

우량계 표준교정시스템을 이용한 우량계 교정결과 분석

홍성택, 신강욱
한국수자원공사 수자원연구원

The Analysis of calibration result used the Standard calibration Facility of rain-gauges.

Sung-Taek Hong, Gang_wook Shin
KOWACO KIWE

Abstract - 수문관측용으로 사용되는 강우량계는 측정의 편의성과 강인성의 장점 때문에 대부분 전도형 우량계를 사용하고 있다. 한국수자원공사에서는 약 160여개의 우량국을 관리하고 있으며, 2006년도 교정주기가 도래한 우량계 16개 및 특성 분석이 필요한 우량계 4개 등 총 20개에 대하여 한국수자원공사 수자원연구원에서 개발한 전도형 우량계 표준교정시스템을 이용하여 교정을 실시하였다. 우량계의 교정결과 버킷의 평균값이 기준값 1 mm에 대하여 0.95~1.04 mm까지 다양하게 측정되었으나, 모두 기준인 ±5 %를 만족하는 것으로 나타났으며, 전도형 우량계는 강우강도가 강할수록 측정되는 강우량이 많아지는 특성을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

기상 및 수문관측에 사용되는 우량계는 보통우량계와 자기우량계로 크게 나눌 수 있으며, 보통우량계는 직경 20 cm, 높이 60 cm 원통형 아연도금 철판안에 있는 깔대기 모양의 우량 수수구를 통하여 집수된 우량을 우량측정관에 부어 측정하는 방식이며, 자기우량계는 부자형, 중량형, 전도형, 광투과형 등이 있으며, 전도형 우량계는 우량 수수구 밑에 1조의 계량컵(Tipping Bucket)을 시소형으로 설치하여 계량컵에 일정량의 빗물이 차면, 중량에 의해 한쪽으로 기울어지고 이때에 발생되는 전기적인 펄스로 우량을 측정하는 방식으로 연속적인 강우량 측정에 가장 많이 이용하며, 전도형 우량계의 분해능은 0.1 mm급, 0.2 mm급, 0.25 mm급, 0.5 mm급, 1 mm급의 여러 종류가 있으나 우리나라 기상청의 관측소에는 0.1 mm급과 0.5 mm급 두 종류가 사용되고 있으며, 수문관측을 위한 우량계는 1 mm급을 사용하고 있다. 또한, 수수구의 크기에 따라 200 mm, 225.7 mm, 447.2 mm, 8 inch 등으로 분류되며, 일반적으로 200 mm 직경을 갖는 우량계를 사용하고 있다.

이러한 기상 및 수문관측에 사용되는 강우량계의 정확도를 검증하기 위한 검교정기기는 부피형 뷰렛을 이용한 방법과 질량을 측정하여 부피로 환산하는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 한국수자원공사 수자원연구원에서 개발하여 국가교정기관으로 인정받은 질량에 의한 검·교정을 하는 표준교정장치를 이용하여 강우강도를 20 mm/h와 200 mm/h로 가변하면서 우량계의 교정주기가 도래한 우량계 20대에 대하여 교정을 실시하고 이에 대한 교정결과를 분석하고자 한다.

2. 우량계 표준교정시스템

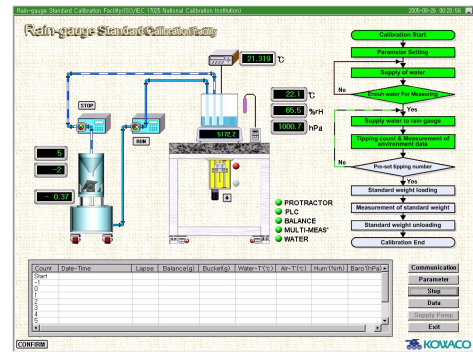
전도형 우량계 표준교정시스템은 우량계의 단위 강우 및 강우강도에 따른 강우량계의 특성을 측정하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어로 구성되어 있으며, 전체 및 버킷당 질량을 측정하여 전도량과 비교함으로써 강우량의 오차를 산출하고, 강우강도에 따른 강우량계의 특성을 분석할 수 있도록 하며, 측정 데이터에 대한 측정 정확도를 자동으로 산출하도록 하였다.

