

강우강도에 따른 전도형 우량계의 오차특성 분석

신강욱*, 홍성택, 이동근
한국수자원공사

The Error Analysis of the Rain-Gauges typed of Tipping Bucket according to Rainfall Intensity

Gang-Wook Shin, Sung-Taek Hong, Dong-Keun Lee
Korea Water Resources Corporation

Abstract - Because the rain gauges of tipping bucket type can easily use the digital signal, the rain gauges are widely used for the meteorological observation. In general, the resolution of rain gauges of tipping bucket type can be categorized by the 0.1mm, 0.5mm, and 1.0mm classes. But, the error of the tipping bucket rain gauges is made by the intensity of rainfalls and is expected to make the standard calibration method for error measurement.

Thus, we developed the hardware of standard calibration facility for rain gauges by weighting measurement method and proposed the standard procedure by rainfall intensity in this study. Also, we calculated the error for the rainfall intensity and obtained useful result through the proposed calibration method.

이 1 mm 쌓였을 때의 양을 측정하기 위하여 물을 담을 수 있는 그릇을 의미한다. 그림 2.1에서와 같이 2개를 직렬로 설치하여 강우량을 담았을 때 계량컵이 자동적으로 기울어져 물이 밖으로 쏟아지고 다시 다른 쪽의 계량컵으로 빗물을 받도록 구성되어 있다. 이와 같이 빗물을 연속적으로 받을 수 있고 기울어진 횡수를 기록계에 나타나도록 한 것이 전도형 우량계의 원리이다.

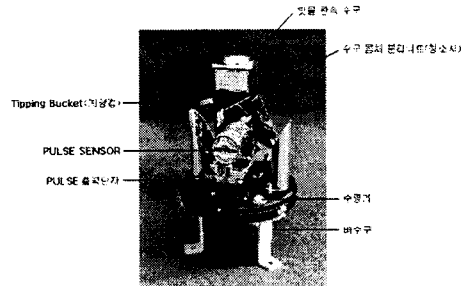


그림 2.1 전도형 우량계

1. 서 론

기상관측을 위한 다양한 분야의 관측장비 가운데 강우량 측정에 사용되는 강우량계는 세계기상기구(WMO)에서 측정방법 및 측정장치에 대하여 기준을 정하여 권고하고 있다. 강우량 측정을 위하여 저수형, 중량형, 로드셀형 등 다양한 종류의 강우량계가 개발되고 있으나, 전도형 우량계의 단순한 측정방법과 신호의 디지털화 적용이 용이함에 따라 가장 널리 사용되고 있다.

전도형 우량계는 분해능에 따라 0.1mm, 0.2mm, 0.5mm, 그리고 1.0mm급으로 분류된다. 기상관측을 위해 0.1mm와 0.2mm 급 우량계가 가장 많이 사용되고 있으나, 저수지관리를 위해 사용되고 있는 우량계는 1.0mm 급을 주로 사용하고 있다. 이러한 정밀도를 갖는 전도형 우량계는 평균 강우강도에 따른 오차를 최소화하도록 선정되나 정확한 강우강도에 따른 오차 인자를 구하기가 쉽지 않다. 이는 강우강도에 따라 전도 관성이 달라져서 전도에 따른 강우손실이 발생되기 때문이다.

따라서, 본 연구에서는 표준교정장치를 이용하여, 1.0mm 전도형 우량계에 대하여 강우강도를 60, 100, 180 mm/h로 변경하여 이에 따른 오차특성을 분석하고자 한다.

