


수문데이터에 대한 세부평가기준

Guideline for detailed evaluation of Hydrological data

국 가 참 조 표 준 센 터

National Center for Standard Reference Data


 NCSRD 국가참조표준센터	수문데이터 참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2013. 11. 11
		쪽	1 / 8

목 차

1 적 용 범 위	-----	2 / 8
2 인 용 자 료	-----	2 / 8
3 용 어 정 의	-----	2 / 8
4 평 가 기 준	-----	4 / 8
부록. 불확도 평가		

제 · 개정 이력부				
관련조항	개정번호	제정일자	제 · 개정 내용	
	0	2013. 11. 11	- 수문데이터의 세부 평가 절차 및 기준 제정	
결재	구 분	작 성	검 토	승 인
	직 책	책임연구원	팀 장	실 장
	성 명	홍 성 택	최 기 선	정 구 열
	서 명			
	일 자			

제정 위원				
이름	소속	직책	일자	확인
장 경 호	(주)삼덕과학	이 사		
이 승 규	(주)미래로텍	대표이사		
김 대 홍	서울시립대학교, 토목공학과	교 수		
신 강 욱	한국수자원공사	수석연구원		
현 철 중	한국건설생활환경시험연구원	책임연구원		
강 주 식	한국표준과학연구원	책임연구원		
이 진 식	(주)브로드시스	대표이사		
오 진 덕	(주)온더시스	대표이사		
이 상 호	부경대, 토목공학과	교 수		
정 돈 영	한국표준과학연구원	책임연구원		
최 중 오	한국표준과학연구원	책임연구원		
맹 승 진	충북대, 지역건설공학과	교 수		

 NCSRD 국가참조표준센터	수문데이터 참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2013. 11. 11
		쪽	2 / 8

1. 적용범위

본 수문자료 참조표준데이터 세부평가절차서는 댐 및 하천의 시간수위와 누적강수량 (시간자료), 시간강수량(현재시간 누적강수량 - 전시간 누적강수량)의 데이터 평가를 위한 기준서로 활용한다.

2. 인용자료

- 2.1 수문관측매뉴얼, 건설교통부, 2004.
- 2.2 국가표준기본법 및 국가교정기관 운영세칙, 1999.
- 2.3 측정불확도 표현지침(KRISS/SP-2010-105), 한국표준과학연구원, 2010.
- 2.4 국제 측정학 용어집(KRISS/SP-2008-022), 한국표준과학연구원, 2008.
- 2.5 측정불확도 추정사례집, 한국교정시험기관인정기구, 2004.
- 2.6 참조표준 불확도 평가지침, 한국표준과학연구원, 2010.
- 2.7 측정결과의 불확도 추정 및 표현을 위한 지침, KOLAS, 2012.
- 2.8 수위계 표준교정절차 및 CMC 산출보고서, 한국수자원공사, 2009.
- 2.9 우량계 표준교정절차 및 CMC 산출보고서, 한국수자원공사, 2012.
- 2.10 대청다목적댐 제3차 정밀안전진단, 한국수자원공사, 2011.

3. 용어정의

3.1 수집 데이터

논문, 보고서, 학술논문, 공신력이 있는 국내·외 데이터베이스 등을 통해 얻은 데이터로서 숫자, 그래프, 모델 등의 형태로 제공되는 데이터

3.2 참조데이터 : Reference Data


참조표준으로 등록되기 전의 수치데이터 또는 과학기술적 통계

3.3 참조표준 : Standard reference

측정데이터 및 정보의 정확도와 신뢰도를 과학적으로 분석·평가하여 공인된 자료로서 물리화학적 상수, 공인된 물성값, 공인된 과학기술적 통계

3.4 교정 : calibration

측정 기기나 측정 시스템이 지시하는 양의 값, 또는 물적 척도나 표준 물질이 표시하는 값과 표준에 의해서 현시된 이들에 대응하는 값 사이의 관계를 특정한 조건하에서 확립하는 일련의 작업

