

# 수위계 표준시험장치 개발 및 최고측정능력에 관한 연구

## Best Measurement Capability and Standard Test Facility for the Water-level Gauges

신강욱\*, 홍성택  
(Gang-Wook Shin and Sung-Taek Hong)

**Abstract** : Rain data and water-level data are importantly used for dam operation at flood period. Because dams are directly controlled by the water-level data, the characteristic of the water-level gauges is necessary to be managed. Thus, we developed the standard test facility and method for testing the water-level gauges which are a float type, a supersonic type and a radar type. And we calculated the uncertainty of the standard test facility to maintain the accuracy of water-level gauges. Through development of this facility, we could obtain the characteristics and the calibration factor of the water-level gauges. And, this study showed that the standard test facility can be widely used for dam operation and basin management.

**Keywords** : water-level gauges, standard test facility, dam operation, uncertainty

### I. 서론

홍수기를 비롯한 평상시의 댐 운영에 가장 중요한 자료로 활용되고 있는 것은 강우와 수위 데이터이며, 우리나라에서 수문관측 시설물을 설치·운영 중인 주요기관으로는 한국수자원공사를 비롯한 건설교통부, 행정자치부, 기상청 등으로 우량관측국은 약 3,000여 개소, 수위관측국은 약 600여 개소에 이른다[1].

이러한 수문관측국에서 관측된 자료는 국가의 모든 이·치수계획, 설계, 운영 그리고 홍수에경보 등에 필요한 수자원 기초조사로서 매우 중요하게 활용되고 있다. 지금까지 수자원 기초자료의 신뢰성 제고를 위하여 우량계에 대한 품질관리를 위한 표준교정시스템 개발과 수위계의 형식과 품질기준에 대한 연구가 진행되고 있다[2-4].

수자원관리를 위하여 수위 데이터에 대한 실시간 자료 확보와 신뢰성 있는 데이터가 필요하나, 현재 운영되고 있는 댐 상하류의 수위계는 한번 설치되면 검정이나 보정 등의 신뢰성 확보를 위한 노력이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 댐 운영에 가장 많이 사용되고 있는 부자식, 초음파식, 레이더식 수위계에 대한 시험이 가능하도록 수위계 표준 시험장치와 표준 시험절차를 개발하였다.

개발된 수위계 표준시험장치의 측정능력을 제시하기 위하여 표준시험장치의 구성을 이루는 하드웨어 및 소프트웨어의 불확도 인자를 도출하여 최고측정능력을 분석하여 불확도 측정 총괄표를 제시하였다.

이를 바탕으로 댐 운영에 중요한 데이터로 활용되고 있는 수위데이터의 신뢰성 있는 자료 확보와 일관성 있는 자료관리가 가능하도록 품질관리 기반을 구축하였다.

### II. 수위계

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 4. 10., 채택확정 : 2007. 8. 7.

신강욱, 홍성택 : 한국수자원공사 수자원연구원

(gwshin@kwater.or.kr/sthong@kwater.or.kr)

### 1. 수위계의 분류

수위계는 크게 운영방식과 측정방식으로 분류할 수 있으며, 운영방식 측면에서 살펴보면 연중 수위를 계속하여 관측하는 자기 수위계와 보통 수위계(수위표)가 있고, 홍수 등 특정 시기에 수위를 관측하는 보조 수위계가 있다.

보통 수위계는 기둥을 세우고 여기에 눈금판을 부착하여 고정하거나, 교량의 교각 또는 교대 등에 눈금판을 색인하며, 눈금판의 눈금단위는 1cm로 한다.

자기 수위계는 견고한 기초위에 설치하거나 교량의 교각 등에 매달아 설치하며, 자기 수위계 기기가 설치되어 있는 주요부는 최대 홍수위 발생시에도 침수되지 않는 높이로 설치하고, 기록부의 눈금 단위는 1cm로 한다.

측정방식에 의하여 분류하면 직접 눈금을 읽을 수 있는 직독식과 Float의 부력에 의한 부자식, 대기압이나 공기압을 이용하는 압력식, 전기적인 성질을 이용하는 전자식, 음파 및 초음파를 이용하는 초음파식, 방사선을 이용하는 방사선식, 마이크로웨이를 이용하는 마이크로 웨이브식 및 레이더를 매개체로 하는 레이더식 등이 있다[5].