그림 1은 수자원연구원에서 개발한 현장교정용 표준교정장치이며, 우량계 표준교정장치의 하드웨어는 교정대상 우량계에 일정한 량의 물을 공급하는 기능을 구현하는 정수펌프 및 밸브, 교정에 필요한 물의 량을 측정하는 분동을 포함한 전자저울, 측정불확도 산출을 위한 수온계를 비롯한 온도·습도·기압계, 교정대상 우량계의 설치 운영조건에 대한 관정을 위한 경사도계, 그리고 취득하고자 하는 데이터의 디지털 및 아날로그 입력 기능을 갖는 모터·펌프 제어용 PLC와 데이터 처리장치 등으로 구성되어 있다.



〈그림 1〉 전도형 우량계 현장교정용 표준교정시스템

그림 2는 표준교정절차에 따른 교정시스템의 운영, 데이터 분석 및 저장 기능이 가능하도록 설계된 소프트웨어의 초기화면이며, 자동으로 교정절차에 따라 데이터를 취득하는 기능, 표준교정장치로부터 불확도 계산에 필요한 요소인 질량, 수온, 정수모터의 동작시간, 측정반복 횟수 및 실내의 온도, 습도, 기압 등을 읽어들이 불확도를 계산하는 기능, 불확도의 계산이 완료되면 출력양식에 맞추어 결과를 출력하는 기능, 교정이 진행중이거나 끝난 후 또는 불확도 계산 후에 취득된 데이터를 저장하며 자동으로 파일을 생성시키는 기능이 있으며, 피교정 우량계의 펄스 입력값과 분동을 포함한 정수펌프를 제어하기 위한 PLC의 운영 프로그램을 Ladder로 개발하였다.



〈그림 2〉 표준교정시스템 소프트웨어 초기화면

3. 최고측정능력 분석

전도형 우량계의 강우량 산출을 다음 식과 같이 질량 측정에 의한 표현식으로 나타낼 수 있다. 또한, 우량계의 기준은 200 mm 직경을 갖는 1.0 mm 전도형 우량계를 기준으로 하였으며, y의 단위는 mm 이다.

$$y = (m_1 - m_2) \cdot Bs \cdot \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_b}\right) \cdot \left(\frac{1}{\rho_w - \rho_a}\right) \cdot \frac{40}{\pi D^2}$$

여기서, m_1 : 물 배출전 저울지시값 (g)
 m_2 : 물 배출후 저울지시값 (g)
 Bs : 저울 역감도 ($g/div.$)
 ρ_A : 공기밀도 (g/cm^3)
 ρ_a : 공기밀도 (g/cm^3)
 ρ_b : 표준분동의 밀도 (g/cm^3)
 ρ_w : 물의 밀도 (g/cm^3)

강우량 산출을 위한 함수식에 따라, 각 파라메타에 대한 불확도를 산출하여 합성하도록 다음 식과 같이 합성 표준불확도를 구할 수 있다.

$$u_c^2 = u^2(m_1) + u^2(m_2) + u^2(Bs) + u^2(\rho_a) + u^2(\rho_b) + u^2(\rho_w)$$

여기서, $u(m_1)$: 물 배출전 저울지시값의 불확도
 $u(m_2)$: 물 배출후 저울지시값의 불확도
 $u(Bs)$: 저울 역감도에 따른 불확도
 $u(\rho_a)$: 공기밀도에 따른 불확도
 $u(\rho_b)$: 표준분동 밀도에 따른 불확도
 $u(\rho_w)$: 물의 밀도에 따른 불확도

최고측정능력이란 규정된 시험실 조건 하에서 기 확립된 교정 또는 교정 유형에 대하여 교정기관이 달성할 수 있는 최소의 측정불확도를 말하며, 이에 대한 기준은 국가표준기본법, 동법시행령, 국가교정기관 인정제도운영요령 제15조 인정 및 평가기준의 규정에 의하여 최고측정능력을 산출하고 유지 관리해야 하고, 이를 통하여 국제기준의 교정기관 운영이 가능하도록 인정하고 있다.

따라서, 수자원연구원에서는 국제공인 국가교정기관으로 인정받기 위하여 우량계 표준교정장치에 대한 최고측정능력을 표 1의 불확도 총괄표와 같이 산출하였으며, 확장불확도(U)는 다음과 같다.

