

전도형 강수량계의 성능시험 및 불확도 분석

홍성택* · 박병돈* · 신강욱* · 정희경**

*한국수자원공사, **배재대학교

Performance tests and uncertainty analysis of tipping bucket rain gauge

Sung-taek Hong* · Byung-don Park* · Gang-wook Shin* · Hoe-kyung Jung**

*Kwater, **Paichai University

E-mail : sthong@kwater.or.kr

요 약

강수량의 계측은 댐 및 하천의 안정적인 운영 및 유지관리, 도시 및 산업단지의 먹는 물 및 용수 공급, 농어촌의 영농 및 산림녹화 등 광범위한 범위에서 필요로 하고 있으며, 재난재해를 대비하고 강우 발생시 경제적인 효과를 얻기 위해서는 정확한 강수량의 측정이 필요하다. 본 연구에서는 강수량계의 성능을 분석할 수 있는 교정시스템을 이용하여 전도형 강수량계에 대한 강우강도 20 ~ 100 mm/h에 대한 특성시험을 실시하였으며, 측정값은 19.30 ~ 19.59 mm, 오차율은 0.31 ~ 0.35 mm로 측정되었으며, 불확도는 0.2887 mm로 산출되었다. 이러한 특성시험을 통하여 기상 및 수문 관측 데이터의 신뢰성을 확보하고자 하였다.

ABSTRACT

Precipitation has a wide range of applications, such as the management and operation of dams and rivers, supply of drinking water for urban and industrial complex, farming and fishing, forest greening, and safety management. In order to prepare for disasters and to obtain economical effects in case of flood damage, it is necessary to measure accurate precipitation. In this study, we carried out the characteristics tests for various types of rainfall gauge using integrated verification system, which can analyze the performance of collective type rainfall gauge. The uncertainty for tipping bucket rain gauge was 0.2887 mm. Therefore, it can be seen that the uncertainty is calculated differently depending on the characteristics of the rainfall gauges. The uncertainty is also influenced greatly by the resolution.

키워드

강수량계, 기상, 불확도, 수문, 전도형

I. 서 론

최근 전 세계적으로 지구온난화에 따른 기후 변화로 홍수 및 가뭄 등 수재해 발생빈도가 높아짐에 따라 국내의 지자체와 태국, 필리핀 등 동남아시아 및 아프리카의 알제리 등 해외에서 홍수재해 통합관리 등 수재해 관리에 대한 관심이 증가되고 있다.

기상관측 및 댐과 하천의 운영·관리에 있어서 강수량을 측정하는 강수량계는 수재해 예측과 국지성 강우, 위험 기상 감시 등 악천후 관측, 재난 예방 기술에 필요한 자립적인 기술력 확보가 필요한 핵심 기술이며, 기상청, 농진청, 산림청, 국토부 및 지자체 등에서 강우량을 측정하여 농어촌 및 산림 녹화, 안전관리 등에 활용하고 있으며, 비의 양을

기록 관리하여 차년도 등에 예측, 활용하는 등 사용 분야가 광범위하며, 재난재해를 대비하고 홍수피해 시 경제적인 효과를 얻기 위해서는 정확한 강수량의 측정이 필요하다[2].

본 연구에서는 전도형 강수량계에 대하여 20~100 mm/h의 강우강도별 특성시험과 불확도를 산출하였으며, 이를 통하여 기상관측 및 수문관측 데이터의 신뢰성을 확보하고자 하였다.

II. 전도형 강수량계

눈이나 우박처럼 고체성 강수현상도 관측할 수 있으며, 일정량의 강수를 담을 수 있는 버킷의 전도 횡수를 카운트하여 강수량 측정하는 방식이다. 수

수기에 집수된 강수가 두개의 소형 컵 중 하나의 컵에 일정량의 물이 고이면 물의 무게에 의해 한쪽으로 기울어지면서 빗물을 비우게 된다. 이 때 전기 회로가 연결되면서 전기신호를 발생시켜 기록장치에 기록하기 때문에 디지털화하기 쉽고 자동관측이 용이하여 세계적으로 널리 사용되며, 강수량계의 개념 및 외형은 그림 1과 같다.

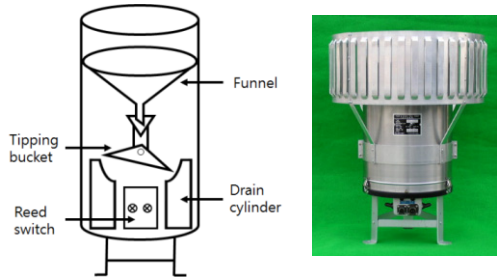


그림 1 전도형 강수량계

III. 강우강도별 성능시험

통합검증시스템은 물을 담은 수조를 정밀저울 위에 놓고 이 수조에 담긴 물을 정속모터를 이용하여 일정한 강우강도를 유지하며 강수량계로 흘려보낸 후 물의 질량변화를 저울로 측정하여 강우량으로 환산하고 강수량계의 측정값과 비교하는 방식이다.