 NCSRD 국가참조표준센터	수문데이터 참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2013. 11. 11
		쪽	3 / 8

3.5 (측정결과의) 반복성 : repeatability (of results of measurements)

같은 측정 조건에서 같은 측정량을 연속적으로 측정하여 얻은 결과들 사이의 일치하는 정도

3.6 실험표준편차 : experimental standard deviation

같은 측정량에 대한 일련의 n회 측정에서, 결과의 분산의 특성을 나타내는 양

3.7 측정 정확도 : accuracy of measurement

측정값과 측정량의 참값이 서로 일치하는 정도

3.8 (측정)불확도 : uncertainty (of measurement)

측정 결과와 관련된, 측정량을 합리적으로 추정된 값들의 분산 특성을 나타내는 파라미터

3.9 (불확도의) A형 평가 : Type A evaluation (of uncertainty)

일련의 관측값을 통계적으로 분석하여 불확도를 구하는 방법

3.10 (불확도의) B형 평가 : Type B evaluation (of uncertainty)

일련의 관측값의 통계적으로 분석이 아닌 다른 방법으로 불확도를 구하는 방법

3.11 합성표준불확도 : combined standard uncertainty


측정결과가 여러 개의 다른 입력량으로부터 구해질 때 이 측정결과의 표준불확도를 합성표준불확도라 한다. 합성표준불확도는 각 입력량의 변화가 측정결과에 미치는 영향에 따라 가중된 분산과 공분산의 합의 양의 제곱근과 같다.

3.12 확장불확도 : expanded uncertainty

측정량의 합리적인 추정값이 이루는 분포의 대부분을 포함할 것으로 기대되는 측정결과 주위의 어떤 구간을 정의하는 양

3.13 포함인자 : coverage factor

확장불확도를 구하기 위하여 합성표준불확도에 곱하는 수치인자(현철종)

	수문데이터 참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2013. 11. 11
		쪽	4 / 8

4. 평가 절차 및 기준

데이터를 세부적으로 평가하여 참조표준(안)으로 등급을 부여하기 위한 평가 절차와 기준은 다음 4.2 참조데이터 평가절차, 4.3 수문 데이터 세부평가기준에 따라 평가한다.

4.1 등급부여 기준

모든 데이터는 각각의 평가 단계를 거쳐 다음과 같은 등급(안)이 부여된다.

- (1) 참조데이터 : 유효데이터 수준에 미치지 못하는 데이터
- (2) 유효데이터 : 불확도 평가의 적절성까지 만족한 데이터
- (3) 검증데이터 : 예측 가능성까지 만족한 데이터
- (4) 인증데이터 : 모든 평가단계를 통과하고 전문가에 의해 인증된 데이터

※ 참조표준이라 함은 유효/검증/인증 참조표준으로 등록된 것이며, 상기 유효/검증/인증 데이터는 본 평가기준서의 내용으로 참조표준으로 등록되기 전 심의를 요청한 데이터를 말함

4.2 참조데이터 평가절차

수집 및 생산된 데이터는 그림 4.1과 같은 평가절차를 거쳐 유효/검증/인증 데이터로 평가한다.

4.3 수문데이터 세부평가기준

수집 및 생산된 데이터는 표 4.1과 같은 세부평가기준에 따른 평가를 거쳐 유효/검증/인증 데이터로 등급을 부여한다.

