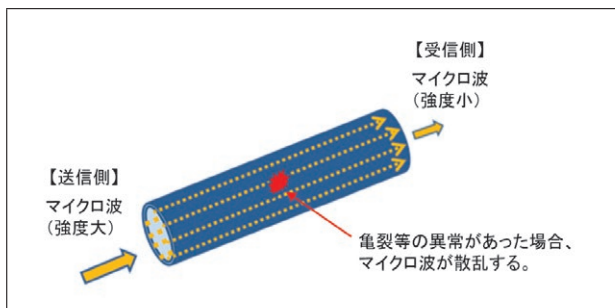


図3 異常検知の概要

なお、本診断の適用条件を表1に示す。管内に診断機器やアンテナを設置するため、人が入ることが可能な内径φ800mm以上とし、継手部にはアンテナの設置に必要な3mm以上の隙間が必要となる。また、FRPM管の継手部には水密性を確保するため、ゴム輪を使用している。マイクロ波は継手部のゴム輪で大きく減衰するため、一度に診断する事が可能な長さとしては、継手部1箇所を含むFRPM管2本分(管路長12m)としている。

表1 適用範囲

項目	適用範囲
管種	FRPM管
内径	φ800mm以上
継手部の隙間	3mm以上

### 3 基礎試験

基礎試験は、呼び径250のFRPM管を用いて、管に亀裂が発生した場合および管周囲の埋設地盤の中に異物が存在する場合について、基礎試験を実施した。

#### 3.1 亀裂が発生した場合の診断試験結果

FRPM管に外圧を加えて管外面に亀裂を発生させた試験片を用い、図4に示すように、亀裂周辺の100mm×100mmの範囲についてX方向、Y方向それぞれ5mmピッチでマイクロ波の強度分布を測定した。各測定点のマイクロ波の強度分布を図5に示す。

管に亀裂が無く健全な場合は、図5(a)に示すようにマイクロ波の強度分布が一様となる。しかし、亀裂がある場合は、図5(b)に示すように亀裂に沿って、マイクロ波の強度が最大7dB変化することを確認した。この結果より、マイクロ波の強度を測定することで、亀裂の形状が概ね判断できることを確認した。

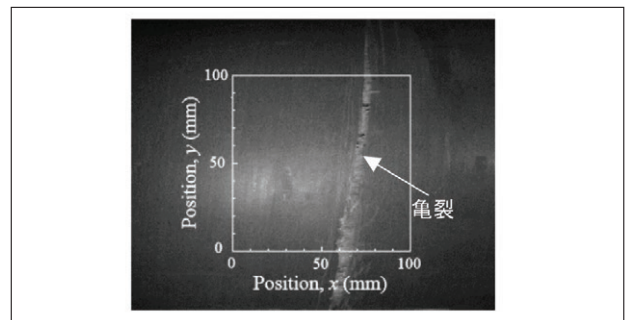


図4 試験体および測定範囲

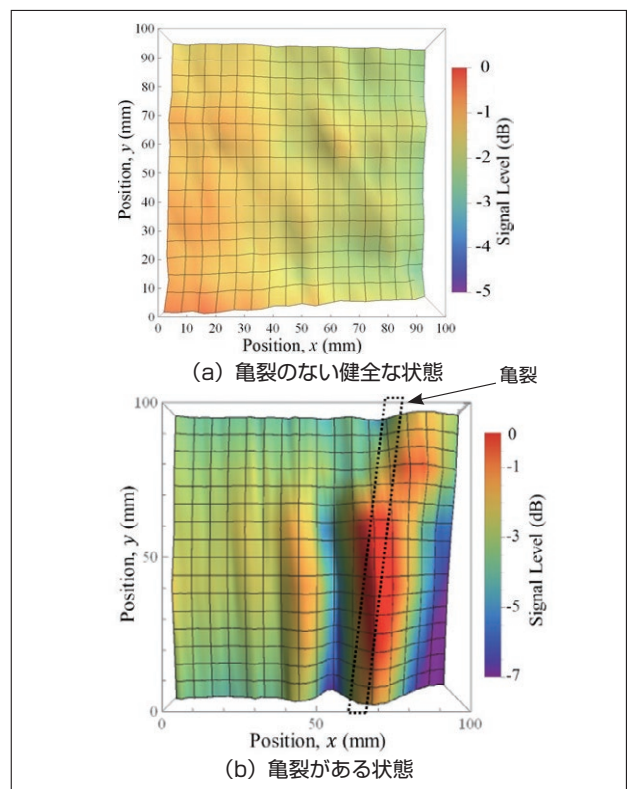


図5 マイクロ波強度分布測定結果(亀裂が発生した場合)

### 3.2 管周囲の埋設地盤に存在する異物の診断試験結果

管底の埋設地盤に異物（空洞等）が存在する条件を模式的に再現し、マイクロ波を利用して異物の有無を確認する試験を実施した。

図6に示すようにFRPM管の管底外面に異物を接触させ、管内面からマイクロ波の強度を測定した。異物の種類は、空洞を模擬した発泡スチロールおよびコンクリートブロックとした。

