

승강장 스크린 도어 시스템 특성 시험의 반복 측정에 의한 불확도 개선 고찰

A study of improvement of uncertainty by repeated measurement for PSD(Platform Screen Door) Performance Test

온정근* 김명룡** 윤명상*** 김원경**** 원시태*****
Ohn, Jung-Ghun Kim, Myung-Yong Yun, Myung-Sang Kim, Won-Kyong Won, Si-Tae

ABSTRACT

A PSD system has a lot of characteristic for safety. Trust of performance test is very important. But PSD performance test has an effect on trust by proficiency of test staff because it is difficult to automate. In that specially the effort test, manual opening and shutting test and abrasion measurement, test staff is demanded for proficiency. Therefore the paper repeated measurement in same condition and studied proficient factor of examiner according to increased measurement counter. As a result, measurement uncertainty has improved.

1. 서 론

PSD(승강장스크린도어시스템)란 도시철도 승강장에 설치하여 열차를 이용하는 승객이 선로로 추락하거나, 도시철도차량과 충돌하는 안전사고를 방지하기 위하여 설치하는 장치, 시설 및 제어시스템 등을 의미한다.

PSD는 안전을 위한 많은 특성을 가지고 있다. 승객의 신체와 직접 접촉되어 상해가 예상되는 날카로운 부분은 안전한 고무패드로 처리하거나 부드러운 곡선 처리로 안전을 최대한 강구하여야 한다. 유사시에 비상스위치로서 쉽게 열 수 있어야 하며, 전원이 차단된 경우에는 수동으로 쉽게 열 수 있어야 한다. 그렇기 때문에 PSD의 안전을 확인하는 시험인 성능시험은 신뢰도가 중요하다. PSD는 열차승강장에서 승객의 안전을 확보하는 최종의 수단이 되기 때문이다. 그러므로 PSD의 성능시험은 높은 신뢰성을 요구하고 있다. 그러나 이러한 성능시험은 시험기에 의한 자동 측정이 어려울 뿐 아니라 시험자의 숙련도에 의하여 시험결과의 신뢰도에 많은 영향을 미치고 있다.

이에 이 논문에서는 PSD에서 출입문의 동작 및 장애물검지 등에 중요한 역할을 하는 도어엔진과 제어부에 대한 성능시험을 실시하였다. 성능시험을 반복하여 실시함으로써 시험자의 숙련도가 성능시험에 미치는 영향을 분석하여 보다 신뢰성이 높은 성능시험을 개선할 수 있는 기본 자료로 사용할 것이다.

2. PSD 시험의 개요

국내에서 PSD에 대한 시험규격으로는 도시철도법에 의한 성능시험기준(KRT-EG000-PSD001)이 유일한 기준이다. 이 규격에서는 검사, 재질시험, 성능시험, 환경시험, 하중시험, 내구시험, 전자파 적합성 시험, 인터페이스시험, 설치운용 시험 등을 실시하도록 규정하고 있다.

검사 및 재질검사는 시험품의 기본 치수 및 외관, 재질에 대한 적합성을 확인하는 시험이며, 성능시험은 PSD의 기본 특성을 확인하는 시험으로 작용력, 작동시간, 수동개폐력 등으로 구성되어 있다. 환경시험은 구성품의 온도나 습도 등의 환경요인에 대한 내성을 확인하는 시험이며, 하중시험은 프레임에 대한 내구성능을 확인하는 시험이다. 내구시험은 PSD의 종합적인 내구능력을 확인하는 것으로 50만회를 기본으로 시험한다.

* 책임저자, 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과, 한국철도기술연구원 철도시험인증연구원, 정희원

jgohn@krri.re.kr

Tel : (031)460-5516 FAX : (031)460-5509

**한국철도기술연구원 철도시험인증연구원, 정희원

***한국철도기술연구원 철도시험인증연구원, 비희원

****한국철도기술연구원 철도시험인증연구원, 정희원

*****서울산업대학교 공과대학 금형설계공학과

본 연구에서는 성능시험 중에서 시험자 숙련도에 의하여 결과 값에 많은 영향을 받는 시험인 작용력 시험 및 수동개폐력 시험에 대한 시험자의 숙련도를 반복측정에 의한 A형 불확도를 측정하여 본다.

3. 시험 방법

이 시험은 PSD의 100만회 내구시험 중에 실시된 특성시험의 결과이다. 내구시험 중에 5만회마다 특성시험을 실시하여 각 특성의 변화 및 PSD의 이상 여부를 판단하게 된다. 이 논문의 결과는 16회에 걸쳐 측정된 데이터이며 108일에 걸쳐 수행된 것이다. 시험이 진행되는 동안 제품의 운영환경은 상온 상습을 유지하였다.

