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出システムの開発

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

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作用に起因する現象である。シングルレバー方式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等による住宅密集度の増加に伴う給水圧力・給水量の増大により水撃作用が引き起こされるケースが増加し、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。著者らはこれまでに、水撃作用発生時の給水管の振動あるいは音を対象として、一般家屋内での水撃作用の発生を比較的簡単に判定できる方法（システム）を構築することを試み、かなりの高精度で判定できることを明らかにしてきた [1),2)]。しかしながら、水撃作用発生時の給水管の振動、音を別個に対象とするよりは、両者を同時に対象とする方が精度が向上すると考えられる。

そこで本研究では、1)実験室内で給水管の振動と音を同時に計測し、両者のデータを用いて水撃作用が発生しているか否かをファジイ演算に基づいて判定するシステムを構築すること、および、2)スティール製給水管（前記 1）で使用）を塩化ビニル製給水管に変更した場合の水撃現象発生時の振動および音の特性を把握するための実験を実施し，給水管の材質の違いがファジィ演算を用いた水撃作用検知システムに及ぼす影響について検討することを目的とした。

２．実験の概要

実験は，給水管としてスティール製（外径 22.1㎜，内径 15㎜、以下、「鉄管」と表記）と塩化ビニル製（外径 18.2Mm、内径 12㎜、以下、「塩ビ管」と表記）を使用し，両者が並走して配管されている実験室内（図 1）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、19.0、21.0[L/min]の４通りの流量に対して各 8 回行い、そのうち 6 回はファジィ判定プログラム構築のために、2 回はファジィ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 1)、2)と同様である．

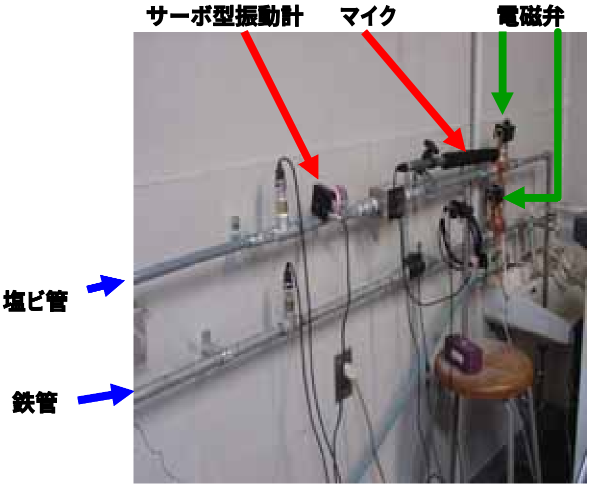

図１　実験室でのデータの収録状況

３．ファジイ演算システムの構築とその精度の検証

実験データの処理方法、および、ファジイ演算システムの構築プロセス等は、文献 1)、2)とほとんど同様であるため、ここでは紙面の都合上省略する。実験結果に基づいて構築したファジイ演算プログラムを用い、(A)音と振動（振動計測を電磁弁から 80cm と 280cm の位置で実施）を対象としたときの判定，(B)音のみを

キーワード　：給水管、水撃現象、音、振動、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

対象にしたときの判定,(C)振動のみ（振動計測を電磁弁から 80cm と 280cm の位置で実施）を対象としたときの判定，(D)音と振動（振動計測を電磁弁から 80cm の位置で実施）を対象にしたときの判定，(E)音と振動（振動計測を電磁弁から 280cm の位置で実施）を対象にしたときの判定の５通りの方法により検出精度を調べた結果を示したのが表１である．なお，この表では，精度として，水撃作用が発生しているケースに対して「水撃作用が発生している」と判定した割合を『水撃作用の検出割合』, 水撃作用が発生していないケースに対して「水撃作用が発生していない」と判定した割合を『水撃作用以外の衝撃の検出割合』と表示してある．表１より、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が結果としていえる．

なお、図表には示していないが、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が明らかとなっている。

表１　水撃作用検出の精度　　（　）内は，正しく判定できた回数／総データ数を表示

		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
鉄管	水撃作用の検出割合	87.5%（7/8）	87.5%（7/8）	87.5%（7/8）	75%（6/8）	75%（6/8）
	水撃作用以外の衝撃の検出割合	100%（12/12）	30%（4/12）	100%（12/12）	100%（12/12）	100%（12/12）
塩ビ管	水撃作用の検出割合	87.5%（7/8）	87.5%（7/8）	87.5%（7/8）	87.5%（7/8）	50%（4/8）
	水撃作用以外の衝撃の検出割合	91.7%（11/12）	58.3%（7/12）	91.7%（11/12）	100%（12/12）	75%（9/12）

(A)音と振動（振動計測を電磁弁から 80cm と 280cm の位置で実施）

(B)音のみを対象

(C)振動のみを対象（振動計測を電磁弁から 80cm と 280cm の位置で実施),

(D)音と振動（振動計測を電磁弁から 80cm の位置で実施）

(E)音と振動（振動計測を電磁弁から 280cm の位置で実施）

４．まとめ

本研究で得られた成果をまとめると以下のようになる。

1)評価項目については，音・振動ともに「継続時間」および「位相差の割合」とし,「位相差の割合」に重みをおいて判定を行った結果，音と振動（振動計測を電磁弁から 80cm と 280cm の位置で実施）の両者を対象としたときの判定結果の精度は，スティール製給水管については，水撃作用検出に対して 87.5%，水撃作用以外の衝撃の検出に対して 100%であり，塩化ビニル製給水管については，水撃作用検出に対して 87.5%，水撃作用以外の衝撃の検出に対して 91.7%であった．

2)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．

3)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．

参考文献

1) 杉山他：ファジイ理論を用いた水撃作用検出システムの構築、土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集Ⅶ-004, 2005.9.　　2) 杉山他：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Ⅶ-019, 2006.9.