수문관측용으로 가장 많이 사용되고 있는 수위계는 플로트의 부력을 이용한 부자식 수위계로서 가장 안정적인 데이터를 얻을 수 있는 장점이 있으나, 구조물 구축에 따른 경제적 비용 문제로 인한 경제성 측면에서는 단점을 가지고 있다.

### 2. 수위계의 종류 및 특징

#### 2.1 부자식

가장 역사가 오래된 수위계로 수면에 플로트를 뜨게 해서 그 위치로부터 수면을 측정하는 간단한 원리로 가장 신뢰성이 있는 수위계로 간주되고 있고 가장 사용이 많이 되는 수위계이나 측정 대상 유체가 점착성이 있거나 점도가 높고, 부식성이 높은 액체의 경우 오차가 발생할 우려가 높은 것이 단점이다. 또한 온도 및 압력에 영향을 많이 받는다. 그러나 가격은 매우 저렴하여 많이 적용되고 있다.

부자식 수위계의 구성은 부자를 수면에 띄워 부자와 추

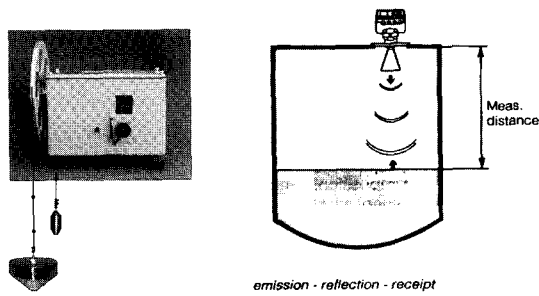


그림 1. 부자식 및 레이더식 수위계.  
Fig. 1. Float & radar water level gauges.

(카운터-웨이트)를 줄로 연결하여 그 줄을 휠에 건다. 수면의 상승과 하강으로 부자가 상승 또는 하강함에 따라서 휠이 회전하여 수위가 기록된다. 주요부분은 부자, 와이어, 추, 부자를 걸 휠 축, 그리고 수위를 기록하는 펜, 자기지지계로 구성된다. 일반적으로 디지털기록 또는 텔레미터를 위해 A/D변환기를 부착하여 사용한다.

2.2 초음파식

초음파가 센서로부터 발사되어 측정 표면으로부터 반사되어 오는 시간을 측정하여 수위를 측정하는 원리를 이용한 것으로 비접촉식으로 수위를 측정한다는 장점 때문에 초음파식의 사용은 급격히 증가하였다. 그러나 온도, 압력의 영향을 많이 받는 편이며 다른 수위계에 비하여 고가이다. 또한 액체가 점착성이 있는 경우에 액체 수증기가 초음파 센서에 부착되게 되면 오차가 발생한다. 또한 초음파의 경로의 어떠한 방해물이 있어서도 안 된다는 단점이 있다.

초음파 송수신기를 수면의 연직상방에 달아 초음파가 수면에 부딪쳐 되돌아올 때까지의 시간을 측정하며, 수면과 초음파 송수신기와의 거리를 측정하는 것으로 수면과는 전혀 접촉하지 않는다.

3.3 레이더식

레이더식 수위계는 비접촉식 방식으로 연속적인 계측을 위해 사용한다. 계측거리는 계측 대상물의 수위에 따라 수위로 환산 표시된다. 계측원리는 레이더 신호가 레이더 센서의 안테나에서 짧은 펄스의 형태로 발사된다. 이 레이더 임펄스는 주위의 물체 또는 계측대상에 부딪혀 레이더 에코로 안테나에 수신된다. 레이더 임펄스의 발사와 수신간 시간차는 거리에 비례하므로 이를 이용하여 수위를 계측할 수 있다.

레이더식 수위계의 장점은 외부 환경 영향 즉 온도, 압력, 대기상태, 공기 등에 거의 영향을 받지 않는다는 점이다.

III. 수위계 표준시험장치

1. 표준시험장치 개요

본 연구에서는 접촉식 수위계인 부자식 수위계와 비접촉식 수위계인 초음파식 및 레이더식 수위계를 대상으로 시험할 수 있도록 표준시험장치를 개발하였다.

레이저거리측정기(EDM: Electro-optic Distance Meter)를 이용하여 대상 수위계의 지시값을 상호 비교하는 방법을 제안하여 다음 그림 2와 같이 구성하였다.