3.1. 작용력측정 시험

작용력측정 시험은 PSD가 닫힐 때 작용하는 힘을 측정하는 힘이다. 이것은 닫힐 때 승객이 사이에 끼거나 중간에 걸릴 때 가해지는 충격을 주는 힘으로서 규격에는 400 N (40.1 kgf)이하로 규정되어 있으며, 이 힘은 승객의 안전을 확보할 수 있는 값이다.

이 시험은 푸쉬풀게이지(MPL-200)로 측정하며, PSD가 동작하는 중에 일정한 힘으로 측정하여야 하므로 시험자의 숙련도가 매우 필요한 시험이다.

3.2. 수동개폐력측정 시험

수동개폐력측정 시험은 PSD의 동력이 없을 경우 출입문의 동작에 필요한 힘을 측정하는 시험이다. 이것은 PSD의 동력이 차단되었을 경우 승객이 스스로 출입문을 열고나올 수 있는 힘으로서 노약자가 열수 있는 최소의 힘으로서 100 N(10.1 kgf) 이하를 규정하고 있다.

4. 측정 결과

PSD의 특성을 100만회에 걸쳐 5만회마다 측정하여 다음과 같은 결과가 나왔다.

4.1. 작용력측정 시험 결과

작용력을 측정한 결과는 그림1의 그래프와 같다. 작용력은 도어엔진의 전원변동범위에 대하여 측정하였다. 측정1은 전원정격의 +15%, 측정2는 정격전원에서, 측정3은 전원정격의 -15%에

서 측정한 값이다. 다음의 값은 각 측정값의 평균값이다.

표 1 작용력 측정 결과값

	평균값	표준편차
측정1	23.84 kgf	0.364
측정2	23.73 kgf	0.387
측정3	23.70 kgf	0.292

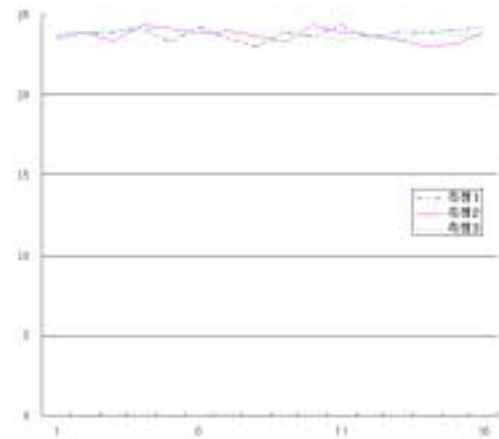


그림 1 작용력 측정 결과

4.2. 수동개폐력측정 시험 결과

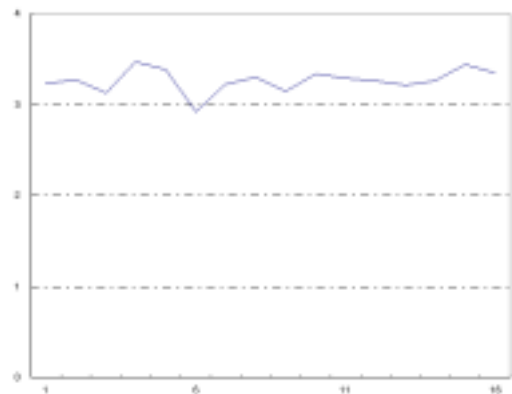


그림 2 수동개폐력측정시험 결과

수동개폐력을 측정한 결과는 그림2와 같다. 측정값의 평균은 3.26 kgf 이었으며, 표준편차는 0.127 이었다.

5. 시험 결과의 분석

5.1. 작용력 측정 시험 분석

작용력측정시험의 결과 평균값의 변동이 있으며 미세하게 하강하는 그래프를 형성하고 있다. 이 시험에서는 이 하강하는 값이 내구시험의 진행에 따른 성능의 영향인가 아니면 시험자의 측정에 대한 결과인가를 판단하여야 한다. 이를 위하여 측정값에 대한 표준편차를 계산하였다.

작용력시험의 표준편차를 계산한 결과는 다음 그림3의 그래프와 같다.