マイクロ波の強度分布を図7に示す。異物が存在する場合、異物の形状に沿ってマイクロ波の強度が変化している事を確認した。

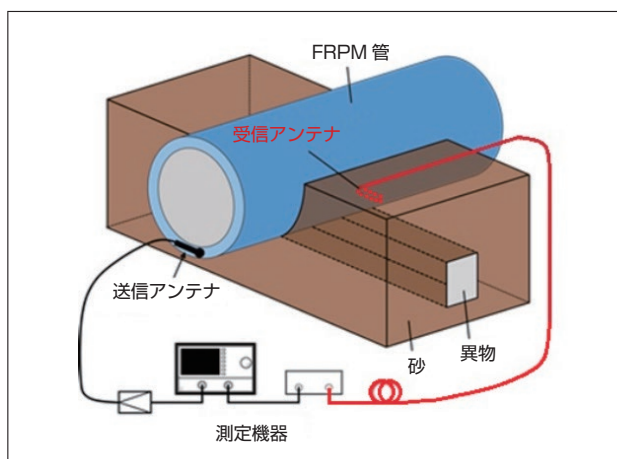


図6 異物の診断試験方法

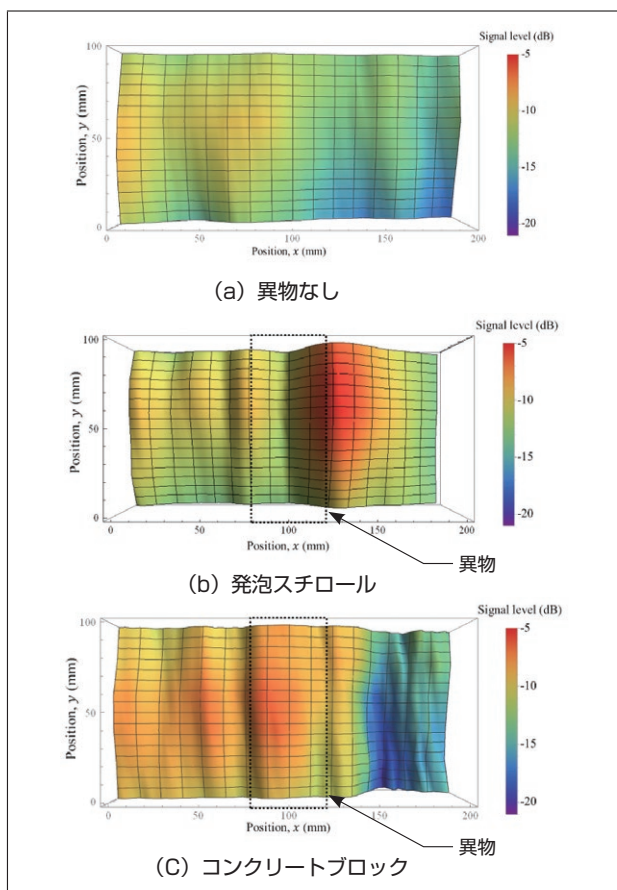


図7 マイクロ波の強度分布測定結果  
(管底外面に異物が存在する場合)

## 4 実管路における適用性確認

供用されている実管路において、マイクロ波による非破壊診断試験を実施し、実管路への適用性を確認した。管路は、遠心力成形で製造されたFRPM管（呼び径1350：標準長さ4m）であり、地下水や管内の溜まり水等が存在する環境であった（図8）。



図8 実管路の管内面状況

### 4.1 管の異常確認試験

管1本に対して2章に示すように、継手部に送信アンテナおよび受信アンテナを設置する方法でマイクロ波の強度を測定した。ここでは代表として、管No.1と管No.2の測定結果を図9に示す。実管路においても、マイクロ波が伝搬し、明瞭な信号が得られることを確認した。また、管に異常が発生した場合は、周波数2GHz付近でマイクロ波の強度が低下することを基礎試験で確認している。管No.1と管No.2のマイクロ波の強度を比較すると、1.5～2.0GHzの周波数範囲において、管No.2の方がマイクロ波の強度が5dB以上低いため、管No.2に異常箇所がある結果となった。