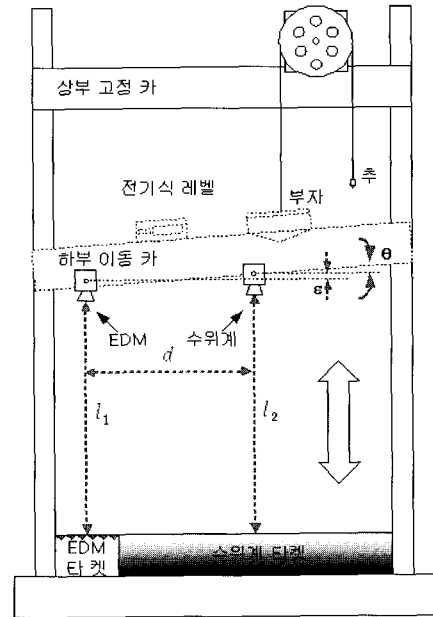


그림 2. 수위계 표준시험장치의 개략도.  
Fig. 2. Diagram of standard test facility for water level gauges.

그림에서 알 수 있는바와 같이 부자식 수위계를 시험할 경우 수위계의 폴리를 운반할 수 있는 상부 리프트와 부자를 이동할 수 있는 리프트로 구성되어 있다. 부자와 같은 리프트에 설치된 레이저거리측정기와 경사도계를 이용하여 리프트의 이동에 따른 EDM의 지시값과 부자식 수위계의 지시값을 비교하고 경사도계의 값은 리프트의 기울어짐 효과를 보정하기 위하여 사용된다.

비접촉식 수위계인 초음파식과 레이더식 수위계에 대한 표준시험장치 구성은 그림과 같이 EDM을 대상 수위계와 함께 리프트에 설치한 후, 리프트를 수직으로 이동시키면서 대상 수위계와 EDM의 지시값을 동시에 읽어 비교함으로써 시험하도록 구성하였다.

EDM과 수위계의 기준 높이를 정확히 일치시키고, EDM의 타겟(target)과 물의 높이를 정확히 일치시켜야한다는 어려움이 있으나, 비접촉식 수위계의 경우에 있어서 접촉식과 같이 물의 수위를 변화시키는 대신, 수위계를 이송시키는 방법으로 수위가 변하는 효과를 얻도록 구성하였다.

이동 리프트가 상하 운동을 하면서 기울어질 수 있는 현상이 발생할 경우 EDM과 수위계의 기준 높이를 정확히 일치시키기 위하여 전기식 레벨을 설치하여 이동시 발생하는 경사각에 따른 측정오차를 보정하도록 하였다.

리프트가 이송 중에 경사각이  $\theta$  인 경우, 그림 2와 같이, 수위계는  $\epsilon$  만큼 더 큰 값을 측정하는 오류를 발생하게 된다. EDM과 수위계의 중심 거리를  $d$ 라고 하면, 이 측정 오차는

$$\epsilon = d \times \tan \theta \tag{1}$$

이며, 수위계의 지시값  $l_2$  에 대한 보정값  $b$  는 다음과 같이 구한다.

$$b = (l_1 + \epsilon) - l_2 \tag{2}$$

(2)에 (1)을 대입하여 정리하면

$$b = l_1 + d \times \tan \theta - l_2 \quad (3)$$

여기서,  $b$  : 보정값(m)

$l_1$  : EDM의 지시값(m)

$d$  : EDM과 피교정수위계와의 거리(m)

$\theta$  : EDM과 피교정수위계와의 기울기( $^\circ$ ),  
수위계가 EDM보다 높을 때 (+)임

$l_2$  : 수위계의 지시값(m)

2. 하드웨어의 구성 및 기능

2.1 하드웨어 구성

본 연구에서 개발한 수위계 표준시험장치의 주요 구성요소는 시험대상 수위계와 기준 거리 측정기인 EDM과 EDM 타켓, 수위계의 타켓 기능을 하기 위한 수조, 시험장치의 환경을 측정할 수 있는 온습도계, 리프트의 경사도를 측정하는 레벨계, EDM과 피교정 수위계의 거리를 측정하기 위한 끝은자, 측정장비를 싣고 상하로 이동할 수 있는 두개의 리프트와 상하 이동속도를 조절할 수 있는 인버터가 채용된 모터, 리프트의 상하 이동을 제어하는 제어판넬과 PLC, 데이터 측정을 총괄하는 PC급 데이터 취득 장치로 이루어져 있다.