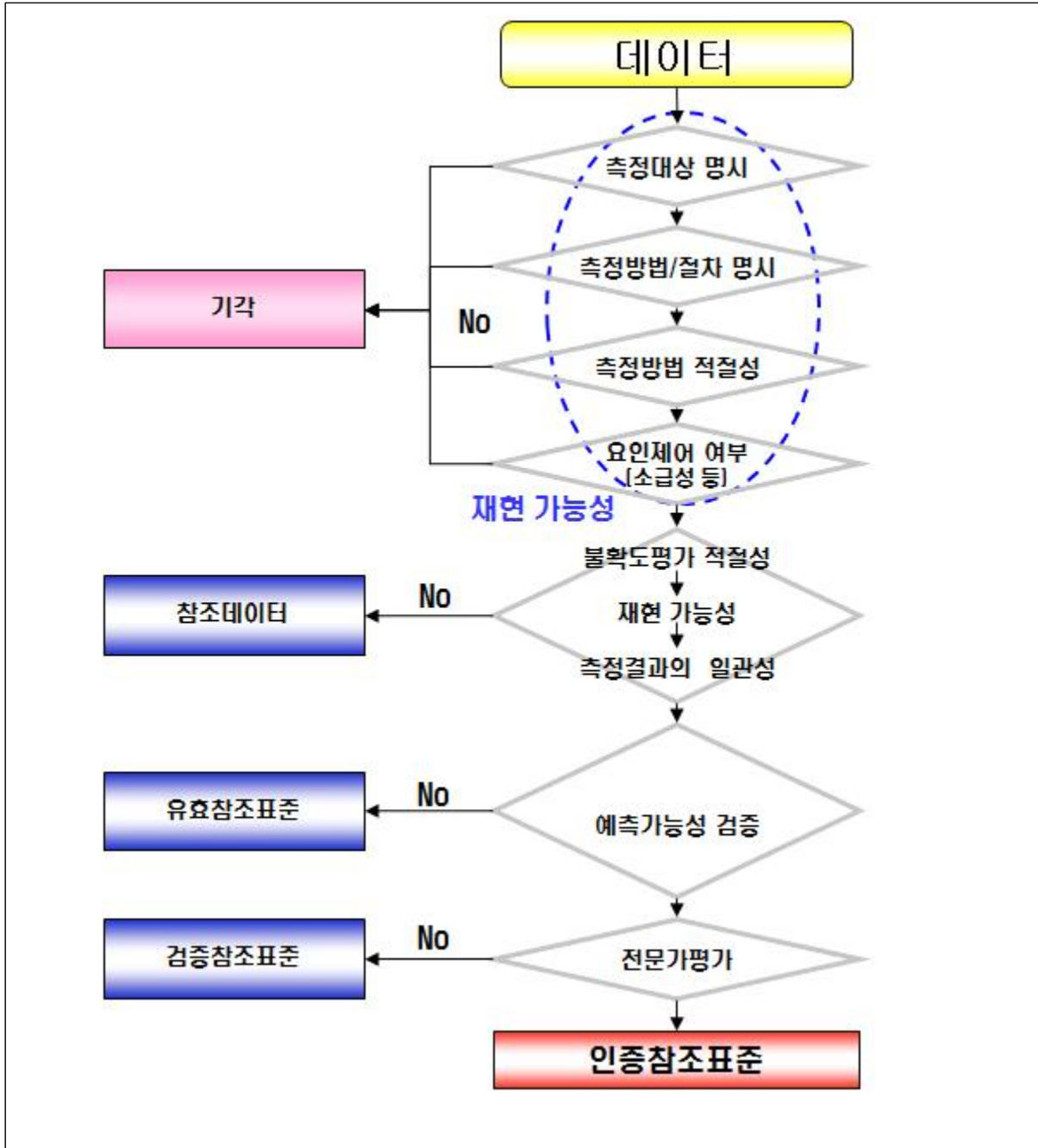


그림 4.1 데이터 평가절차




 NCSRD 국가참조표준센터	수문데이터 참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2013. 11. 11
		쪽	6 / 8

