

서베이미터(S.V) 측정불확도 추정

Park, Jae-duck

Iljin Radiation Engineering Co. Ltd., 19-13, Seoku-dong, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea

Author: rin1202@dreamwiz.com

중심어 : S.V, 교정인자, 상대표준불확도

서론

감마선에 의한 공간선량을 측정을 목적으로 하는 서베이미터의 교정은 기준조사장치에 의하여 형성된 기준 방사선장에 의하여 결정된 선량율과 측정기 지시 값과의 관계를 구하는 것이다.

교정을 위하여 서베이미터를 교정위치에 세팅하고 카메라를 이용하여 지시값의 변동이 안정될 때까지 충분한 시간을 두고 기다린 후 교정을 수행하였다.

본론

서베이미터내에 있는 검출기의 위치를 빔 입사방향과 직교하도록 설치하고, 레이저 조준장치와 측정기 이동장치를 사용하여 서베이미터 검출기의 중심점이 빔의 중심축 상에 놓이도록 측정기의 좌우 상하방향을 조절한다.

교정대를 기준점으로 이동시킨 후 측정점 재현장치(레이저 또는 측각기) 중심점의 이동선이 교정대 상단의 기준선과 일치함을 확인한 후 측정점 재현장치와 측정기 이동장치를 사용하여 서베이미터 검출기의 중심점이 기준점을 포함한 기준면 상에 위치하도록 측정기의 전후방향을 조절한다

그리고 감마선 조사장치의 교정성적서 data를 이용하여 측정하고자 하는 선량이 형성되는 지점을 산출한 후 이동장치를 사용하여 측정기를 해당지점으로 이동시키고, 측정지점에서 빔의 크기가 검출기의 1.5배 이상이 되도록 빔 크기를 조절한다.

적용 내용

3.1 교정인자 계산

교정값을 계산하기 위해 공기커마-선량당량 환산인자는 Cs-137 감마선원인 경우 1.21 Sv/Gy를 적용한다.

교정인자는 다음 식에 따라 산출되며

$$N_{\beta} = \frac{D}{M \times k_{tp}} \times k_{fr} \times k_{fd} \times k_d = \frac{H'(0.07)}{M \times k_{tp}} \times k_{fr} \times k_{fd} \times k_d$$

교정인자는 표1과 같다.

표1. 교정인자

기준선량 (mSv/h)	측정값 (mSv/h)	교정인자
30	28	1.071
50	47	1.064
80	75	1.067
평균 교정인자		1.067
평균의 표준편차		0.002
상대표준불확도		0.19 %

3.2 요인별 불확도 평가

○ 기준 흡수선량(율)의 표준불확도 : $u(\dot{D})$

감마선 조사장치 성적서에 주어진 확장불확도가 포함인자 $k=2$ 를 적용하여 2.4 % 라고 하면 상대표준불확도는 $u(\dot{D}) = \frac{2.4}{2} = 1.2\%$ 이

며 이때 자유도는 ∞ 이다.

○ 평균 교정인자 통계적 표준불확도 : $u(M)$

교정결과에서 구한 교정인자의 평균값이 갖는 표준편차를 상대표준불확도로 환산하여 적용한다.

○ 교정대상기기 지시값 흔들림의

표준불확도 : $u(k_{fr})$

지시치의 흔들림의 상대표준불확도는 아래 식과 같이 구하며

$$\text{표준불확도} = \frac{\frac{(\text{최대값} - \text{최소값})}{2}}{\sqrt{6}}$$

$$\text{상대표준불확도} = \frac{\text{표준불확도}}{\text{평균값}} \times 100 \%$$

이때 자유도는 ∞ 이다.

○ 분해능의 표준불확도 : $u(k_r)$

교정대상기기의 눈금이 일반적으로 25등분으로 되어 있으므로 반범위를 직사각형 분포로 추정하여 표준불확도를 평가한다.

$$u(k_r) = 100 \times \frac{1}{25 \times 2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 1.15 \%$$

○ 조사빔 균질성의 표준불확도 : $u(k_{fd})$

유효빔 크기에서의 최대퍼짐 5%(± 2.5 %)의 절반을 직사각형 분포로 하여 평가한다.

$$u(k_{fd}) = 2.5 \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 1.44 \%$$

○ 선량환산인자의 불확도

ISO에서 제시한 바에 따라 상대표준불확도를 2 %로 적용한다.

○ 위치 재현성 표준불확도 : $u(k_d)$

거리측정에 사용되는 자(예를 들어; magnet scale)의 분해능(resolution)이 1 mm인 경우 직사각형 분포로 해석하여 1 000 mm에 대한 상대표준불확도 $u(k_r)$ 를 평가하며, 거리는 $1/r^2$ 에 따라 선량값에 영향을 주게 되므로 k_d 값의 상대표준불확도는 분해능(k_r)의 2배로 평가함.

$$u(k_d) = 2 \times u(k_r) = 2 \times \left(\frac{1}{1000} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times 100 \right) = 0.12 \% \text{이다.}$$

이상과 같이 각 요인들의 불확도를 요약하면 표

2와 같다.

	량 X_i	추정치 x_i	표준불확도 (%)	확률분포	감도계수 C_i	기여량 (%)	자유도
A	\dot{K}	0.35 ~ 64 mGy/h	0.85	N	1.0	0.85	∞
		6 ~ 125 μ Gy/h	1.40	N	1.0	1.40	∞
B	h	1.20	2.00	N	1.0	2.00	∞
C	M	0.955 ~ 0.988	1.07	t	1.0	1.07	2
D	k_{fr}	1.0	1.31	T	1.0	0.00	∞
E	k_{fd}	1.0	1.73	R	1.0	1.73	∞
F	k_d	1.0	0.29	R	1.0	0.29	∞
G	k_{tp}	1.013 ~ 1.014	0.02	N	1.0	0.02	∞
	\dot{K}_D	0.976	2.99 %				
			3.19 %				
확장 불확도			6 %				
			6.4 %				

결론

피교정기기의 특성상 교정인자는 1회 조사로 결정되므로 지시 값의 불확도는 교정인자의 통계적 표준불확도에 따르고, 요인별 불확도를 평가하여 상대표준불확도를 감도계수로 곱하여 기여량을 합성한 상대합성표준불확도가 각각 3 %, 3.2 %로 산출되었다.

확장불확도로 표현되는 측정불확도는 신뢰수준 95 %, $k=2$ 에서 유효숫자 두자리를 취하여 각각 $3 \times 2 = 6 \%$, $3 \times 3.2 = 6.4 \%$ 로 나타났다.

참고문헌

- [1] KASTO 엑스선 및 감마선 서베이미터 교정 절차서
- [2] KRIS-99-070-SP 측정불확도 표현지침