이들 장비를 이용하여 교정대상 수위계에 대하여 다양한 지점에서의 정확도 산출이 가능하도록 수위 측정 거리의 가변성과 안정적 제어 특성을 갖는 시스템을 특징으로 한다.

① 수위계 표준시험장치 타워 및 리프트

교정설비에 있어서 주요 구성품의 세부 사양은 다음과 같다.

(a) 시험장치용 타워 리프트

- 크기 : 25,000mm×1,800mm×1,900mm
- 재질 : SS41(H-beam)
- Roller
- Main rope

(b) 리프트 프레임

- 크기 : 1,800mm×1,200mm×5T
- 재질 : SS41

(c) 리프트

- 크기 : 상 - 1,320mm×900mm×75mm  
하 - 1,320mm×1,600mm×75mm
- 재질 : 스테인레스

(d) 시험용 수조

- 크기 : 1,600mm×1,600mm×700mm
- 재질 : SS41

② 레이저거리측정기(EDM)

레이저 측정기는 수위계 교정시 길이에 대한 기준기로서의 역할을 수행함으로써 교정대상 수위계의 오차 및 불확도 산출을 가능하게 한다. 측정은 망원경부와 거리측정부로 나눌 수 있으며, 측정범위는 일반 표면에서는 0.1~30m, 반사판 이용시에는 100m 이상이며, 정밀도는 ±2mm, 분해능은 0.1mm 이다. EDM의 외관은 그림 3과 같다.

③ 경사도계

교정대상 수위계와 EDM 사이의 기울기 각을 측정하여

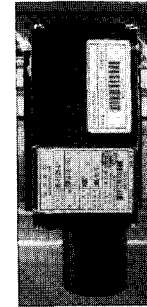


그림 3. 레이저거리측정기.

Fig. 3. EDM(Electro-optic Distance Meter).

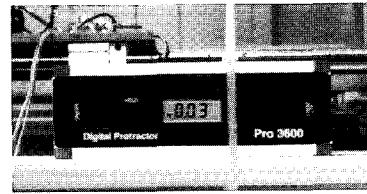


그림 4. 경사도계.

Fig. 4. Electronic Inclinometer.

교정 대상 수위계가 목표물과의 거리에 대한 오차 각을 보상해 줌으로서 측정불확도 산출을 가능하게 한다.

측정범위는 0~360 $^\circ$ 이며, 분해능은 최대 0.01 $^\circ$ , 정확도는 최대 ±0.05이다. 레벨계의 외형은 그림 4와 같다.

④ 강철자

교정 대상 수위계와 EDM과의 거리를 측정하여 교정 대상 수위계가 목표물과의 거리를 보상해 줌으로서 측정불확도 산출을 가능하게 한다.

- 측정범위 : 0~1,000mm
- 분해능 : 0.5mm

⑤ PLC

수위계 표준시험장치의 리프트의 높이 조정 및 수위계에 서 발생하는 데이터를 처리하고, 모터 등을 제어하기 위하여 LS사의 GLOFA GM4를 사용하였다.

⑥ 인버터 및 모터

리프트의 상하 이동 속도를 미세하게 조절할 수 있도록 LS사의 SV008iG5A-2 인버터를 사용하였다.

모터는 리프트를 상하로 움직이게 하는 장비로 정방향 회전 및 역방향 회전을 할 수 있는 형태로 삼양사의 모터를 사용하였다.

2.2 기능

표준시험장치가 갖추어야 할 주요 기능으로는 리프트를 원하는 위치로 이동시키고 정지 시킬 수 있는 기능, 리프트가 원하는 위치에 정지하여 EDM, 피교정 수위계, 경사도계, 환경측정 센서 등을 설치하여 데이터를 송수신할 수 있는 기능, 표준시험장치로부터 EDM, 피교정 수위계, 경사도계, 환경측정 센서 등을 읽어 시험대상 수위계에 대한 측정 불확도를 계산하는 기능을 갖는다.

그림 5는 본 연구에서 개발한 수위계 표준시험장치의 전체 구성을 나타낸다.

