

# 衝撃弾性波検査法による石綿セメント管の劣化度評価

## Deterioration evaluation of Asbestos Cement Pipe by Impact Elastic-Wave Methods

○皆木 卓士<sup>\*</sup>、浅野 雅則<sup>\*</sup>、鎌田 敏郎<sup>\*\*</sup>、藤田 茂<sup>\*\*\*</sup>、伊藤 久也<sup>\*\*\*</sup>

Takushi Minagi, Masanori Asano, Toshiro Kamada, Shigeru Fujita, Hisaya Ito

### 1. はじめに

石綿セメント管は農業用水や上水道などの管路施設に用いられており、近年、施設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管路施設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堀上が必要であり、加えて、石綿セメント管は取り扱いに法規制があることから、費用的問題や作業的困難を伴う。

そこで本報告では、石綿セメント管の劣化度評価（ひび割れ検査）法として、衝撃弾性波検査法の有効性を検証することを目的とする。

### 2. 衝撃弾性波検査法の概要

衝撃弾性波検査とは、打撃等の機械的衝撃で弾性波を入力し、管体を伝播した弾性波をセンサで検知する検査法である。この検査法では得られた波形を解析することから、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剛性低下（残存強度率）を数値化することが可能である。実際に配管された管路においては、図 1 に示す専用の検査機器を管路内に設置し、検査を実施する。

本検査法は筆者らの研究成果より、鉄筋コンクリート製管への適用が有効であることが明らかとなっている<sup>1),2)</sup>。また、平成 17 年度国営造成水利施設保全対策指導事業（香川用水地区）計画策定（その 2）業務内において採用され、平成 17 年度末で約 25km 程度の検査延長実績がある。

### 3. 試験方法

埋設下から堀上げた石綿セメント管φ600mm から長さ 1m の環片を切り出し、試験用の供試体とした。この供試体を段階的に載荷し、その過程で都度、衝撃弾性波検査を実施した。管体への載荷は JIS A 5301（1983）の環片圧壊試験に準拠した方法により行った。

### 4. 試験結果

#### 4. 1 石綿セメント管の破壊挙動

図 2 に載荷と除荷を繰り返した供試体の荷重－変位の関係と、衝撃弾性波検査を実施した荷重点（荷重除荷点）を同時に示す。圧壊試験による石綿セメント管の破壊挙動は線形

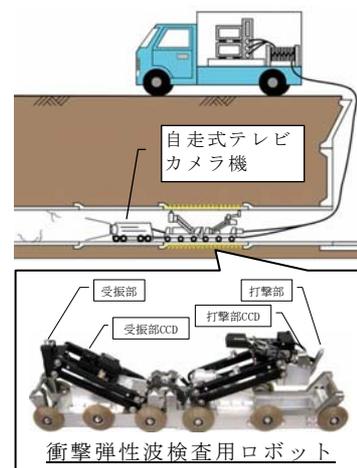


図 1. 作業模式図と検査機器  
[Diagram of Job site application and Inspection robot]

\* 積水化学工業（株） Sekisui Chemical Co.Ltd.

\*\* 岐阜大学 工学部 Department of Civil Engineering, Gifu University

\*\*\* (株) 日本水工コンサルタント

キーワード：劣化度評価、衝撃弾性波検査法、石綿セメント管

弾性体に極めて近く、載荷曲線と除荷曲線も同一の経路となった。

#### 4. 2 衝撃弾性波検査の弾性波挙動

表1に各荷重点で実施した衝撃弾性波検査の結果を示す。衝撃弾性波検査では得られる振動波形の周波数分布を求め、高周波成分比の値により評価を行った。その結果、圧壊によりクラックが発生すると管体の剛性が低下し、高周波成分比が減少した。この時の最小変化量(条件4と条件6の差)は10.6%で、この現象を確認するに有意な差である。従って、鉄筋コンクリート製管と同様に高周波成分比の変化から、管体の剛性変化を確認することができた。

#### 4. 3 残存強度率推定式の導出

管体の劣化状態を推定残存強度率:Gとして表す。Gの算出式は、次の2点(高周波成分比, 残存強度率) = (49.9, 0)、(60.5, 100)と、鉄筋コンクリート製管ではそれらが比例関係にあることをもとに式1として導いた。

$$G = 9.434 \times X - 470.7 \quad \dots \text{式1}$$

この式に衝撃弾性波検査で得られる高周波成分比: Xの値を代入することにより、各箇所でのGを算出することが可能である。

#### 5. まとめ

以下の知見より、石綿セメント管の劣化度評価法として、衝撃弾性波検査法が有効である判断できる。

- ・弾性変形領域内(条件1~5)では、剛性低下に寄与するクラックのような損傷がないため、周波数分布の形状は大きく変化しない。
- ・周波数分布における高周波成分比から、クラックの発生(管体の剛性変化)を確認することができる。

#### 6. 参考文献

- 1) 舟橋孝仁, 鎌田敏郎, 皆木卓士, 浅野雅則: コンクリート下水管路の劣化診断における埋設条件の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.1893-1895, 2004
- 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 工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.1675-1680, 2005

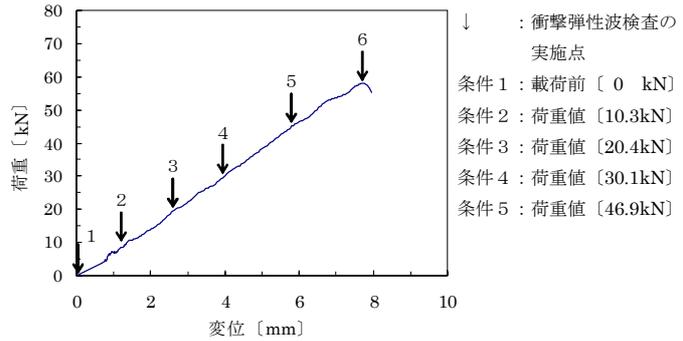


図2. 荷重-変位の関係 [Load-displacement curve]

表1. 各荷重点における衝撃弾性波検査の結果 [Results of Impact Elastic-Wave Methods in inspection]

条件	荷重値 [kN]	周波数分布 縦軸: スペクトル 横軸: 周波数 [kHz]	高周波成分比 [%] ※1
1 載荷前	0.0		62.3
2	10.3	条件1とほぼ同等	61.9
3	20.4	条件1とほぼ同等	61.4
4	31.0	条件1とほぼ同等	60.5
5	46.9	条件1とほぼ同等	66.4
6 破壊後	58.2		49.9

※1 高周波成分比 [%]

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{高周波の成分面積量}}{\text{全周波の成分面積量}} \times 100 \\
 &= \frac{2.7 \sim 7.0 \text{kHz の成分量 (図中の赤字範囲)}}{0.5 \sim 7.0 \text{kHz の成分量 (図中の青字範囲)}} \times 100
 \end{aligned}$$