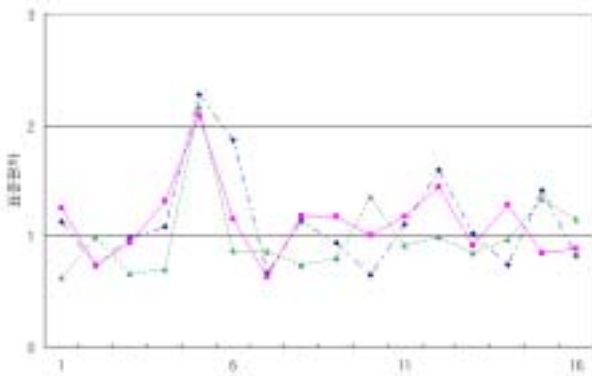


그림 3 작용력측정시험의 결과값 표준편차

작용력은 내구성시험 중에 평균 23.70 ~ 23.84 kgf 이었으며 표준편차는 0.292 ~ 0.387의 범위를 가졌다. 그러나 내구시험 중의 시험자의 측정 표준편차는 최소0.629에서 2.278의 범위를 보여 내구시험 중의 작용력의 변화는 시험자의 측정 표준편차 이내로서 내구에 의한 성능 변화로 보기 어렵다.

5.2. 수동 개폐력 측정

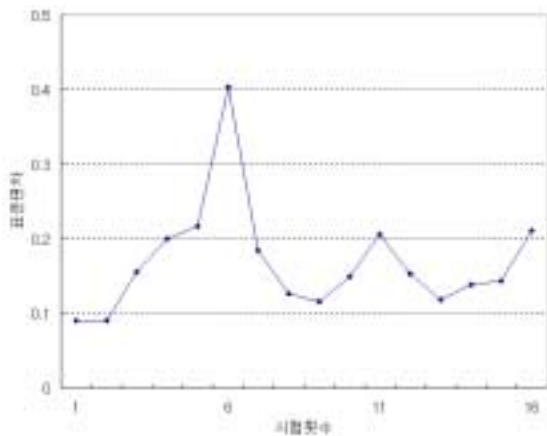


그림 4 수동개폐력 결과 값의 표준편차

수동개폐력의 결과값 역시 변동을 보이고 있다. 내구시험 중에 측정된 수동개폐력의 평균은 3.26 kgf이었으며 변동 표준편차는 0.126 kgf이었다. 시험자의 측정 표준편차를 계산한 그래프를 그림4에서 보였다. 시험자의 측정 표준편차는 최소 0.09에서 최대 0.403까지의 범위를 보였다. 때문에 측정 결과값의 변동 표준편차와 시험자의 측정 표준편차가 구별할 수 없어 시험결과값의 변동값이 내구에 의한 성능변화로 보기는 어려운 것을 알 수 있다.

5.3. 시험결과에 대한 분석

작용력측정시험에서 측정 표준편차 그래프인 그림3과 그림4를 보면 3구간으로 구분할 수 있다. 1구간은 1회에서 3회까지의 구간이며, 2구간은 4회에서 7회까지의 구간이며, 3구간은 나머지 구간이다. 1구간의 측정값의 평균은 적은 변동을 보이고 있으며 표준편차도 작게 나왔다. 그러나 2구간에서는 표준편차가 급격히 상승하였으며, 평균값의 변동 폭도 커지고 있음을 보인다. 3구간에서는 결과 값의 변동이 약간 작아지며 표준편차는 2구간에 비하여 작아짐을 볼 수 있다. 다음 그림5는 작용력의 평균값 그래프를 확대한 그래프로써 각 구간의 특성을 명확히 볼 수 있다.

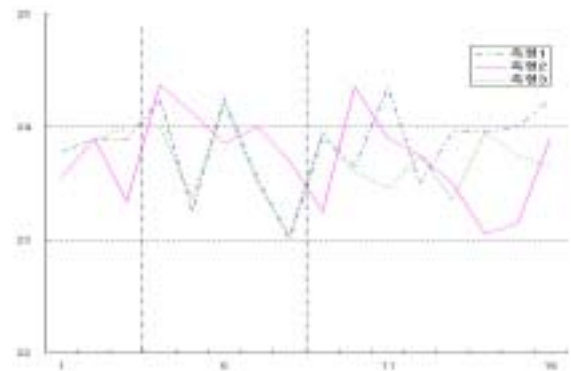


그림 5 작용력 측정값 (확대)

이러한 특성은 수동개폐력측정에서도 보이고 있다. 1구간에서의 표준편차는 아주 작은 값을 보이고 있다가 2구간에서 표준편차의 급격한 증가를 보이고 있으며, 3구간에서는 안정되어가는 것을 볼 수 있다.

