

パイプライン非破壊診断のためのマイクロ波イメージング

Microwave Imaging for Inspection of Dielectric-Material-Based Pipelines

村田 博司
Hiroshi MURATA

三重大学 大学院工学研究科 電気電子工学専攻

概要

地中に埋設された誘電体 FRPM (Fiberglass-reinforced plastic mortar) パイプラインが、マイクロ波に対する円筒形状誘電体導波路になることを利用した非破壊診断技術・イメージング技術について紹介する。FRPM は、機械的に堅牢かつ化学的に安定である優れた配管材料であり、農業用水や下水道などの地中埋設パイプラインで多用されている。FRPM 管は、本来、埋設環境下においても数十年以上の耐久性があるが、施工不良等で管底に異物（枕木等）があると応力集中による劣化が生じる恐れがある。それゆえ、埋設されたパイプラインの外側表面の情報を非破壊・非掘削で取得することが求められている。著者らは、FRPM パイプラインが周波数 2~6 GHz 程度のマイクロ波に対して円筒形状の誘電体導波路になることを利用した非破壊診断・イメージング技術を開発した。FRPM 管壁をコアとしてパイプラインに沿って伝搬する誘電体導波路モードの反射・透過信号を測定することで、管壁の内部や外側表面の情報を可視化して取得することが可能である。

Abstract

A new non-destructive inspection method for fiberglass-reinforced plastic mortar (FRPM) pipelines underground has been developed. This method utilizes reflection and/or transmission of microwave guided-modes propagating along a FRPM pipe-wall excited by a dipole antenna at the connection point of successive pipes. By measuring the reflected/transmitted signals of the microwave guided-modes caused by an unwanted object attached on the outer surface of the pipe, an image of the pipeline surface for non-destructive inspection can be obtained.

1. はじめに

現代の ICT 社会は、さまざまなインフラストラクチャー（通信・エネルギー・交通・上下水道・工業／農業用水）で支えられている。特に、実運用されているパイプライン等のインフラの検査・診断には、非破壊で安全、短時間、低コストが求められる[1]。

地中埋設パイプラインに多用されている FRPM (Fiberglass-reinforced plastic mortar、ガラス繊維強化プラスチックモルタル) 管は、コンクリート管や铸铁管と比べ軽量で、機械的強度・耐腐食性・耐震性・水密性が高く施工性も良いという特長がある[2]。それゆえ、農業用水 FRPM パイプラインは、国内総敷設距離が数万 km にも達している。

FRPM 管は堅牢で腐食に強く、数十年に及ぶ長期運用が可能である。しかしながら、施工不良等で管底に異物（枕木等）が残されていると、応力集中による劣化が生じる恐れがある。それゆえ、埋設 FRPM パイプラインの外側表面（土砂との接触面）の情報を非破壊・非掘削で取得することが求められている。

代表的な非破壊検査技術としては、超音波を用い

るものがあるが[3], [4]、一般に、超音波の伝搬速度は管路内（空気または液体）よりも管壁部の方が大きく、超音波のエネルギーが管路内部に留まりやすい（管路空洞内で音波の強い反響が生じる）。したがって、管壁や管壁外部に超音波のエネルギーを集中させることが難しく、外側表面の情報を選択的に取得することは容易ではない。また、X 線や MRI を用いる方法も考えられるが、地中埋設パイプライン検査への適用は困難が伴う。

著者らは、FRPM が周波数 1~10 GHz のマイクロ波に対して低損失な誘電体（比誘電率 $\epsilon_r=4\sim 10$ 、誘電損失 $\tan\delta\sim 0.01$ ）であることに着目した新しい検査方法を提案している[5]-[8]。これは、FRPM 管がマイクロ波に対して円筒形状の誘電体導波路になることを利用するものである。FRPM 管壁を誘電体導波路のコアとして、パイプラインに沿ってマイクロ波を伝搬させて、その伝搬特性を評価する。このとき、FRPM 管壁の内部や表面に欠陥や異物があると、導波モードの伝搬が妨げられる。それゆえ、健全なパイプラインと異常のあるパイプラインでは、マイク