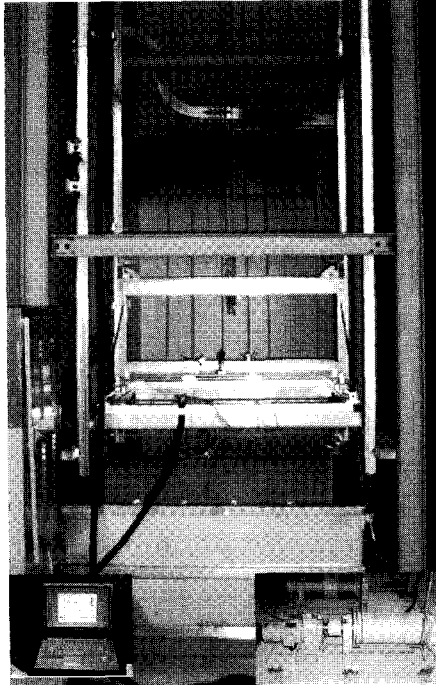


그림 5. 수위계 표준시험장치.  
Fig. 5. Standard test facility for water level gauges.

3. 소프트웨어 구성

수위계 표준시험장치를 운영하기 위한 소프트웨어는 마이크로소프트 Visual Studio.Net 2003 Enterprise Developer 를 이용하여 작성되었으며, 세부적인 소프트웨어의 기능은 자동으로 시험절차에 따라 데이터를 취득하는 기능과 표준시험장치로부터 불확도 계산에 필요한 요소인 EDM, 피교정 수위계, 레벨계, 환경측정 센서 등을 읽어 들여 불확도를 계산하는 기능, 그리고 불확도의 계산이 완료되면 출력양식에 맞추어 결과를 출력하는 기능, 그리고 시험이 진행중이거나 끝난 후 또는 불확도 계산 후에 취득된 데이터를 저장하며 자동으로 파일을 생성시키는 기능이 있으며, 소프트웨어의 초기화면은 그림 6과 같다.

또한, 피교정 수위계의 수위값과 리프트를 제어하기 위한 PLC의 운영 프로그램을 Ladder로 개발하였다.

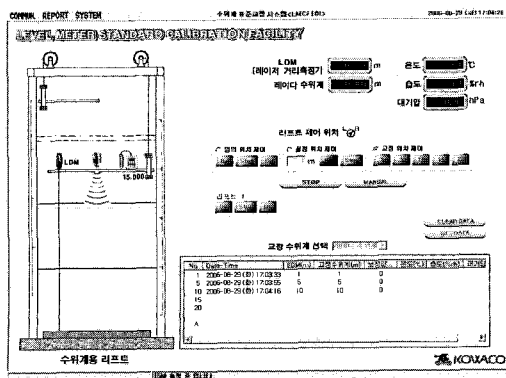


그림 6. 표준시험장치 초기화면.  
Fig. 6. The initial screen of standard test facility.

4. 시험절차

본 연구에서 개발된 표준시험장치를 이용한 수위계의 표준시험 방법에 대한 전체 흐름도는 그림 7과 같다. 그림의 절차에 의한 시험을 위해서는 표준시험장치의 하드웨어 사전 준비사항과 운영프로그램 고려사항이 요구되며 다음과 같은 사항이 유지되어야 한다.

4.1 수위계 시험을 위한 준비단계

① 대상 수위계의 형식(레이다식, 초음파식, 부자식)에 맞게 수위계를 설치하고, 시험프로그램을 실행시킨 후, 설치한 형식의 수위계를 선택한다.

② 상부 리프트를 타워의 최상단으로 이동시키고, 수조에 물을 채운 후 시험장치의 정 가운데로 정위치시킨다. 이때 리프트 및 수조의 물이 안정될 수 있도록 약 1~2분을 기다린다.

