

定量的劣化評価手法（衝撃弾性波検査法）を活用した管体の機能診断  
 Diagnosis of pipeline function by using "Impact Elastic-Wave Method" as quantitative diagnosis method

皆木 卓士 , 浅野 雅則 , 山崎 尊志  
 Takushi Minagi , Masanori Asano , Takashi Yamasaki

1. はじめに

農業用水や下水道、上水道などのパイプラインは、近年、その老朽化が問題となっている。管体の主な劣化要因は、外圧及び内水圧による損傷や、流水による管壁の摩耗、酸性土壌や硫化水素等による侵食など種々のものが考えられる。このような背景からパイプラインの機能診断の需要が増加しており、管体の劣化を定量的に評価することが必要となっている。一般的に管体の力学的評価は JIS 規格に規定されている外圧試験などが適用されるが、既に配管されている施設に適用することは管体の掘上げが必要であり、費用的問題や作業的困難を伴う。

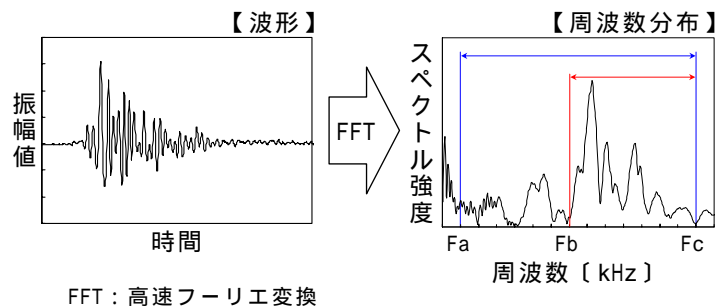
そこで、管体の劣化程度を非破壊・非開削で定量的（耐荷能力を自立指数として数値化）に推定できる衝撃弾性波検査法を開発した。本報告では、衝撃弾性波検査から得られる自立指数を活用した管体の機能診断方法について紹介する。

2. 衝撃弾性波検査法の概要

衝撃弾性波検査とは、打撃等で弾性波を入力し、伝播した弾性波をセンサで検知する手法である。得られた波形の周波数分布から算出した高周波成分比より(図1)、

管体に生じた損傷（クラック）、管厚みの減少、管材の腐食などに起因する劣化の程度を自立指数として数値化することが可能である<sup>1),2)</sup>。実際に配管された埋設管路では、打撃・受振装置が搭載された専用の検査口ポットを管内に挿入し、地上に設置したコントローラで検査を実施する(図2)。また、検査延長の実績累計は、2006年12月現在(見込み含む)で約41kmに達した。

本検査法の適用範囲は、〔既設管種〕鉄筋コンクリート管、コンクリート管、石綿セメント管、陶管、〔既設呼び径〕200～700 (mm) である。



$$\text{高周波成分比 (\%)} = \frac{\text{高周波成分 (Fb ~ Fc kHz) 区間の面積量}}{\text{全周波成分 (Fa ~ Fc kHz) 区間の面積量}} \times 100$$

図1. 周波数分布と高周波成分比  
 [Frequency distribution and high-frequency component ratio]

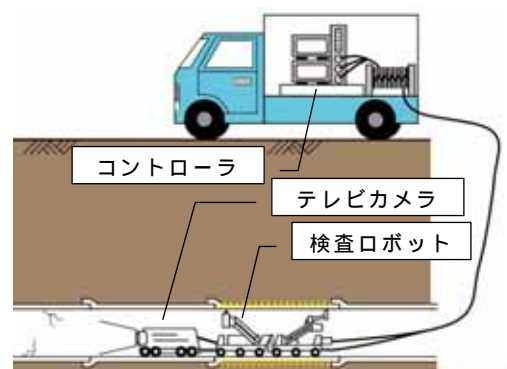


図2. 作業模式図  
 [Diagram of Job site application]

### 3. 機能診断への活用例

自立指数とは、管体の特性により「剛性値」や「破壊荷重値」などと関係付けられる。検査対象となる管体に JIS などの規格がある場合には、その規格を満足する状態にある管体を基準に、また、新管が存在する場合には、その新管を基準に表現し、最大値：100、最小値：0 として取り扱う。

#### 3.1 石綿セメント管での活用例

施設機能診断マニュアル（調査編）（案）平成 16 年 11 月では、石綿セメント管の圧壊強度に関する劣化度ランクは表 1 の中欄のように示されている。衝撃弾性波検査から得られる自立指数が、管体の圧壊強度に直線的な関係があると仮定する。この時、自立指数 100 を圧壊強度 500kgf/cm<sup>2</sup> とおくと、自立指数を用いた劣化度ランクの判定基準は表 1 の右欄のようになる。また、掘出し管が採取できる場合は、その管体の圧壊試験から得られる圧壊強度値をもとに判定基準を設けることも可能である。

#### 3.2 鉄筋コンクリート管での活用例

管体を部材として仮定し、断面力： $M_r$ （外的に作用する荷重に対して対象断面に生じる力…埋設環境を加味し、管体断面に生じる最大曲げモーメントとする）と断面耐力： $M_u$ （対象断面の大きさ、鉄筋量・位置などで決まる最大耐荷能力…終局限界状態における断面耐力とし、「自立指数」を用いて算出する）の関係より安全性の照査を実施し、耐荷機能における劣化度ランクの判定を行う。図 3 に安全度照査の考え方を適用した判定方法を、表 2 に鉄筋コンクリート管、呼び径 250（JIS A 5372 に準拠した外圧 1 種ヒューム管）土かぶり 3.00m 条件を対象にした判定基準の例を示す。

### 4. 参考文献

- 1) 皆木卓士，浅野雅則，鎌田敏郎，藤田茂，伊藤久也：衝撃弾性波検査法による石綿セメント管の劣化度評価，平成 18 年度農業土木学会大会講演会，講演要旨集 6-11，2006
- 2) 鬼塚哲雄，鎌田敏郎，浅野雅則，下村雄介：弾性波挙動に基づくコンクリート管のひび割れ評価，コンクリート工 学年次論文集，Vol.27，No.1，pp.1675-1680，2005

表 1. 石綿セメント管での劣化度の判定基準（例）  
〔An example of criterion for degree of deterioration of asbestos cement pipes〕

劣化度 ランク	施設機能診断 マニュアル	衝撃弾性波検査 自立指数：G	
	圧壊強度：y 〔kgf/cm <sup>2</sup> 〕		
	250 > y	50.0 > G	
	375 > y	250	71.4 > G 50.0
	500 > y	375	100 > G 71.4
	y	500	G = 100

表 2. 鉄筋コンクリート管での劣化度の判定基準（例）  
〔An example of criterion for degree of deterioration of reinforced concrete pipes〕

劣化度 ランク	安全係数：	衝撃弾性波検査 自立指数：G	
	1.00 >	41.7 > G	
	1.56 >	1.00	68.3 > G 41.7
		1.56	100 > G 68.3
	特に問題なし		G = 100

$$= b \times i = 1.3 \times 1.2 = 1.56$$

#### 限界状態における安全度照査

断面力と断面耐力の関係が以下の条件式を満たすとよい。

$$\frac{i \cdot M_r}{M_u / b} = \frac{b \cdot i \cdot M_r}{M_u} \quad 1.00$$

#### 衝撃弾性波検査の結果の判定

以下の関係式を用いて判定を行う。

$$= \frac{M_u}{M_r} \cdot b \cdot i \quad \text{と表せる。}$$

ここで、 $b$ ：部材係数， $i$ ：構造物係数

図 3. 安全度照査の考え方を適用した判定  
〔Judgement method by the idea of safety check procedure〕