표 4.1 수문 데이터 평가기준

수문 데이터 평가기준 (제 1 ~ 10항)	
1. 측정하고자 하는 양이 명확하게 명시되어있는지 여부	
측정량	<ul style="list-style-type: none"> - 수위계를 통하여 측정된 수위 (water level) - 우량계를 통하여 측정된 강수량 (precipitation)
(측정량에 포함되어야 할) 측정정보	<p>평가 대상은 특정한 지점에서 측정된 수문 데이터이다. 측정환경 등에 대한 충분한 정보가 제공되어 있지 않다면 수문 데이터로서 의미가 상실된다. 따라서 다음과 같은 정보가 제공되어야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 측정위치(댐명, 관측국명, 주소, 위도, 경도, 고도) - 측정일자, 시간 <ul style="list-style-type: none"> · 시간수위 · 누적강수량(시간자료) · 시간강수량(현재시간 누적강수량 - 전시간 누적강수량) - 동절기(12월~2월) : 하천결빙에 따른 수위자료 관측대상 제외
2. 측정방법과 절차 및 이론 계산에 대한 설명 내용 명시 여부	
측정방법	<ul style="list-style-type: none"> - 설치된 측정 장비 명시 여부 - 수위계, 강수량계 보정을 위한 보정 절차는 제정되어 있는지 여부 - 수위계, 강수량계 보정의 근거는 적절한지 여부
측정이론	<ul style="list-style-type: none"> - 측정을 위한 요소들의 이론적 정의가 명시되었는지 여부 - 수위, 강수량의 측정값을 보정하는 절차, 규정이 적정(근거)한가 여부
3. 측정방법의 적절성 및 그 근거의 명기 여부	
측정지 구성	<ul style="list-style-type: none"> - 측정지의 선정이 적절한지에 대한 여부
측정시스템 조건	<ul style="list-style-type: none"> - 측정시스템의 구성은 KS Q ISO/IEC 17025 규격 만족 여부 - 측정시스템의 출력(수위, 강수량)은 적절한 방법(근거)으로 측정 되었는가 여부 - 수위계, 강수량계 설치 위치와 설치 방법은 적정(근거)한가 여부
자료수집 및 처리	<ul style="list-style-type: none"> - 측정데이터 수집 시스템의 신뢰성, 정확성 - 측정데이터의 수집과 처리는 적절히 이루어지고 있는지 여부

 국가참조표준센터	수문데이터 참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2013. 11. 11
		쪽	7 / 8

4. 측정결과에 영향을 주는 요인의 제어 여부	
측정기기	<ul style="list-style-type: none"> - 수위계, 강수량계, 데이터로거 등이 측정기간 내 지속적으로 점검하고 있는지 여부 - 수위계, 강수량계 보정을 위한 설비 및 측정기기는 적정한 것을 사용하고 있으며 설치방법은 적당(근거)한가 여부 - 측정데이터 수집 시스템의 적절한 제어 여부
측정 영향량	<ul style="list-style-type: none"> - 측정량에 영향을 주는 요인(측정주변의 환경(수목, 진동 등)은 적절히 제어되고 있는지 여부 - 수위계의 경우 파랑에 따른 영향을 감소할 수 있는 시설 및 측정기를 사용하고 있는지 여부
5. 측정방법의 불확도 평가 및 측정소급성 확보 여부	
측정기기	<ul style="list-style-type: none"> - 수위, 강수량 측정에 사용되는 수위계, 강수량계는 소급성이 확보되었는지 여부 - 수위계, 강수량계의 교정주기는 설정되어 있으며 주기적으로 검·교정을 받고 있는지 여부 - 측정데이터 수집 시스템의 불확도
불확도 평가절차	<ul style="list-style-type: none"> - 불확도 요인 명기 - 측정 결과의 불확도 평가기준이 수립되어 있는지 여부
6. 측정결과의 불확도 추정에 대한 적정성 여부	
불확도 평가	<ul style="list-style-type: none"> - GUM에 따른 불확도 평가(ISO guide 98)
7. 측정의 상세절차와 측정의 재현조건 명기 여부	
측정절차	<ul style="list-style-type: none"> - 제3자가 같은 절차로 측정결과를 참조할 수 있도록 측정절차를 상세히 명시하였는지 여부 - 제3자가 같은 조건(방법, 기기, 환경 등)으로 측정하거나 측정결과를 참조할 수 있도록 측정의 조건을 명시하였는지 여부
8. 다른 경로에 의해 얻어진 결과와 측정결과의 일관성 여부	
일관성 비교	<ul style="list-style-type: none"> - 이론 및 지난 측정결과와 경향성에 대한 비교 결과