이에 대한 요인을 분석한 결과, 다음과 같은 요인을 찾아낼 수 있었다.

- 1구간 : 측정 방법 변화
- 2구간 : 시험자 심리적 요인의 변화
- 3구간 : 정상적 측정 방법과 시험자의 심리적 안정

1구간에서의 시험자는 1회 측정 시 여러 번 반복하여 측정하여 그 중 적합하다 판단되는 값을 결과 값을 선정하여 기록하였다. 이는 시험자의 숙련도에 의지하는 방법이다. 시험자의 숙련도가 올라갈수록 측정값의 신뢰도가 높으나 경험이 없는 시험자에 대한 신뢰성이 의심될 수 있는 방법이다. 결과적으로 값이나 표준편차가

안정되고 적은 변동을 보이고 있으나 측정에 대한 신뢰도는 떨어질 수 있다. 이후 이에 대한 연구가 연속되어야 할 것으로 판단된다.

2구간에서의 심하게 변동된 요인을 찾아본 결과 시험자는 개인적인 급한 일을 처리한 기간으로서 시험자의 집중력이 저하되었음을 볼 수 있다. 때문에 측정값의 급격한 변화를 가져오고 있다. 이에 시험자의 심리적인 상태가 시험결과에 매우 많은 영향을 미침을 알 수 있다. 다행히 시험결과에 대한 신뢰도에 이상을 발생시킬 수 있는 수준의 불확도는 아니다.

이는 시험자의 심리적 변화가 시험에 영향을 미치지 않고 시험결과에 대하여 신뢰성을 가질 수 있도록 관리가 필요함을 알게 한다. 만약 시험자의 개인적 심리상태가 시험결과에 영향을 미칠 수 있는 결과를 가져올 경우 잠시 휴식이 취하는 조치가 필요하다.

3구간에 시험자는 시험방법의 변화를 가져왔다. 1구간에서는 시험자가 연속으로 반복하여 측정한 값 중에서 대푯값을 선정하여 기록하였으나, 3구간에서와 시험자 숙련도에 의한 영향을 최소화하기 위하여 판단 없이 측정된 값을 그대로 기록하였다. 결과적으로 측정값의 표준편차는 넓어졌으나 측정결과가 일정한 형태를 보임을 알 수 있다. 이 값은 시험자의 경험을 반영하는 A형 불확도로 판단할 수 있다.

3구간에 대한 시험자의 A형 표준불확도를 계산한 결과는 다음과 같다.

작용력시험의 A형 표준불확도

$$= \pm 2.374 \text{ kgf} \quad 95\% \text{ 신뢰수준, } k=2$$

수동개폐력시험의 A형 표준불확도

$$= \pm 0.206 \text{ kgf} \quad 95\% \text{ 신뢰수준, } k=2$$

6. 결 론

시험은 신뢰도를 바탕으로 하는 행위이다. 시험은 신뢰성 있는 자동 계측기의 사용을 요구하고 있으며, 최근 계측기의 발전으로 계측기의 신뢰도는 상승하고 있다. 이에 비하여 시험자의 측정 신뢰도는 시험기관의 정책과 시험기관의 시험자 운용에 따라 많은 변화를 가져오고 있다.

이 연구에서는 PSD의 성능시험인 작용력시험과 수동개폐력시험을 통하여 시험자에 따른 측정불확도를 측정함으로써 시험자가 시험의 신뢰도에 미치는 영향을 확인하여 보았다. 그 결과 시험자의 심리적인 상태가 시험에 매우 많은 영향을 미침을 알 수 있었으며, 시험방법에 따라 측정값의 신뢰성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그러므로 일정한 시험을 진행하기 위하여 측정하는 상세한 방법을 규정하는 것이 필요할 것으로 판단되며, 시험자의 심리적인 안정을 위한 환경 조성 및 인적 자원 관리에 보다 적극적인 투자가 필요할 것으로 판단된다.

이 연구의 결과에서 시험자의 잦은 교체나 변동은 시험 결과의 신뢰성에 많은 영향을 미침을 알 수 있어, 시험기관들의 시험자에 대한 관리의 중요성을 인식시키고 있다.

※참고문헌

1. ISO(1933), "Guideto the Expression of Uncertainty in Measurement"
2. 한국시험·검사기관 인정기구(KOLAS), KOLAS-R-005(2000)“측정결과에 대한 불확도 산정 및 표현을 위한 지침”,
3. 한림원, 최주호(2006), “측정 불확도 평가”
4. 정낙삼(1999), “측정불확도 표현 지침(개정판)”, 한국표준과학연구원