수위계 표준시험장치의 수평제어에 따른 특성분석

홍성택, 신강욱
한국수자원공사 수자원연구원

The Property Analysis by horizontality Control for the Standard Test Facility of Water-Level Gauges

Sung-Taek Hong, Gang-Wook Shin
Kwater KIWE

Abstract - 수위계 표준시험장치 초기 구축시 수직 20 m를 오르내리는 리프트에 있어서 수직 상승시 리프트가 상시 수평을 유지하는 기능이 없었기 때문에 보정값이 커지는 요인으로 작용하였다. 따라서 장치의 개선을 통하여 수평을 유지할수 있도록 스테핑 모터를 이용하여 시스템을 보완하였으며, 기존의 수평제어를 하지 않았던 데이터와 스테핑모터를 이용하여 제어된 데이터를 비교하여 상호간의 성능 분석 및 수평 데이터가 보정값에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

1. 서 론

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

이러한 수문관측국에서 관측된 자료는 국가의 모든 이·치수계획, 설계, 운영 그리고 홍수예경보 등에 필요한 수자원 기초조사로서 매우 중요하게 활용되고 있다.

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, 레이다식 수위계에 대한 시험이 가능하도록 개발된 수위계 표준시험장치에 대하여 정확도를 향상시키기 위한 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 초기에 개발한 표준시험장치에 있어서 리프트의 수평제어가 없었기 때문에 수직 상승시 리프트가 상시 수평을 유지할 수 있도록 스테핑 모터를 이용하여 시스템을 구축하였으며, 기존의 수평제어를 하지 않았던 데이터와 스테핑모터를 이용하여 제어된 데이터를 비교하여 상호간의 성능 분석 및 수평 데이터가 보정값에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

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

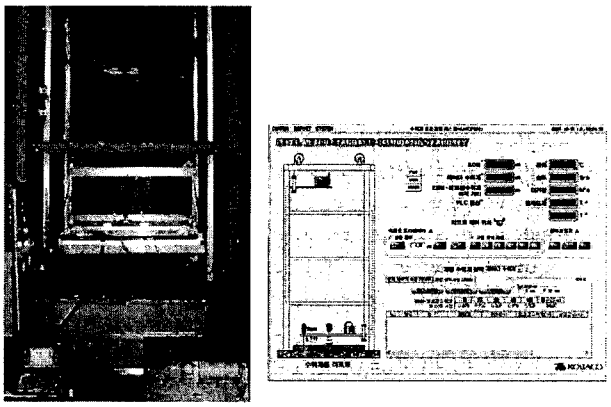
2. 표준시험장치

2.1 표준시험장치 구성

수자원연구원에서는 레이저거리측정기(EDM : Electro-optic Distance Meter)를 이용하여 대상 수위계의 지시값을 상호 비교하는 방법으로 그림1과 같이 구성된 수위계 표준시험장치를 개발하였으며, 접촉식 수위계인 부자식 수위계와 비접촉식 수위계인 초음파식 및 레이다식 수위계를 대상으로 시험할 수 있도록 하였다.

그림 1의 하드웨어에서 알 수 있는 바와 같이 부자식 수위계를 시험할 경우 수위계의 폴리를 운반할 수 있는 상부 리프트와 부자를 이동할 수 있는 하부 리프트로 구성되어 있다. 부자와 같은 하부 리프트에 설치된 레이저거리측정기와 레벨계를 이용하여 리프트의 이동에 따른 EDM의 지시값과 부자식 수위계의 지시값을 비교하고, 레벨계의 값은 리프트의 기울어짐 효과를 보정하기 위하여 사용된다. 비접촉식 수위계인 초음파식과 레이다식 수위계에 대한 표준시험장치 구성은 EDM을 대상 수위계와 함께 리프트에 설치한 후, 리프트를 수직으로 이동시키면서 대상 수위계와 EDM의 지시값을 동시에 읽어 비교함으로써 시험하도록 구성하였다.