4.2 운영프로그램 고려사항

운영프로그램에서는 각 측정지점에 리프트가 도착하여 정지한 후 리프트가 안정화되기까지 약 2분 정도 기다린 후, 각 항목에 대해서 측정을 시작하며, 각 항목의 측정값

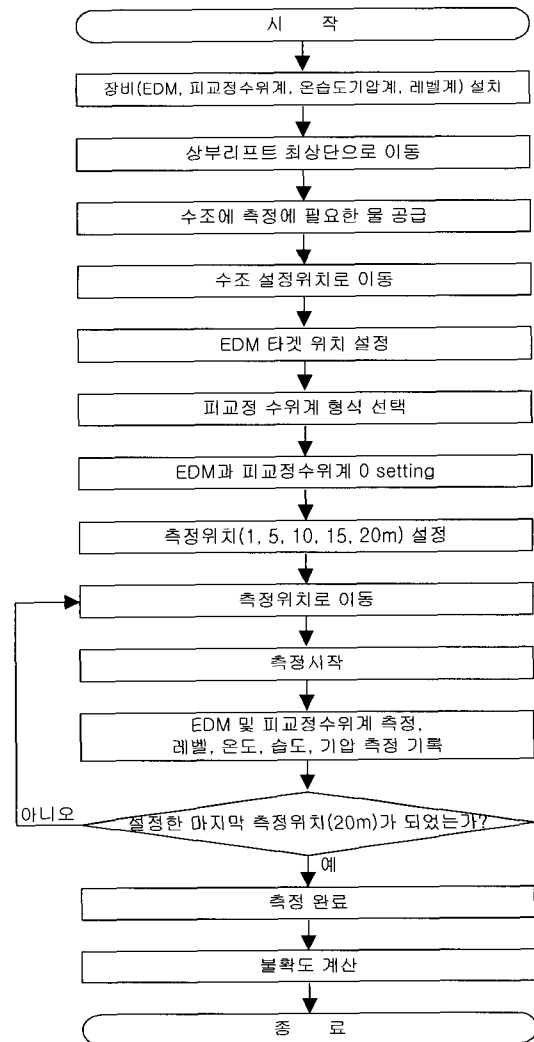


그림 7. 수위계 표준시험 알고리즘.  
Fig. 7. Standard test algorithm for water level gauges.

은 30초 정도의 측정값을 평균하여 취득한다. 각 측정지점에서 30초 간격으로 5번의 데이터를 측정하여 기록한다.

4.3 시험절차

- ① EDM 및 수위계, 레벨계 등을 리프트에 설치한다.
- ② 측정할 높이를 1m, 5m, 10m, 15m, 20m로 설정한다.
- ③ 측정할 높이 1m로 이동하여 리프트 및 장비들이 안정화되기까지 약 2분 정도를 기다린 후, EDM과 수위계로부터 각각의 타켓과의 거리를 측정하며, 레벨, 온도, 습도, 기압을 측정하여 기록한다. 30초 간격으로 5번 반복한다.
- ④ 다음 측정위치로 이동하여 ③항을 반복한다.
- ⑤ 설정한 높이 이외의 임의의 위치에서 측정하고 싶으면 임의의 위치로 리프트를 이동시킨 후, ③항을 반복한다.
- ⑥ 마지막 측정위치에서 측정이 끝났으면 리프트를 맨 아래로 내린 후 측정 불확도를 계산한 후 시험을 종료한다.

IV. 최고측정능력 분석

최고측정능력이란 규정된 시험실 조건하에서 기 확립된 교정 또는 교정 유형에 대하여 교정기관이 달성할 수 있는 최소의 측정불확도를 말한다[6-8].

수위계 표준시험장치의 표준불확도 계산을 위한 모델식은 (3)이며, 불확도 전파법칙에 따라 이의 합성 표준불확도는 다음 (4)와 같이 주어진다.

$$u_c(b) = \sqrt{\left(\frac{\partial b}{\partial l_1} u(l_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial b}{\partial d} u(d)\right)^2 + \left(\frac{\partial b}{\partial \theta} u(\theta)\right)^2 + \left(\frac{\partial b}{\partial l_2} u(l_2)\right)^2} \quad (4)$$

여기서,  $u(l_1)$ : EDM의 지시값 (m)에 따른 불확도

$u(d)$ : EDM과 피교정수위계와의 거리에 따른 불확도

$u(\theta)$ : EDM과 피교정수위계와의 기울기에 따른 불확도

$u(l_2)$ : 수위계의 지시값 (m)에 따른 불확도

각 불확도 성분의 표준불확도, 감도계수, 불확도 기여량 및 자유도를 계산하면 표 1의 불확도 총괄표와 같다. 불확도 총괄표의 합성불확도( $u_c$ )는 다음 (5)를 이용하여 구할 수 있다.

