

給水管の材質を考慮したファジイ理論に基づく水撃作用検出システムの構築

山梨大学大学院 学生員 ○原田 要
山梨大学工学部 フェロー 杉山 俊幸
山梨大学大学院 花岡 聖明
給水工事技術振興財団 中村 文雄

1. はじめに

キッチン、浴室、洗面所などで聞こえる原因不明の異音や衝撃音、もしくは、原因不明の漏水やシャワーの温度急変などといった現象はすべて水撃現象に起因する現象である。シングルレバー方式の蛇口等の混合水栓や全自動洗濯機・食器洗い乾燥機といった「電磁弁内臓で給水の急閉止を伴う家電製品」の急速な普及、さらには、近年の建築物の高層化や大型化、三階建て住宅の普及で住宅密集度が増加し、各地方自治体は給水圧力や給水量を増やさざるを得なくなりつつある現状が水撃現象の引き起こされるケースの増加の原因として挙げられる。その結果として、給水管の振動とこれに起因する騒音などによる住環境の悪化、さらには、給水管の破裂や疲労破壊が生じる可能性が高くなってきている。特に騒音が引き起こす問題では、夜間に水撃音が発生し、睡眠の妨げになるなど日常生活にも支障をきたすというものもある。

平成 16 年度には、水撃作用発生時のスチール製給水管の振動データとインパルスハンマで給水管に与えた衝撃の振動データの違いから、水撃作用が発生しているか否かを判定するシステムをファジイ理論を用いて構築し、ほぼ 100%の精度で水撃作用の発生を検知できるようになり、システム開発に一步近づいた¹⁾。平成 17 年度には、「音」の方が収録が容易であるため、水撃作用によって生じるスチール製給水管の「音」のデータを収録・解析し、これらに基づいてファジイ判定システムを構築した結果、70~90%の精度で水撃作用の発生を判定できることを明らかにした²⁾。平成 18 年度は、スチール製給水管と塩化ビニル管の振動および音の特性が大きく異なるため、水撃作用の検出に際しては、給水管の材質を考慮してファジイ演算プログラムを構築する必要があること、水撃作用検出用のファジイ演算を構築する場合には、音と振動の両者を対象とするのが望ましいが、一方しか採用しない場合には、特に塩化ビニル製の場合、電磁弁にできる限り近い位置での給水管の振動を対象とするのが適切であること等を明らかにした³⁾。本研究では、最近多用され始めている架橋ポリエチレン管を給水管として用いた場合の水撃作用発生時の振動および音の両者を実験室内で収録し、給水管の材質が不明の場合でも水撃作用の発生が検出可能なシステムの構築を目的とした。

2. 実験の概要

実験は、給水管として 3 種類の架橋ポリエチレン管（外径 17.0mm、内径 12.8mm、以下、ポリ管 1、ポリ管 2、ポリ管 3 と表記）を使用し、前年度まで使用していたスチール製給水管（以下、鉄管と表記）と並行して配管されている実験室内（図 1、ポリ管 1~ポリ管 3 を各々 1 本ずつ順に取り替えて実験を実施）で、水撃作用に伴って発生する音と振動を同時に収録した。なお、水撃作用は、給水中に電磁弁を急閉止させることで発生させた。データ収録は、15.0、17.0[L/min]の 2 通りの流量に対して各 9 回行い、その内 6 回はファジイ判定プログラム構築のために、3 回はファジイ判定の精度の確認のために用いた。収録方法および収録データの内容に関しては、文献 2)、3)と同様である。なお、音のデータは電磁弁の近傍で収録し、振動データの収録は電磁弁より 120[cm]の位置で行った。

3. 給水管の識別

一般家庭で主に使用されている「鉄管」、「塩化ビニル管」、「ポリエチレン管」の 3 種類の給水管の材質の違いを、本研究での分析結果に基づいて識別することを検討する。詳細については省略するが、図 1 に示す識別フローチャートに従って給水管の材質を識別することを考案した。また、その識別結果を図 2 に示す。