 NCSRD 국가참조표준센터	수문데이터 참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2013. 11. 11
		쪽	8 / 8

9. 연관식과 모델링을 통한 데이터의 예측가능성	
예측 가능성	- 축적된 데이터로 연관식과 모델링을 통한 예측한 결과와 비교 결과
10. 2인 이상 관련분야 제3자의 종합 검토를 받았는지 여부	
종합검토 방법	2인 이상의 제3의 전문가의 종합 검토를 받았는지 여부
▶ 기 타	
기술위원회는 “참조표준 제정 및 보급에 관한 운영요령” 제7조 제2항 제4호 규정에 따라 참조데이터를 평가할 때에는 데이터의 속성을 충분히 고려하여야한다	

부록

불확도 평가

가. 측정불확도

수위 및 강수량에 대한 측정 자료를 정리하는 방법(the method of bin)을 활용한 불확도 평가를 위한 이론적 배경과 상세한 예는 다음에 서술되어 있다.

측정된 데이터는 ISO 지침 “Guide to the expression of uncertainty in measurement”에 따라 반드시 측정불확도와 함께 제시해야 한다.

1) 측정대상

측정대상은 수위계로부터 매시마다 측정되는 수위값과 강수량계로 측정되어지는 연간 누적강수량 값과 매시마다 측정되어지는 시간강수량 값이다.

2) 불확도 요소

아래 표는 불확도 평가에 반드시 포함하는 최소한의 불확도 요소들이다.

측정 항목	불확도 요소
수 위	수위계 검정증명서(교정성적서)
	수위계 분해능
	해발고도 불확도
강 수 량	강수량계 교정성적서
	강수량계 분해능

나. 수위 데이터 불확도 평가

1) 모델식

① 수학적 모델식

수위 측정에 대한 수학적 모델식은 다음과 같다.

$$y = x \quad (\text{식 1})$$

y : 측정값

x : 추정값

② 불확도 계산식

수위 측정에 대한 수학적 모델식으로부터 표준불확도를 구하는 식은 다음과 같다.

$$u_c^2(y) = u^2(x) \quad (\text{식 2})$$

2) 측정불확도

수위 측정의 불확도는 수위계로부터 측정되어지는 반복도, 분해능, 설치위치의 해발고도, 검정증명서(교정성적서) 불확도로 계산되어 지며, 다음과 같이 표현된다.

$$u_c^2(y) = \sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2) + u^2(x_3) + u^2(x_4)} \quad (\text{식 3})$$

$u(x_1)$: 반복도의 불확도

$u(x_2)$: 분해능의 불확도

$u(x_3)$: 해발고도의 불확도

$u(x_4)$: 검정증명서(교정성적서)의 불확도

① 반복도의 불확도 : $u(x_1)$

수위계 측정값의 반복도는 분해능이하로서 반복도는 “0” 이다.

$$u(x_1) = 0 \text{ m} \quad (\text{식 4})$$

② 분해능의 불확도 : $u(x_2)$

실 사용자는 수위계 자체의 분해능에 의존하여 판독할 수밖에 없으므로, 수위계의 분해능은 0.01 m 이며 분해능에 의한 불확도는 이 값을 직사각형 확률분포의 너비로 추정하여 구한다.

$$u(x_2) = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ m} \quad (\text{식 5})$$

③ 해발고도의 불확도 : $u(x_3)$

수위계의 설치 위치인 해발고도 불확도는 경년변화에 의한 댐구조물의 변화에 따른 불확도 성분으로 국가기준점으로부터 측정되는 댐의 정상침하점 6곳의 연간 변동에 대한 평균값을 반너비로 하는 직사각형분포로 구한다.

침하점 6곳에 대한 해발고도 측정값은 다음과 같다.

