

초음파를 리용한 수로에서의 류량측정에 대한 연구

리철수, 리의환

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 현실에 튼튼히 발을 붙이고 사회주의건설의 실천이 제기하는 문제들을 연구대상으로 삼고 과학연구사업을 진행하여야 하며 연구성과를 생산에 도입하는데서 나서는 과학기술적문제들을 책임적으로 풀어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 492페이지)

초음파를 리용하여 관로에서 류량을 측정하기 위한 연구는 많이 진행되었으나 수로에서의 류량측정은 거의 없다.[1, 2]

우리는 초음파임펄스신호의 전달시간차법으로 물높이를 측정하여 수로를 통하여 흐르는 류량을 측정하기 위한 방법을 제기하고 그것을 리용한 류량측정기구를 제작하였다.

1. 수로에서의 류량측정원리

초음파에 의한 수로에서의 류량측정은 수력발전소, 농업, 화학공업분야 등 여러 부분의 류량관리를 자동화하는데서 중요한 문제로 나선다.

그림 1과 같이 수로에 뚝을 형성하여 정상 흐름이 이루어지는 경우 뚝물넘이높이 h 에 따르는 평균물흐름속도 \bar{v} 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\bar{v} = \frac{1}{h} \int_0^h v_0 dy \quad (1)$$

뚝을 넘어 흐르는 물흐름속도는 자리에너지와 운동에너지사이의 관계로부터 다음과 같이 표시된다.

$$\bar{v} = Kh^{1/2} \quad (2)$$

여기서 K 는 류체의 성질과 뚝에 관계되는 정수이다.

류량 Q 에 대하여 $Q = S\bar{v}$ 이므로 식 (2)를 리용하면 수로류량은 다음과 같다.

$$Q = Kwh^{3/2} \quad (3)$$

여기서 w 는 수로너비, h 는 뚝으로부터 물높이이다.

식 (3)으로부터 수로로 흐르는 류량은 뚝물넘이높이 h 의 3/2제곱에 비례한다는것을 알 수 있다.

2. 실험 및 결과분석

수로로 흐르는 류량이 똑물넘이높이 h 의 3/2제곱에 비례한다는 사실을 리용하여 제작한 초음파류량계의 구성도는 그림 2와 같다.

그림 2에서 송수파기는 초음파임펄스신호를 송수파하는 역할을 하며 송파감도 93dB, 수파감도 -182dB($1\mu\text{Pa/V}$ 를 기준), 동작주파수 70kHz이다. 온도수감부는 환경에 따르는 음속도를 보상하기 위하여 《DS1820》을 리용하였다. 단소편 CPU는 1ms의 송파임펄스신호발생과 함께 수신 시간차를 측정하며 매 측정값을 20회 측정통계처리하여 류량값으로 지시부와 RS485에 전송자료를 보장한다.

출력회로는 송수파기에 약 100V의 출력전압으로 음향출력준위 133dB을 보장하도록 하였으며 대역통과려파기는 3차베셀려파기로 통과대역 3kHz를 보장하여 신호의 앞면정보가 충분히 보장되도록 하였다. 설계된 초음파수로류량계의 시간분해능은 $15\mu\text{s}$ 로서 물높이측정에서 $\pm 2 \cdot 10^{-3}\text{m}$ 의 측정정확도를 가지도록 하였다. 측정정확도를 높이기 위해서는 보다 높은 주파수를 가진 송수파기가 요구된다. 이 초음파류량계는 $200 \sim 3\,000\text{m}^3/\text{h}$ 의 류량을 측정할수 있다.

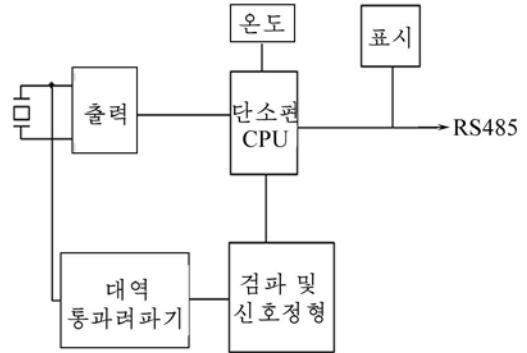


그림 2. 초음파수로류량계 구성도

다음 제작한 초음파류량계로 수로로 흐르는 류량을 측정하기 위한 연구를 하였다.

먼저 일반생활용수가 흐르는 너비가 3m인 수로에서 양수기출구로부터 4m거리에 높이가 1m, 너비가 0.2m인 4각뿔을 설치하고 물흐름상태를 평가하기 위하여 상류쪽 수로의 절반물깊이에서 잉크를 점적하였다.

이때 뿔을 넘어 흐르는 물높이는 0.2m이고 정상흐름은 뿔으로부터 약 0.5m내에서 관측되었다. 또한 이때 평균물흐름속도는 0.5m/s였다.

잉크를 점적하면서 측정한 대표적인 세 점의 류체높이에 따르는 류속과 류량값변화는 표와 같다.

No	물넘이 높이/m	흐름속도 $/(m \cdot s^{-1})$	류량 $/(m^3 \cdot h^{-1})$
1	0.15	0.3	380
2	0.2	0.5	774
3	0.27	0.63	1 460

다음 4각뿔윗면으로부터 물넘이높이를 측정하여 물넘이높이변화에 따르는 류량값을 계산하면 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 물넘이높이변화에 따라 류량값은 급격히 커진다.

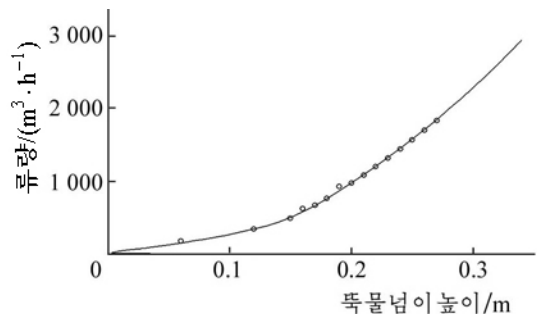


그림 3. 물넘이높이에 따르는 류량변화곡선

맺는말

1) 초음파로 뚝에서의 물넘이높이를 측정하여 류량을 알수 있는 수로용류량계를 제작하였다.

2) 측정실험에 의하면 초음파를 리용하여 물흐름에 영향을 주지 않고 실시간적으로 200~3 000m³/h의 류량을 측정할수 있다.

참고문헌

[1] 霍殿中; 水力机械技术, 4, 41, 2005.

[2] 余宁梅; 化学工程, 33, 6, 71, 2005.

주체103(2014)년 12월 5일 원고접수

**Measurement of the Amount of Flowing Water
in a Waterway using the Ultrasonic**

Ri Chol Su, Ri Ui Hwan

We suggested a method to measure the amount of flowing water in a waterway as measuring the height of the flowing water on a bank by the ultrasonic and described realization of the measuring system for the amount of flowing water of 200~3 000m³/h. It is shown that the theoretical analysis and the experimental results are in good agreement.

Key words: ultrasonic, flowing water amount