그림 1의 소프트웨어는 수위계 표준시험장치를 운영하기 위한 소프트웨어의 초기화면으로서, 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 있다. 또한, 피교정 수위계의 수위값과 리프트를 제어하기 위한 PLC의 운영 프로그램을 Ladder로 개발하였다.

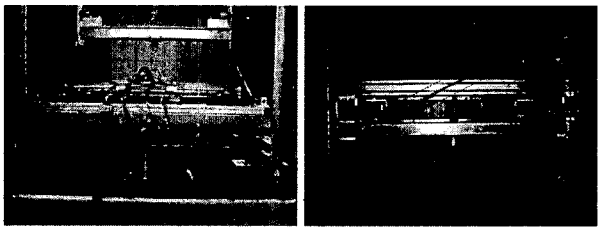


<그림 1> 수위계 표준시험장치의 H/W 및 S/W

2.2 수평제어 장치

2.2.1 수평제어 전

수평제어 전의 리프트의 수평교정은 그림 2에서처럼 레벨계값을 읽으면서 리프트를 지지하는 축의 나사를 돌려서 설정하였으며, 초기에 수평을 설정하게 되면 시험이 종료되기까지 제어를 하지 못하는 단점이 있고, 리프트가 수직으로 상승하면서 레일면의 거칠기, 기울기 또는 와이어로프의 상태 등에 대하여 능동적으로 수평을 설정하지 못하는 상황이 발생하게 된다. 이는 표준교정장치에 있어서 보정값을 크게 하는 요인으로 작용한다.



<그림 2> 수평제어 전의 리프트 상태 및 수평조절 장치

2.2.2 스테핑 모터 추가

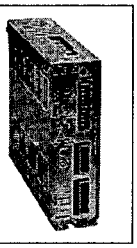
수평제어를 할 수가 없기 때문에 보정값이 크게 산출되는 현상을 방지하고자 스테핑 모터를 도입하였다.

수평제어를 하기 위하여 보완된 스테핑 모터 및 스테핑 모터 드라이버, 콘트롤러의 특성은 표 1~3과 같다. 측정위치로 이동된 리프트는 레벨계로부터 수평값을 측정하여 각 코너에 위치해 있는 4개의 스테핑 모터를 제어하여 수평을 맞추는 것이다.

<표 1> 스테핑 모터의 특성

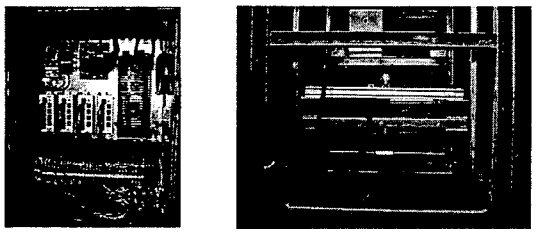
항 목	특 성	
모델명	A41KM599B	
최대여자정지 Torque	81kgf·cm(8.1N·m)	
정격전류	2.8A/Phase	
기본스텝각	0.72°/0.36°(Full/Half Step)	
정격여자전압	24VDC(무극성)	
정격여자전류	0.62A	
동작 및 해제시간	80ms / 70ms 이하	

<표 2> 스테핑 모터 드라이버의 특성

항 목	특 성	
전원전압	100~240VAC 50/60Hz	
소비전류	4A(Max.)	
구동전류	1.4A/Phase(Max.)	
스텝각	마이크로스텝(1,2,4,5,8,10,16,20,40,80분할)	
펄스폭	0.5μs 이상	
펄스입력전압	(H)4~8VDC, (L)0~0.5VDC	
최대입력펄스주파수	500 kpps	