침하점	측정(A) m	측정(B) m	차이(A-B) m
CP01	84.182	84.179	0.003
CP02	83.809	83.804	0.005
CP03	83.371	83.364	0.007
CP04	83.228	83.221	0.007
CP05	83.110	83.107	0.003
CP06	83.097	83.088	0.009

$$\begin{aligned}
 u(x_3) &= \sqrt{\left(\frac{\bar{\Delta}}{\sqrt{3}}\right)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{0.006}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0.003 \text{ m}
 \end{aligned} \quad (\text{식 6})$$

$\bar{\Delta}$: 0.006 m(평균값)

④ 검정증명서(교정성적서)의 표준불확도 : $u(x_4)$

대청댐 본댐의 부자식 수위계는 국토교통부 한국건설기술연구원의 유량조사사업단으로부터 검정을 받았으며, 수위계 검정증명서의 표준불확도는 0.001 m이다.

$$u(x_4) = 0.001 \text{ m} \quad (\text{식 7})$$

⑤ 측정불확도 : u_c

수위계에 대한 측정불확도는 다음과 같다.

$$u_c = \sqrt{(0)^2 + (0.003)^2 + (0.003)^2 + (0.001)^2} = 0.004 \text{ m} \quad (\text{식 8})$$

3) 포함인자

수위의 확률분포는 사다리꼴 분포가 되므로 포함인자 k 는 다음과 같이 구한다.

$$k = \frac{1 - \sqrt{(1 - 0.95)(1 - \beta^2)}}{\sqrt{\frac{1 + \beta^2}{6}}} = 1.90 \quad (\text{식 9})$$

$$\beta = 0.09$$

4) 확장불확도

수위에 대한 확장불확도는 다음과 같다. (신뢰수준 95 %, $k = 1.90$)

$$U = k \cdot u_c \quad (\text{식 10})$$

5) 불확도 평가의 예

다음 데이터는 2013년의 7월 5일의 대청댐 본댐에 대한 측정된 수위 데이터이다.

년 - 월 - 일 시	시간수위(m)
2013-07-05 01	65.82
2013-07-05 02	65.82
2013-07-05 03	65.83
2013-07-05 04	65.86
2013-07-05 05	65.88
2013-07-05 06	65.88
2013-07-05 07	65.89
2013-07-05 08	65.91
2013-07-05 09	65.91
2013-07-05 10	65.91
2013-07-05 11	65.91
2013-07-05 12	65.93
2013-07-05 13	65.93
2013-07-05 14	65.94
2013-07-05 15	65.94
2013-07-05 16	65.95
2013-07-05 17	65.96
2013-07-05 18	65.96
2013-07-05 19	65.97
2013-07-05 20	66.00
2013-07-05 21	66.02
2013-07-05 22	66.05
2013-07-05 23	66.07
2013-07-05 24	66.10

① 표준불확도

표준불확도는

$$\begin{aligned}(u_c) &= \sqrt{(0)^2 + (0.003)^2 + (0.003)^2 + (0.001)^2} \\ &= 0.004 \text{ m}\end{aligned}$$

② 포함인자

포함인자 $k = 1.90$

$$k = \frac{1 - \sqrt{(1 - 0.95)(1 - \beta^2)}}{\sqrt{\frac{1 + \beta^2}{6}}} = 1.90$$

$$\beta = 0.09$$

③ 확장불확도

수위에 대한 확장불확도는 다음과 같다. (신뢰수준 95 %, $k = 1.90$)

$$\begin{aligned}U &= k \cdot u_c \\ &= 1.90 \cdot 0.004 \\ &= 0.008 \text{ m} \\ &\simeq 1 \text{ cm}\end{aligned}$$

6) 시간 수위 및 불확도 보고(안)

▣ 측정위치 및 측정환경

항 목	내 용
댐 명	대청댐
관 측 소 명	본댐 수위국
주 소	충북 청원군 문의면 덕유리 629-10
경 도	127° 28' 57"
위 도	36° 28' 33"
고 도	78 m