표 1. 불확도 총괄표.  
Table 1. Uncertainty table.

		1	2	3	4	5	6
	입력량 $X_i$	추정값 $x_i$	표준 불확도 $u(x_i)$	확률 분포	감도 계수 $c_i$	불확도 기여량 $u_i(y)$	자유도 $\nu_i$
A	$l_1$	0.849m	0.759	정규	1.0	0.759	$\infty$
B	$d$	0.725m	0.297	t	0.005	0.001 49	$\infty$
C	$\theta$	0°	0.001	정규	725.02	0.725	$\infty$
D	$l_2$	1.445m	0.913	t	-1.0	0.913	$\infty$
E	$b$					1.391	$\infty$

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial b}{\partial l_1}\right)^2 \cdot u^2(l_1) + \left(\frac{\partial b}{\partial d}\right)^2 \cdot u^2(d) + \left(\frac{\partial b}{\partial \theta}\right)^2 \cdot u^2(\theta) + \left(\frac{\partial b}{\partial l_2}\right)^2 \cdot u^2(l_2)} \quad (5)$$

$$= \sqrt{0.759^2 + 0.001\ 49^2 + 0.725^2 + 0.913^2}$$

$$= 1.391\text{mm}$$

또한  $u_c$ 의 유효자유도는 합성표준불확도가 교정결과의 표준편차를 얼마나 잘 추정하는가를 나타내는 것으로써 (6)의 Welch-Satterthwaite 공식을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(c)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(c)}{\nu_i}} \quad (6)$$

$$= \frac{1.391^4}{\frac{0.759^4}{\infty} + \frac{0.001\ 49^4}{\infty} + \frac{0.725^4}{\infty} + \frac{0.913^4}{\infty}}$$

$$= \infty$$

여기서, 포함인자는 유효자유도가  $\infty$ 이므로 신뢰수준 95%일 때  $k=2$ 를 적용하며, 합성불확도에 포함인자를 곱하여 확장불확도( $U$ )를 구하면 다음과 같다.

$$U = k \times u_c = 2 \times 1.391 = 2.782 \approx 3\text{mm}$$

V. 특성시험

본 연구에서 개발된 수위계 표준시험장치를 이용하여 수위 변화에 따른 특성시험을 실시하여 수위에 따른 보정값과 불확도를 각각 산출하였다. 특성시험에 사용된 대상 수위계는 레이더식 수위계를 선정하였으며, 이 수위계의 특징은 VEGA사의 VEGAPLUS 62 모델 장비로서 측정범위 0~30m, 정밀도  $\pm 3\text{mm}$ , 송신주파수는 26GHz의 K-대역이며 신호출력은 4.20mA와 데이터 전송이 가능한 방식이다.

특성시험을 위하여 7개 측정지점을 선정하여 실시하였으며 기준값이 되는 EDM과 대상 수위계인 레이더식 수위계를 같은 리프트에 설치하여 수직으로 이동하면서 측정하였다. EDM과 레이더식 수위계의 초기값은 최초 측정값을 기준으로 하였으며, 이동하면서 측정된 값의 차에 의하여 이동된 거리로 환산하여 비교하였다. 그리고 경사도계와 자를 이용하여 EDM과 레이서식 수위계의 수평 보정값을 계산하였다. 이를 이용하여 측정범위에서 -5mm부터 11mm까지의 보정값을 얻었다.

또한, 전체 범위에서의 확장불확도는 신뢰수준 약 95%에서 3mm 임을 알 수 있었다.

다음 표 2와 같이 측정된 데이터를 이용하여 보정값을 산출한 결과를 그래프로 나타내면 그림 8과 같으며, 보정값은 측정 높이가 증가함에 따라 커지는 것을 알 수 있다. 그러나 높이에 따른 보정값이 선형적이지 않지만 확장불확도 3mm를 고려하면 전체범위에서 단조 증가한다고 분석할 수 있다.

표 2. 측정데이터.

Table 2. Measured data.