2. 전도형 우량계

강우량은 일정한 면적에 빗물이 쌓인 높이를 의미하며, 이 높이를 일정한 용기로 간단히 측정할 수 있도록 제작한 것이 우량계이다. 이러한 강우량을 측정하는 우량계 중 전도형 우량계의 구조는 그림 2.1과 같이 빗물을 수집하는 실린더의 수수구와 측정용 계량컵, 그리고 접점신호를 생성하는 펄스 센서 등으로 이루어져 있다. 실린더의 수수구는 직경이 200mm 인 것을 가장 많이 사용하고 있으며, 계량컵은 수수구 직경의 면적에 빗물

3. 우량계 표준교정장치

3.1 구성 및 기능

본 연구에서 사용한 우량계 표준교정장치는 그림 3.1과 같으며, 주요 구성 요소로는 교정대상 우량계에 공급되는 물을 저장하고 질량을 측정하는 수조와 정밀저울과 감도분동, 임의의 강우강도에 따라 물의 양을 자동으로 조절하는 정속 펌프와 제어기, 환경 인자를 측정하는 온도도 습도 및 기압센서, 그리고 데이터 측정을 총괄하는 PC급 데이터 취득장치로 이루어져 있다.

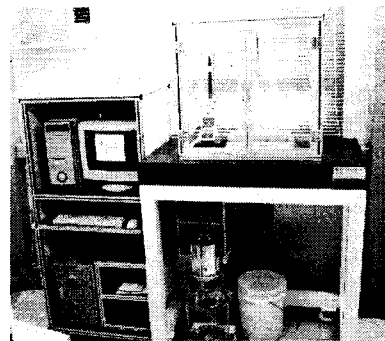


그림 3.1 우량계 표준교정장치

3.2 교정원리

우량계를 교정하는 방법은 일반적으로 계량컵에서 쏟아진 물을 우량측정 실린더로부터 부피를 측정하여 강우

표 4.1에서 측정값에 대한 1회당 버킷의 강우량을 구하기 위하여 식 (1)에 다음 값을 적용하여 구하면, 첫 번째 전도 강우량은 0.933 mm 임을 알 수 있다.

- m_1 : 4892.7 g
- m_2 : 4863.5 g
- S : 1.0008072 g/div.
- ρ_A : 0.0011682 g/cm³
- ρ_b : 8.0 g/cm³
- ρ_w : 0.99796 g/cm³
- ρ_o : 0.0011729 g/cm³
- t : 22.2 °C
- D : 20 cm

이와 같이 회당 강우량을 계산하면 표의 우측상단 부분의 값이 된다. 그리고, 측정에 대한 강우 강도는 강우 지속시간 19분 16초와 전체 강우량 19.9588 mm를 이용하여 1 시간동안의 강우량을 산출하면 19.9588 mm × 60 분 / 19.27 분 = 62.14 mm/hr 임을 알 수 있다.

위 계산값을 통하여 버킷당 평균 강우량은 0.9979 mm 임을 알 수 있으며 계량컵의 보정량은 -0.021 mm 로서 오차값은 $-0.021/1 \times 100 \% = -0.21 \%$ 임을 알 수 있다.

표 4.2 1.0mm 우량계 시험 데이터(100mm/h)