▣ 측정 데이터

년 - 월 - 일 시	시 간 수 위 (m)
2013-07-05 01	65.82
2013-07-05 02	65.82
2013-07-05 03	65.83
2013-07-05 04	65.86
2013-07-05 05	65.88
2013-07-05 06	65.88
2013-07-05 07	65.89
2013-07-05 08	65.91
2013-07-05 09	65.91
2013-07-05 10	65.91
2013-07-05 11	65.91
2013-07-05 12	65.93
2013-07-05 13	65.93
2013-07-05 14	65.94
2013-07-05 15	65.94
2013-07-05 16	65.95
2013-07-05 17	65.96
2013-07-05 18	65.96
2013-07-05 19	65.97
2013-07-05 20	66.00
2013-07-05 21	66.02
2013-07-05 22	66.05
2013-07-05 23	66.07
2013-07-05 24	66.10

※ 측정불확도 : $U = 1 \text{ cm}$ (신뢰수준 약 95 %, $k = 1.90$)

다. 강수량 데이터 불확도 평가

강수량의 측정대상은 강수량계의 분해능이 1 mm 이므로, 1 mm 이하는 비가 오지 않은 것으로 하며, 교정성적서에서는 강우강도 20 mm/h와 100 mm/h에 대해서 불확도가 주어지므로 이의 중간값인 60 mm/h를 기준으로 하여 그 이상과 이하 일때로 측정 불확도가 나뉘며, 강수량계의 1 mm 버킷이 넘어간 횟수에 비례하는 불확도를 산정하여야 한다.

1) 측정불확도

강수량의 모델식은 다음과 같이 표현된다.

$$y = x \quad (\text{식 11})$$

측정의 불확도는 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} u(y) &= u(x) \\ &= \sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2)} \\ &= \sqrt{n^2 \left(\frac{U}{k}\right)^2 + 2 \left(\frac{0.5}{\sqrt{3}}\right)^2} \end{aligned} \quad (\text{식 12})$$

$$u(x_1) = n u(x_{cal})$$

$$u(x_2) = \sqrt{2} u(x_{res})$$

$u(x_1)$: 1 mm 우량컵 사용의 표준불확도

$u(x_2)$: 1 mm 우량컵 사용의 분해능에 의한 표준불확도

n : 1 mm 우량컵 사용횟수

2) 포함인자

포함인자 $k = 2$ (신뢰수준 95 %)

3) 확장불확도

강수량에 대한 확장불확도는 다음과 같다. (신뢰수준 95 %, $k = 2$)

$$U = k \cdot u_c \quad (\text{식 13})$$

4) 불확도 평가의 예

다음 데이터는 2013년 7월 1일의 대청댐 문의우량국에 대한 강수량 데이터이며, 이날 총 56 mm의 강수량을 기록하였다.

년 - 월 - 일 시	누적강수량(mm)	시간강수량(mm)
2013-07-05 01	0	0
2013-07-05 02	4	4
2013-07-05 03	12	8
2013-07-05 04	29	17
2013-07-05 05	34	5
2013-07-05 06	35	1
2013-07-05 07	38	3
2013-07-05 08	41	3
2013-07-05 09	41	0
2013-07-05 10	41	0
2013-07-05 11	41	0
2013-07-05 12	43	2
2013-07-05 13	47	4
2013-07-05 14	48	1
2013-07-05 15	50	2
2013-07-05 16	53	3
2013-07-05 17	53	0
2013-07-05 18	54	1
2013-07-05 19	56	2
2013-07-05 20	56	0
2013-07-05 21	56	0
2013-07-05 22	56	0
2013-07-05 23	56	0
2013-07-05 24	56	0

① 표준불확도

대청댐 문의 우량국의 강수량계의 교정성적서는 그림 1과 같다.