측정 번호	경사도계 평균값 (°)	EDM 평균값 (m)	수위계 평균값 (m)	기준설정후 EDM 값(1) (m)	기준설정후 수위계값(2) (m)	보정값 (B) (mm)	지시값 (m)
0		0.354	0.946				
1	0.010	0.849	1.445	0.495	0.499	-5	1.441
2	-0.230	3.002	3.593	2.648	2.647	-2	3.594
3	-0.170	4.847	5.440	4.493	4.494	-3	5.439
4	-0.050	7.007	7.597	6.653	6.651	2	7.599
5	-0.250	10.018	10.607	9.664	9.661	0	10.610
6	0.060	12.757	13.342	12.403	12.396	8	13.349
7	-0.040	14.926	15.491	14.572	14.545	11	15.503

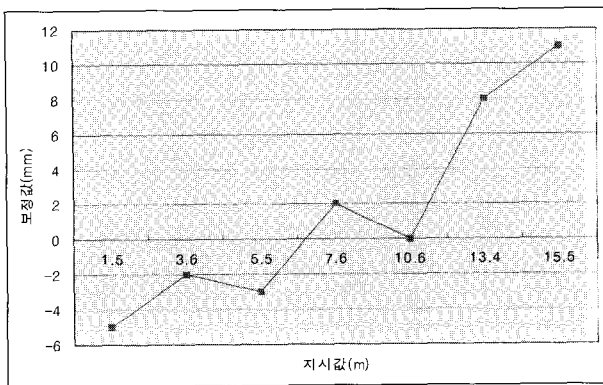


그림 8. 보정값.

Fig. 8. Calibration factor.

**VI. 결론**

본 연구에서는 수위 데이터에 대한 실시간 자료확보와 신뢰성 있는 데이터가 필요한 현실을 고려하여 댐 운영에

가장 많이 사용되고 있는 부자식, 초음파식, 그리고 레이더식 수위계에 대한 특성시험이 가능한 표준시험장치를 개발하였다. 또한, 표준시험장치의 운영 일관성을 확보하기 위한 표준시험절차를 개발하였으며, 표준시험장치의 최고측정능력을 산출하여 표 1에서와 같이 합성불확도와 확장불확도를 각각 1.391mm, 3mm를 얻었다.

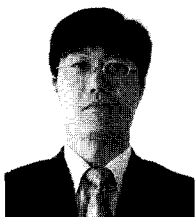
개발한 표준시험장치를 이용하여 레이더식 수위계에 대하여 특성시험을 실시한 결과 측정거리에 따른 확장불확도를 산출함으로써 레이더식 수위계의 거리에 따른 보정값을 얻을 수 있었다.

향후 본 연구에서 개발한 표준시험장치 및 절차를 국제 표준인 ISO/IEC 17025의 적합성을 인정받아 국제공인 국가 교정기관의 표준교정시스템으로 확대 발전시키고자 한다.

**참고문헌**

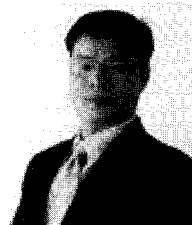
- [1] 건설교통부, “수문관측매뉴얼,” 2004.
- [2] 신강욱, 홍성택, “질량측정에 의한 우량계 표준교정시스템 개발,” 제어·자동화·시스템공학 논문지, vol. 12, no. 8, pp. 818-823, 2006.
- [3] 한국수자원공사, “수자원기초자료 신뢰도 제고를 위한 수위계 및 우량계 검보정 방안 연구(1차년도),” 2000.
- [4] 한국수자원공사, “수자원기초자료 신뢰도 제고를 위한 수위계 및 우량계 검보정 방안 연구(2차년도),” 2001.
- [5] Robert G. Skrentner, “Instrumentation Handbook for water & wastewater treatment plants,” Lewis Pub., 1988.
- [6] 한국교정시험기관인정기구, “측정불확도 추정사례집,” 2004.
- [7] 한국표준과학연구원, “불확도 평가 및 표현 사례집,” 2005.
- [8] 기술표준원, “국가교정기관 지정제도 운영세칙,” 2007.

**신 강 욱**



1987년 동국대 전자공학과 졸업. 1993년 홍익대 대학원 석사. 2005년 동 대학원 박사. 1993년~현재 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원. 관심분야는 플랜트제어 및 응용, 모델링, 지능제어, 원격감시제어, 센서응용.

**홍 성 택**



1993년 한밭대 전자공학과 졸업. 1995년 동 대학원 석사. 2007년 충북대 대학원 박사수료. 1996년~현재 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원. 관심분야는 전자회로설계, 위성통신망, 원격감시제어, 센서응용.