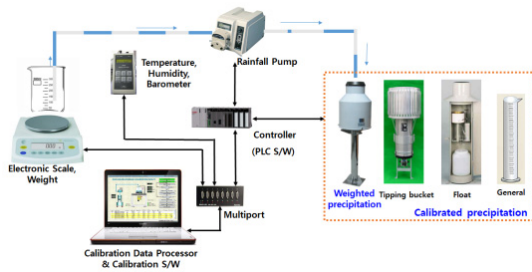


그림 2 통합검증시스템의 개요

강우강도 20 ~ 100 mm/h 사이에서 20 mm/h 단위로 성능시험을 그림 3과 같이 실시하였다.

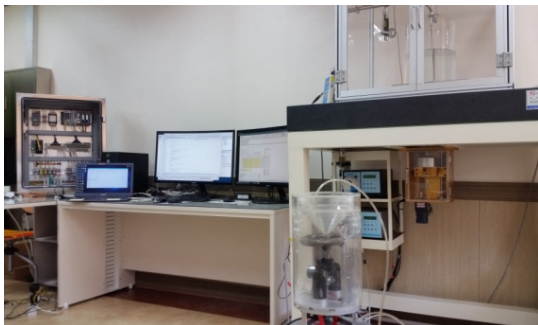


그림 3 전도형 강수량계 성능시험

강우강도에 따른 시험결과는 표 1과 같으며, 그림 4와 같이 측정값은 19.30 ~ 19.59 mm로 측정되었으며, 오차율은 그림 5와 같이 0.31 ~ 0.35 mm로 측정되었다.

표 1 강우강도별 성능시험 결과

Rain Intensity	20.89	41.67	62.42	83.62	104.49
Measured value	19.44	19.30	19.42	19.42	19.59
Reference value	19.38	19.24	19.36	19.35	19.53
Error	1.0031	1.0032	1.0033	1.0034	1.0035
Error rate	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35

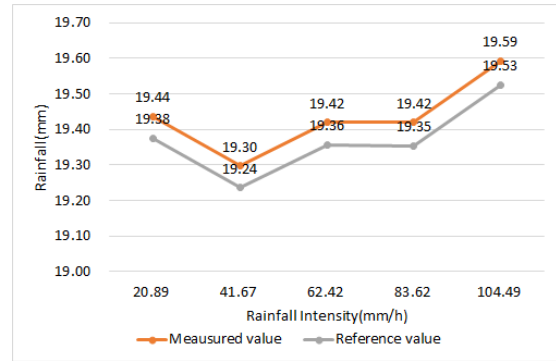


그림 4 측정값과 기준값 비교

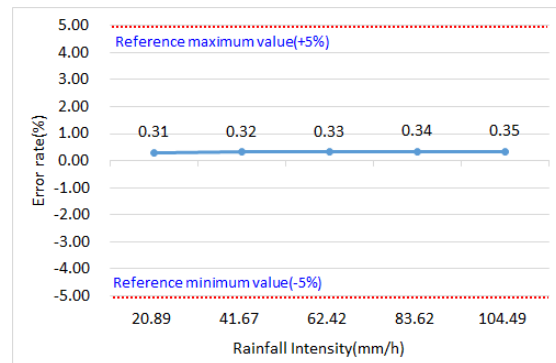


그림 5 측정값과 기준값의 오차율

IV. 불확도 추정

전도형 강수량계는 좌우 티핑 버킷에 담겨지는 물의 양(강수량)을 측정하는 것이기 때문에 좌우 각각 5회 씩 총 10회를 기준 강우강도인 20 mm/h로 그림 5와 같이 측정하여 좌우 티핑 버킷의 편차 및 불확도를 계산하였다.