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.39 = 0.78 \approx 0.8 \times 10^{-2}$$

〈표 1〉 불확도 총괄표

		1	2	3	4	5	6
입력량 X_i	추정값 x_i		표준불확도 $u(x_i)$	확률분포	감도계수 c_i	불확도기여량 $u_i(q)$	자유도 ν_i
A	m_1	31.415 9 g	0.086 6	직사각형	0.032 0	0.002 8	∞
B	m_2	0 g	0.086 6	직사각형	-0.032 0	-0.002 8	∞
C	B_s	1.000 8	1.631×10^{-4}	직사각형	1.003 5	0.000 16	∞
D	ρ_a	1.174×10^{-3} g/cm ³	1.696×10^{-6}	직사각형	0.882 4	1.50×10^{-6}	∞
E	ρ_b	8 g/cm ³	0.23	직사각형	1.843×10^{-5}	4.24×10^{-6}	∞
F	ρ_w	0.997 5 g/cm ³	6.384×10^{-5}	직사각형	-1.007 9	-6.44×10^{-5}	∞
G	y	1.0 mm				0.39×10^{-2}	∞

4. 우량계 교정결과 분석

2006년도 우량계에 대한 교정 실적은 교정시기가 도래한 우량계 16개소와 인근 우량국과의 우량값의 상이 또는 우량계의 특성 변화 등에 따른 4개소 등, 총 20개소에 대하여 교정을 실시하였다.

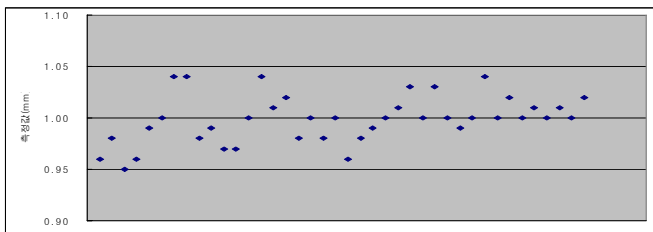
교정된 데이터의 결과는 표 2와 같으며, 기준값 1 mm에 대한 측정값 및 보정값, 신뢰수준 약 95 %, k = 2에서의 측정불확도, 강우강도(mm/h)를 나타내었다.

〈표 2〉 교정 데이터 종합 결과

항목 번호	우량계 (S/N)	측정값 (mm)	측정 불확도	강우강도 (mm/h)	항목 번호	우량계 (S/N)	측정값 (mm)	측정 불확도	강우강도 (mm/h)
1	3231	0.96	2.4×10^{-2}	20.7	11	2345	0.96	0.9×10^{-2}	21.0
		0.98	4.0×10^{-2}	106.1			0.98	1.0×10^{-2}	103.8
2	3032	0.95	1.0×10^{-2}	19.9	12	2346	0.99	1.5×10^{-2}	21.1
		0.96	2.2×10^{-2}	101.3			1.00	1.0×10^{-2}	103.8
3	3230	0.99	1.2×10^{-2}	19.7	13	2344	1.01	1.1×10^{-2}	20.7
		1.00	2.2×10^{-2}	101.0			1.03	1.2×10^{-2}	101.7
4	717	1.04	1.7×10^{-2}	21.4	14	1527	1.00	1.3×10^{-2}	21.9
		1.04	1.3×10^{-2}	109.5			1.03	1.2×10^{-2}	104.0
5	702	0.98	0.9×10^{-2}	20.5	15	1530	1.00	1.3×10^{-2}	20.8
		0.99	0.9×10^{-2}	105.1			0.99	1.3×10^{-2}	98.0
6	2269	0.97	2.1×10^{-2}	19.5	16	1529	1.00	1.2×10^{-2}	21.1
		0.97	2.3×10^{-2}	94.6			1.04	1.2×10^{-2}	92.2
7	2597	1.00	1.9×10^{-2}	18.6	17	1528	1.00	1.0×10^{-2}	21.1
		1.04	2.6×10^{-2}	95.4			1.02	1.1×10^{-2}	88.0
8	2598	1.01	1.2×10^{-2}	20.9	18	2401	1.00	0.9×10^{-2}	20.8
		1.02	2.1×10^{-2}	98.5			1.01	0.9×10^{-2}	105.6
9	7060	0.98	1.7×10^{-2}	20.1	19	2382	1.00	1.0×10^{-2}	25.2
		1.00	1.3×10^{-2}	98.8			1.01	1.0×10^{-2}	103.4
10	7061	0.98	1.5×10^{-2}	20.9	20	2388	1.00	0.8×10^{-2}	25.0
		1.00	1.3×10^{-2}	102.7			1.02	0.9×10^{-2}	105.9

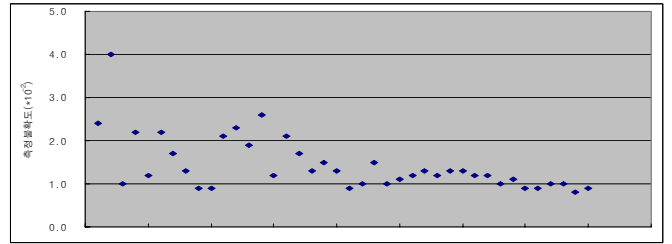
* 기준값은 1.00 mm

그림 3은 버킷량의 기준값에 대한 측정값의 분포도이며, 기준값 1 mm에 대하여 0.95 ~ 1.04 mm까지 다양하게 측정되었으며, 모두 기준인 $\pm 5\%$ 를 만족하는 것으로 나타났다.