<표 3> 스테핑 모터 콘트롤러의 특성

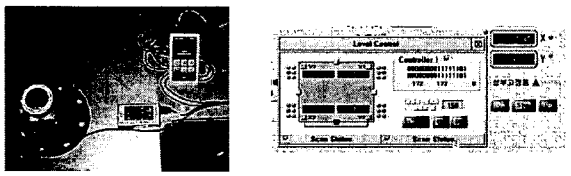
항 목	특 성	
제어축	2축(각 축 독립프로그램 가능)	
제어대상모터	펄스열 입력의 스텝모터 또는 서보모터	
전원전압	24VDC ± 10%	
소비전력	6W(Max.)	
동작모드	스캔/연속/인덱스/프로그램 모드	
위치설정방식	절대방식/상대방식	
운전속도	1pps~4Mpps	



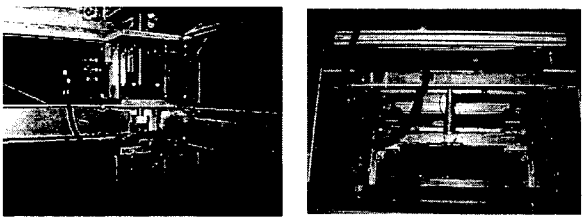
<그림 3> 수평제어에 사용되는 제어박스 및 프레임

2.2.3 수평제어 방법

리프트의 수평값을 측정하기 위하여 그림 4와 같이 수위계와 EDM 사이에 레벨계를 설치하여 수평값을 측정하며, 수평값의 제어는 그림 4에서와 같이 프로그램 상에서 수평값을 확인하면서 해당 위치의 스테핑 모터를 제어하면 그림 5와 같이 네곳의 코너에 설치되어 있는 스텝모터가 상하로 동작하여 수평을 조절한다.



<그림 4> 리프트에서의 레벨계와 레벨제어 화면



<그림 5> 수평제어 전과 후의 리프트 상태

3. 수평제어 특성시험

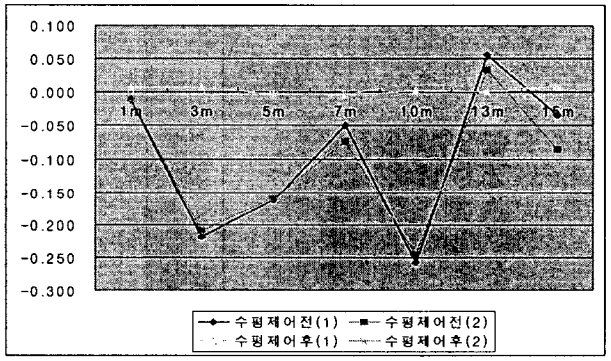
수평제어를 하기 전의 데이터와 스테핑모터를 이용하여 수평제어를 한 후의 데이터는 표 4와 같다. 표 4에서 수평 전의 레벨값은 인위적으로 수평값을 제어할 수 없기 때문에 측정값이 1차에서는 -0.218 ° ~ 0.056 °, 2차에서는 -0.246 ° ~ 0.034 °까지 불규칙하게 측정된 것을 알 수가 있으며, 이는 식 (3)에서 보정값을 크게 하는 요인으로 작용된다.

따라서 스테핑 모터를 이용하여 그림 6과 같이 보완하였으며, 측정위치에서 수평을 제어하기 때문에 표 2에서와 같이 1차에서는 -0.004 ° ~ 0.008 °, 2차에서는 -0.004 ° ~ 0.006 ° 까지 아주 미세하게 측정되었으며, 이는 식 (3)에서 보정값을 줄일 수 있는 요인으로 작용된다.

따라서 기존의 수평제어를 하지 못한 단점을 스테핑 모터를 이용하여 해결하였고, 수평제어 전과 후의 데이터를 상호 비교 분석함으로써 수평제어가 보정값을 보다 좋게 향상시킨다는 것을 확인 할 수 있었다.