불확도를 추정하는 방법으로는 A형 및 B형 불확도를 추정하여 합성불확도를 구한다. A형 불확도의 추정은 유한 반복 측정값에 대한 평균

Count	Time (mm:ss)	Measuring Time (s)	Weight (g)	Bucket (g)	Water Temp. (°C)	Air Temp. (°C)	Humidity (% R.H.)	Pressure (hPa)	Air Density (g/m ³)	Water Density (g/cm ³)	Rainfall (mm)
-1	15:01:20.4	28.5	10 090.6	36.4	22.2	23.3	53.7	1 006.0	0.001 176	0.997 7	1.169 1
0	15:03:58.4	158.0	10 059.8	30.8	22.2	23.3	54.2	1 005.9	0.001 175	0.997 7	0.988 4
1	15:06:44.8	160.4	10 028.8	31.0	22.3	23.3	54.9	1 005.9	0.001 175	0.997 7	0.994 8
2	15:09:25.7	160.9	9 997.4	31.4	22.3	23.2	55.0	1 005.9	0.001 176	0.997 7	1.007 7
3	15:12:06.4	160.7	9 966.3	31.1	22.3	23.2	55.5	1 005.8	0.001 176	0.997 7	0.998 0
4	15:14:47.0	160.6	9 935.0	31.3	22.3	23.2	56.3	1 005.8	0.001 175	0.997 7	1.004 5
5	15:17:28.0	161.0	9 903.8	31.2	22.3	23.2	56.8	1 005.9	0.001 175	0.997 7	1.001 3
6	15:20:08.3	160.3	9 872.5	31.3	22.3	23.2	57.4	1 005.9	0.001 175	0.997 7	1.004 5
7	15:22:49.3	161.0	9 841.3	31.2	22.3	23.2	57.7	1 005.8	0.001 175	0.997 7	1.001 3
8	15:25:30.2	160.9	9 809.9	31.4	22.3	23.1	58.0	1 005.8	0.001 176	0.997 7	1.007 7
9	15:28:11.0	160.8	9 778.6	31.3	22.3	23.1	58.3	1 005.8	0.001 176	0.997 7	1.004 5
10	15:30:51.4	160.4	9 747.2	31.4	22.3	23.1	58.8	1 005.9	0.001 176	0.997 7	1.007 7

그림 6 전도형 강수량계 불확도 추정 데이터

및 실험표준편차를 통하여 구하며, B형 불확도의 추정은 통계적으로 직접 구하지 않는 모든 불확도를 말하며, 제조사의 사양이나 성적서의 정보 등을 이용하여 구한다.

성능시험 데이터에 의한 전도형 강수량계 평균(\bar{x})은 식 (1)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{10}}{10} \text{ mm} \\ &= \frac{0.994\ 8 + 1.007\ 7 + 0.998\ 0 + 1.004\ 5 + 1.001\ 3}{10} \\ &\quad + \frac{1.004\ 5 + 1.001\ 3 + 1.007\ 7 + 1.004\ 5 + 1.007\ 7}{10} \\ &= 1.003\ 2 \text{ mm} \end{aligned} \quad (1)$$

또한, 성능시험 데이터에 의한 전도형 강수량계 실험표준편차(s)는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ mm} \\ &= 0.004\ 3 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2)$$

A형불확도(u_A)는 식 (2)에 의하여 구해진 실험표준편차와 측정 횟수인 10회를 식 (3)에 적용하여 계산한다.

$$\begin{aligned} u_A &= \frac{s}{\sqrt{n}} \text{ mm} \\ &= \frac{0.004\ 3}{\sqrt{10}} \text{ mm} \\ &= 0.001\ 4 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3)$$

B형불확도(u_B)는 계측기로부터 측정되는 값을 읽는 경우에는 오차 요인이 최대 $\pm x$ 값을 가지는 직사각형분포를 따르는 불확도를 나타내며, 식 (4)에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned} u_B &= \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{x}{2} \text{ mm} \\ &= \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2} \text{ mm} \\ &= 0.288\ 7 \text{ mm} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, x 는 전도형 강수량계의 분해능으로, 1 mm이다.

합성불확도(u_c)는 A형불확도와 B형불확도로부터 식 (5)에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \text{ mm} \\ &= \sqrt{(0.001\ 4)^2 + (0.288\ 7)^2} \text{ mm} \\ &= 0.288\ 7 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5)$$

V. 결 론

강수량계는 댐 및 하천의 운영, 농어촌 및 산림녹화, 안전관리 등 사용분야가 광범위하며, 재난재해를 대비하고 홍수피해시 경제적인 효과를 얻기 위해서는 정확한 강수량의 측정이 필요하다. 본 연구에서는 집수형 강수량계의 성능을 분석할 수 있는 통합검증시스템에 의한 전도형 강수량계에 대한 강우강도 20 ~ 100 mm/h에 대한 특성시험을 실시하였으며, 측정값은 19.30 ~ 19.59 mm, 오차율은 0.31 ~ 0.35 mm로 측정되었으며, 불확도는 0.2887 mm로 산출되었다. 이러한 특성시험을 통하여 강수량계 종류에 따른 기상관측 및 수문관측 데이터의 신뢰성을 확보하고자 하였다.

감사의 글

이 연구는 2018년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(10065697)

참고문헌

- [1] G. W. Shin, S. T. Hong, J. R. Kim, H. H. Lee, I. H. Kim and G. H. Yoo, International standardization for specifications of hydrological and meteorological rainfall gauge, K-water, 2017.
- [2] S. T. Hong, G. W. Shin, J. R. Kim, H. H. Lee, I. H. Kim and G. H. Yoo, Development of new measurement method to improve the reliability of hydrological data, K-water, 2016.