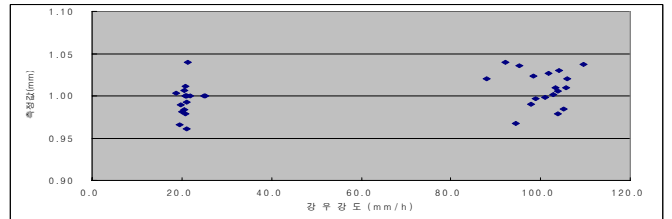
〈그림 3〉 기준값 1 mm에 대한 측정값 분포도

그림 4는 20개소에서 교정한 우량계의 측정불확도의 분포도로써, 우량계 교정시스템이 가지고 있는 최고측정능력이 0.8×10^{-2} 이므로, 교정시 측정불확도는 이 값을 상회하는 값으로 계산되어 지며, 측정값의 표준편차에 따라 그림과 같이 다양한 불확도를 얻었다.



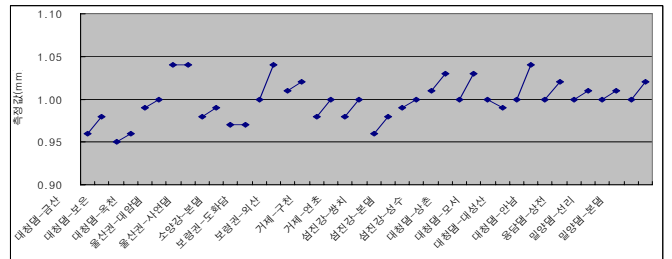
〈그림 4〉 측정불확도 분포도

그림 5는 강우강도 변화에 따른 측정값의 분포도로써 20 mm/h에서는 0.96~1.04 mm가 측정되었으며, 100 mm/h에서는 0.97~1.04 mm가 측정되어 기준값인 1 mm 근처에서 측정되어 지며, 기준인 1 mm의 $\pm 5\%$ 를 만족하는 것을 볼 수가 있다.



〈그림 5〉 강우강도에 따른 측정값의 분포도

그림 6은 강우강도에 변화에 따른 측정값의 변화로써 20 mm/h 강우시와 100 mm/h 강우시의 2점에 대한 분석한 결과이다. 20개소 모두 20 mm 강우시보다 100 mm의 강우시에 더 많은 양이 측정되는 것을 볼 수 있으며, 이는 전도형 우량계의 특징이기도 하다.



〈그림 6〉 강우강도의 변화에 따른 측정값의 변화

5. 결 론

2006년도 교정주기가 도래한 우량계 16개 및 특성 분석이 필요한 우량계 4개 등 총 20개에 대하여 한국수자원공사 수자원연구원에서 개발한 전도형 우량계 표준교정시스템을 이용하여 교정을 실시하였다.

우량계의 교정결과 버킷의 평균값이 기준값 1 mm에 대하여 0.95~1.04 mm까지 다양하게 측정되었으나, 모두 기준인 $\pm 5\%$ 를 만족하는 것으로 나타났다. 또한 전도형 우량계는 강우강도가 강할수록 측정되는 강우량이 많아지는 특성을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 우량계 표준교정시스템을 이용하여 우량계의 교정 및 특성 분석을 통하여 기상 및 수문 관측분야의 기본 데이터인 우량데이터의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 계기를 마련하였다.

[참 고 문 헌]

1. 우덕모(2002), 전도형 우량계의 강우강도별 특성, 한국기상학회지, 38(5), 479-491.
2. 김대원, 이부용(2002), "우량계 개발과 측정 오차", 한국환경과학회지, Vol. 11, No. 10, pp. 1055-1060.
3. 한국교정시험기관인정기구(2004), 측정불확도 추정사례집.
4. 한국표준과학연구원(2005) 불확도 평가 및 표현 사례집.