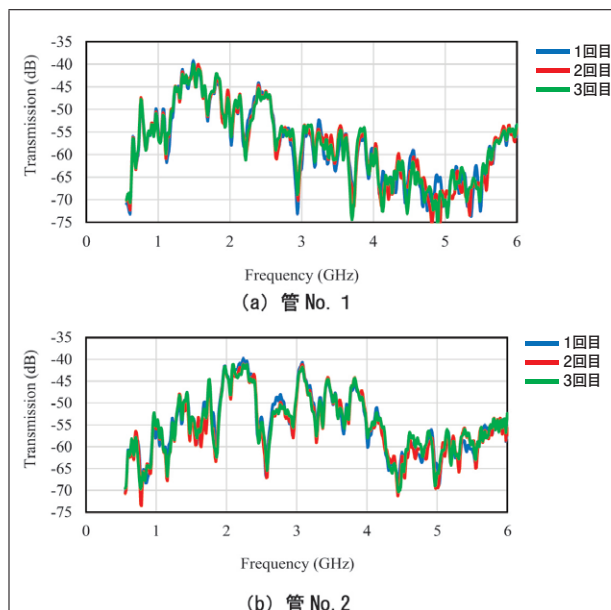


図9 マイクロ波の強度測定結果

### 4.2 管の異常箇所確認試験

管 No. 2 については異常箇所がある結果となったが、管内面の目視確認では異常を確認できなかった。そこで、管の異常箇所を特定するため、管 No. 2 についてマイクロ波の送信側から管軸方向に 100mm ピッチでマイクロ波の強度を測定した (図 10)。測定結果を図 11 に示す。

図 11 より、管軸方向 2,800mm ~ 3,000mm の場所で、マイクロ波の強度が約 5dB 変化しているため、この部分が異常箇所であると判断した。

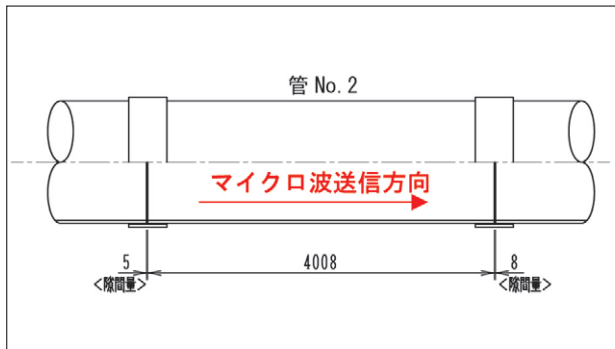


図10 異常箇所確認試験概要

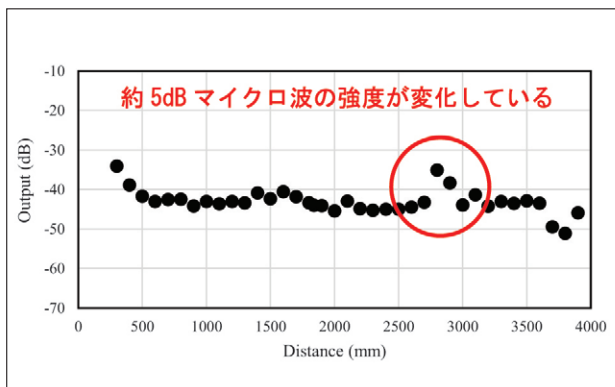


図11 マイクロ波の強度測定結果

### 4.3 管の異常箇所形状確認試験

管 No. 2 について、軸方向 2,800mm ~ 3,000mm の場所に異常箇所がある結果となった。管内面の目視確認では管の異常を確認できなかったため、管外面に亀裂または管周囲の埋設地盤に異物が存在する可能性がある。そこで、異常を特定した部分について管軸方向および管円周方向それぞれ 50mm ピッチでマイクロ波の強度分布を測定し異常部の大きさを確認した。測定結果を図 12 に示す。管軸方向 2,900mm ~ 3,000mm の範囲で、マイクロ波の強度が最大 7dB 変化していることを確認した。そのため、幅約 100mm の異常箇所があることを確認した。異常箇所の範囲が大きいことから、亀裂ではなく管周囲の埋設地盤に、何らかの異物が存在する結果となった。

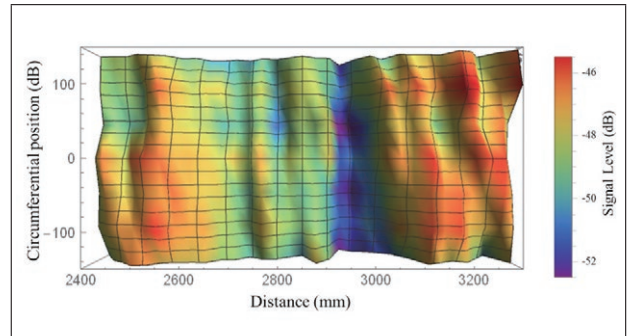


図12 マイクロ波の強度分布測定結果 (実管路の異常箇所)

## 5 おわりに

マイクロ波を利用した非破壊診断により、FRPM 管に発生した異常や、埋設地盤に存在する異物を確認する事が可能であることを確認した。また、本診断方法は、実管路においても適用可能であることを確認した。

今後は、さらにデータを蓄積し、実管路に最適な診断システムを構築することで、管路の機能保全に貢献していきたい。

### 謝辞

本研究において、国立大学法人大阪大学 准教授 村田博司先生におかれましては多大なるご協力、貴重なご教授を賜りました。ここに記載させていただき感謝の意を表します。

### 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