순서	분류	시각	물위높이	물위	시각	물위높이	물위	강우량	Air density	Water density	Falling time (sec)
1	1	09:51	11.9130	34	09:52	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
2	1	09:52	11.9130	34	09:53	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
3	1	09:53	11.9130	34	09:54	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
4	1	09:54	11.9130	34	09:55	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
5	1	09:55	11.9130	34	09:56	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
6	1	09:56	11.9130	34	09:57	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
7	1	09:57	11.9130	34	09:58	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
8	1	09:58	11.9130	34	09:59	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
9	1	09:59	11.9130	34	10:00	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
10	1	10:00	11.9130	34	10:01	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
11	1	10:01	11.9130	34	10:02	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
12	1	10:02	11.9130	34	10:03	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
13	1	10:03	11.9130	34	10:04	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
14	1	10:04	11.9130	34	10:05	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
15	1	10:05	11.9130	34	10:06	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
16	1	10:06	11.9130	34	10:07	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
17	1	10:07	11.9130	34	10:08	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
18	1	10:08	11.9130	34	10:09	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
19	1	10:09	11.9130	34	10:10	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
20	1	10:10	11.9130	34	10:11	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
21	1	10:11	11.9130	34	10:12	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
22	1	10:12	11.9130	34	10:13	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
23	1	10:13	11.9130	34	10:14	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
24	1	10:14	11.9130	34	10:15	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
25	1	10:15	11.9130	34	10:16	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
26	1	10:16	11.9130	34	10:17	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
27	1	10:17	11.9130	34	10:18	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
28	1	10:18	11.9130	34	10:19	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
29	1	10:19	11.9130	34	10:20	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
30	1	10:20	11.9130	34	10:21	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
31	1	10:21	11.9130	34	10:22	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
32	1	10:22	11.9130	34	10:23	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
33	1	10:23	11.9130	34	10:24	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
34	1	10:24	11.9130	34	10:25	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
35	1	10:25	11.9130	34	10:26	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
36	1	10:26	11.9130	34	10:27	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
37	1	10:27	11.9130	34	10:28	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
38	1	10:28	11.9130	34	10:29	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
39	1	10:29	11.9130	34	10:30	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
40	1	10:30	11.9130	34	10:31	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
41	1	10:31	11.9130	34	10:32	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
42	1	10:32	11.9130	34	10:33	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
43	1	10:33	11.9130	34	10:34	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
44	1	10:34	11.9130	34	10:35	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
45	1	10:35	11.9130	34	10:36	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
46	1	10:36	11.9130	34	10:37	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
47	1	10:37	11.9130	34	10:38	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
48	1	10:38	11.9130	34	10:39	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
49	1	10:39	11.9130	34	10:40	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
50	1	10:40	11.9130	34	10:41	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
51	1	10:41	11.9130	34	10:42	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
52	1	10:42	11.9130	34	10:43	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
53	1	10:43	11.9130	34	10:44	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
54	1	10:44	11.9130	34	10:45	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
55	1	10:45	11.9130	34	10:46	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
56	1	10:46	11.9130	34	10:47	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
57	1	10:47	11.9130	34	10:48	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
58	1	10:48	11.9130	34	10:49	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
59	1	10:49	11.9130	34	10:50	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
60	1	10:50	11.9130	34	10:51	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
61	1	10:51	11.9130	34	10:52	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
62	1	10:52	11.9130	34	10:53	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
63	1	10:53	11.9130	34	10:54	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
64	1	10:54	11.9130	34	10:55	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
65	1	10:55	11.9130	34	10:56	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
66	1	10:56	11.9130	34	10:57	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
67	1	10:57	11.9130	34	10:58	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
68	1	10:58	11.9130	34	10:59	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
69	1	10:59	11.9130	34	11:00	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
70	1	11:00	11.9130	34	11:01	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
71	1	11:01	11.9130	34	11:02	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
72	1	11:02	11.9130	34	11:03	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
73	1	11:03	11.9130	34	11:04	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
74	1	11:04	11.9130	34	11:05	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
75	1	11:05	11.9130	34	11:06	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
76	1	11:06	11.9130	34	11:07	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
77	1	11:07	11.9130	34	11:08	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
78	1	11:08	11.9130	34	11:09	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
79	1	11:09	11.9130	34	11:10	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
80	1	11:10	11.9130	34	11:11	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
81	1	11:11	11.9130	34	11:12	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
82	1	11:12	11.9130	34	11:13	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
83	1	11:13	11.9130	34	11:14	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
84	1	11:14	11.9130	34	11:15	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
85	1	11:15	11.9130	34	11:16	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
86	1	11:16	11.9130	34	11:17	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
87	1	11:17	11.9130	34	11:18	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
88	1	11:18	11.9130	34	11:19	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
89	1	11:19	11.9130	34	11:20	11.9130	34	0.0000	1.2011682	0.9979600	0.9330000
90	1	11:20	11.9130	34	11:21	11.9130					