<표 4> 수평제어 전과 후의 레벨계 측정값(°)

측정시기		수평제어 전(1)		수평제어 전(2)		수평제어 후(1)		수평제어 후(2)	
측정번호	측정횟수	측정값	평균값	측정값	평균값	측정값	평균값	측정값	평균값
1m	1차	0.00	-0.012	0.000	-0.010	0.01	0.006	0.00	-0.002
	2차	-0.02		0.010		0.00		0.00	
	3차	0.01		-0.020		0.01		0.00	
	4차	-0.05		-0.020		0.00		0.00	
	5차	0.00		-0.020		0.01		-0.01	
3m	1차	-0.19	-0.218	-0.200	-0.210	0.01	0.006	-0.01	-0.004
	2차	-0.23		-0.230		0.01		0.00	
	3차	-0.23		-0.200		0.00		0.00	
	4차	-0.22		-0.210		0.01		-0.01	
	5차	-0.22		-0.210		0.00		0.00	
5m	1차	-0.17	-0.162	-0.150	-0.160	0.00	-0.002	0.00	-0.004
	2차	-0.17		-0.190		0.00		0.00	
	3차	-0.17		-0.180		-0.01		-0.01	
	4차	-0.17		-0.150		0.00		-0.01	
	5차	-0.13		-0.130		0.00		0.00	
7m	1차	-0.05	-0.050	-0.030	-0.074	-0.01	-0.004	0.00	-0.002
	2차	-0.05		-0.090		-0.01		0.00	
	3차	-0.05		-0.090		0.00		-0.01	
	4차	-0.05		-0.110		0.00		0.00	
	5차	-0.05		-0.050		0.00		0.00	
10m	1차	-0.25	-0.258	-0.240	-0.246	0.01	0.002	0.01	0.012
	2차	-0.25		-0.210		0.00		0.01	
	3차	-0.25		-0.310		0.00		0.01	
	4차	-0.25		-0.260		0.00		0.02	
	5차	-0.29		-0.210		0.00		0.01	
13m	1차	0.07	0.056	0.060	0.034	0.00	0.000	0.00	0.006
	2차	0.06		0.020		0.00		0.01	
	3차	0.06		0.030		0.00		0.00	
	4차	0.03		0.030		0.00		0.01	
	5차	0.06		0.030		0.00		0.01	
15m	1차	-0.04	-0.034	-0.090	-0.086	0.01	0.008	0.00	0.006
	2차	-0.03		-0.090		0.01		0.01	
	3차	-0.04		-0.090		0.01		0.01	
	4차	-0.03		-0.090		0.00		0.01	
	5차	-0.03		-0.070		0.01		0.00	



<그림 6> 측정된 데이터의 평균값 그래프

4. 결 론

수위계 표준시험장치를 이용한 수위계의 특성 시험에 있어서 리프트의 수평은 보정값을 산출하기 위한 요소중의 하나이다. 따라서 기존의 수평제어를 하지 못한 단점을 스테핑 모터를 이용하여 해결하였고, 수평제어 전과 후의 데이터를 상호 비교 분석함으로써 수평제어가 보정값을 보다 좋게 향상시킨다는 것을 확인 할 수 있었다.

추후 보정값 및 불확도를 개선할 수 있는 인자들을 분석하여 보다 낮은 표준교정장치가 될 수 있도록 하여, 국제표준인 ISO/IEC 17025의 적합성을 인정받아 국제공인 국가교정기관의 표준교정시스템으로 확대 발전시키고자 한다.

참고문헌

[1] 건설교통부, "수문관측매뉴얼", 2004.
[2] 한국수자원공사, "수자원기초자료 신뢰도 제고를 위한 수위계 및 우량계 검보정 방안 연구(1차년도)", 2000.
[3] 한국수자원공사, "수자원기초자료 신뢰도 제고를 위한 수위계 및 우량계 검보정 방안 연구(2차년도)", 2001.
[4] Robert G. Skrentner, "Instrumentation Handbook for water & wasted water treatment plants", Lewis Pub., 1988.
[5] 한국교정시험기관인정기구, "측정불확도 추정사례집", 2004.
[6] 한국표준과학연구원, "불확도 평가 및 표현 사례집", 2005.