キーワード : 給水管、水撃現象、音、ファジイ理論

連絡先 : 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8519 FAX 055-220-8773

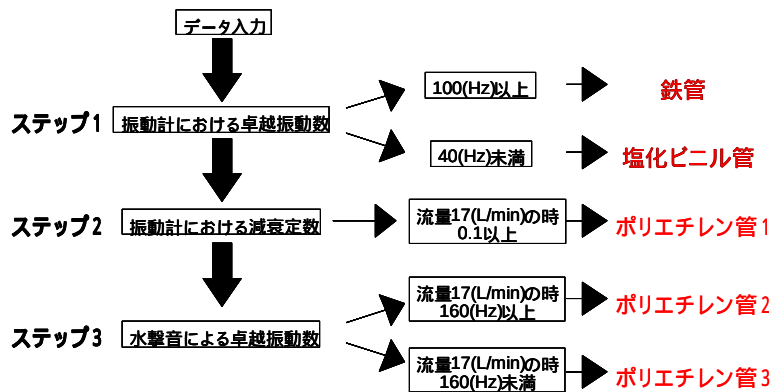


図1 給水管の材質の識別フローチャート

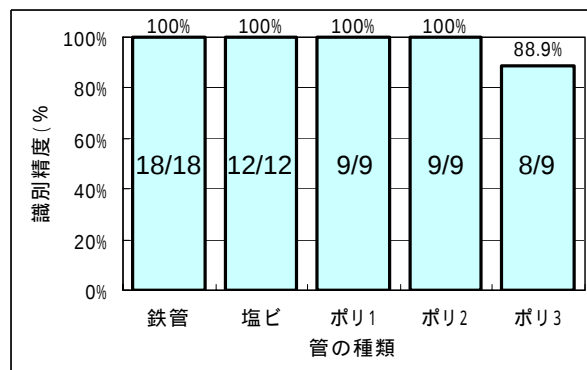


図2 給水管の材質の識別結果

3. ファジイ演算システムの構築とその精度の検証

ファジイ演算モデルの構築方法に関しては、メンバーシップ関数の作成、ファジイ判定図の判定基準等も含め、平成18年度までの研究^{1)~3)}で用いた方法と全く同様であるため紙面の都合上省略する。ここでは、音のみを対象、および、振動のみを対象としたときの判定との精度の比較を行う。(1)音のみを対象、(2)振動のみを対象、(3)音と振動の両方を対象としたときの判定と分類し、それぞれについて判定を行い、水撃作用検出(水撃作用が発生しているという判定結果)の割合を求め、まとめたものを表1に示す。なお、鉄管の水撃作用以外の衝撃のデータについては、水撃作用以外の衝撃の検出(水撃作用が発生している以外の判定)の割合を求めている。

表1 各データ判定の精度

		(1)	(2)	(3)
鉄管	水撃作用検出の割合	100% (6/6)	100% (6/6)	100% (6/6)
	水撃作用以外の衝撃の検出	66.7% (8/12)	91.7% (11/12)	91.7% (11/12)
ポリエチレン管1	水撃作用検出の割合	83.3% (5/6)	83.3% (5/6)	83.3% (5/6)
ポリエチレン管2	水撃作用検出の割合	100% (6/6)	83.3% (5/6)	100% (6/6)
ポリエチレン管3	水撃作用検出の割合	100% (6/6)	83.3% (5/6)	100% (6/6)

4. まとめ

本研究により得られた成果をまとめると以下ようになる。

- 1)給水管の材質を識別を実施した結果、その精度は、鉄管について100%、塩化ビニル管について100%、ポリエチレン管1(流量17L/min)について100%、ポリエチレン管2(流量17L/min)について100%、ポリエチレン管3(流量17L/min)について88.9%であった。ポリエチレン管については、流量を限定する識別方法となったが、全体的に高い精度のものになっている。
- 2)音と振動を対象としたときの判定結果の精度は、鉄管については水撃作用検出に対して100%、水撃作用以外の衝撃の検出に対して91.7%であった。ポリエチレン管の水撃作用検出に対しては、ポリエチレン管1で83.3%、ポリエチレン管2で100%、ポリエチレン管3で100%であった。「水撃作用が発生しているか否か」の判定システムを構築することができ、高い精度のものとなっている。
- 3)鉄管、ポリエチレン管ともに音と振動を対象とした水撃作用発生検出の精度が最も高いものとなる。

参考文献

- 1)(財)給水工事技術振興財団：水有効利用のための給水システム構築に関する研究報告書，pp.93-134，2005年3月。
- 2)杉山俊幸，川村真彦，中村文雄，松本正文：音を対象としたファジイ理論に基づく水撃作用検出システムの開発，土木学会第61回年次学術講演会講演概要集 -019，2006年9月，CD-ROM版。
- 3)杉山俊幸，原田要，中村文雄，松本正文：音と振動を対象としたファジイ理論に基づく水撃作用検知システムの開発，土木学会第62回年次学術講演会講演概要集 -109，2007年9月，CD-ROM版。