교 정 결 과		성적서번호: 11-664		
		페이지: (2)/(2)		
<p>* 기 기 명 : 전도형우량계</p> <p>* 제 작 회 사 : 위덴기업(주)</p> <p>* 형 식 및 기기 번호 : 강수량 1.0 mm, 2207</p>				
○ 교정결과				
강우 강도 (mm/h)	명목값 (강수량, mm)	측정값 (강수량, mm)	보정값 (강수량, mm)	측정불확도 (신뢰수준 약 95%, k = 2)
20.9	1.00	1.00	0.00	0.9×10^{-2}
103.1	1.00	1.02	0.02	1.4×10^{-2}
* 보정값 = 측정값 - 명목값				- 끝 -

그림 1 대청댐 문의 우량국의 강수량계에 교정성적서

2013년 07월 05일 03:00의 누적강수량 12 mm에서 2013년 07월 05일 04:00 까지 1시간동안 17 mm의 강수량이 계측되었다면 누적강수량은 29 mm가 되었을 때의 불확도는 다음과 같이 계산되어 진다.

(a) 시간강수량

시간강수량 17 mm에 대한 불확도는 식(12)에서

$$\begin{aligned}
 u(y) &= \sqrt{n^2 \left(\frac{U}{k}\right)^2 + 2 \left(\frac{0.5}{\sqrt{3}}\right)^2} \\
 &= \sqrt{17^2 \cdot \left(\frac{0.009}{2}\right)^2 + 2 \left(\frac{0.5}{\sqrt{3}}\right)^2} \\
 &= 0.415 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(b) 누적강수량

누적강수량 29 mm에 대한 불확도는 식(12)에서

$$\begin{aligned}
 u(y) &= \sqrt{n^2 \left(\frac{U}{k}\right)^2 + 2 \left(\frac{0.5}{\sqrt{3}}\right)^2} \\
 &= \sqrt{29^2 \cdot \left(\frac{0.009}{2}\right)^2 + 2 \left(\frac{0.5}{\sqrt{3}}\right)^2} \\
 &= 0.429 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

② 포함인자

포함인자 $k = 2$ (신뢰수준 95 %)

③ 확장불확도

(a) 시간강수량

시간강수량 17 mm에 대한 확장불확도는 다음과 같다. (신뢰수준 95 %, $k = 2$)

$$\begin{aligned}
 U &= k \cdot u_c \\
 &= 2 \cdot 0.415 \\
 &= 0.83 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(b) 누적강수량

누적강수량 29 mm에 대한 확장불확도는 다음과 같다. (신뢰수준 95 %, $k = 2$)

$$\begin{aligned}
 U &= k \cdot u_c \\
 &= 2 \cdot 0.429 \\
 &= 0.86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

6) 누적강수량, 시간강수량 및 불확도 보고(안)

▣ 측정위치 및 측정환경

항 목	내 용
댐 명	대청댐
관 측 소 명	문의우량국
주 소	충북 청원군 문의면 상장리 산1-8
경 도	127° 30' 31"
위 도	36° 30' 46"
고 도	81 m

▣ 측정 데이터

년 - 월 - 일 시	누적강수량 (mm)	시간강수량 (mm)
2013-07-05 01	0	0
2013-07-05 02	4	4
2013-07-05 03	12	8
2013-07-05 04	29	17
2013-07-05 05	34	5
2013-07-05 06	35	1
2013-07-05 07	38	3
2013-07-05 08	41	3
2013-07-05 09	41	0
2013-07-05 10	41	0
2013-07-05 11	41	0
2013-07-05 12	43	2
2013-07-05 13	47	4
2013-07-05 14	48	1
2013-07-05 15	50	2
2013-07-05 16	53	3
2013-07-05 17	53	0
2013-07-05 18	54	1
2013-07-05 19	56	2
2013-07-05 20	56	0
2013-07-05 21	56	0
2013-07-05 22	56	0
2013-07-05 23	56	0
2013-07-05 24	56	0

※ 시간강수량 측정불확도 : $U = 1 \text{ mm}$ (신뢰수준 약 95 %, $k = 2$)

※ 누적강수량 측정불확도(년말 1600 mm 기준) : $U = 15 \text{ mm}$ (신뢰수준 약 95 %, $k = 2$)