

철도차량 및 부품에 대한 한국적 환경시험 기준 설정에 관한 연구

A Study on the Environmental Test Guidelines for Rolling Stock and Components in the Korean Peninsula홍연웅[†], 황보작^{*}, 남시호^{**}Yeon Woong Hong[†], Jak Whangbo^{*}, Si Ho Nam^{**}

Abstract Environmental tests are used to verify a piece of equipment can withstand the rigors of harsh environments, for example: high and low temperatures, high or low humidity, vibrations, etc. Such tests are most commonly performed on equipment used in military, maritime, aeronautical and rolling stock applications. The UIC enacted standards related to environmental testing of rolling stocks and parts, applying them to development stages or stages of mass production. Almost Korean railway standards also adopt similar to the international standard level. However, there may be a discrepancy between the standards in Korea's environment. This paper describes the need for railway standards in accordance with Korean environmental conditions.

Keywords : Environmental test, Temperature, Korean peninsula, Korean railway standards

초 록 철도차량 및 부품에 대한 환경시험이란 이들의 수명 주기 동안 이들에 영향을 미치는 모든 저장, 운송 및 운용환경에 대한 수요자의 요구조건을 보장할 수 있음을 입증하는 시험을 의미한다. 세계철도연맹(UIC)과 유럽연합 등에서는 철도차량 및 부품의 환경시험과 관련한 규격을 제정하여 개발단계 및 양산단계에 적용하고 있으며, 한국의 환경시험 규격도 대부분 UIC나 BS EN(British Standard European Norm), IEC 등의 국제규격 수준으로 적용하고 있어 한국의 환경에 부합한 규격과는 괴리가 있을 수 있다. 본 연구에서는 한국적 환경여건에 부합한 철도규격 제개정의 필요성에 대하여 온도를 예를 들어 설명하고 이로 인하여 기대되는 효과에 대하여 알아본다.

주요어 : 환경시험, 온도, 한반도, 한국철도규격

1. 서 론

철도표준규격은 철도용품 품질인증을 위한 시험규격, 제작자·운영자의 철도용품 제작 및 구매를 위한 기술자료로 활용된다. 국내 철도관련 표준은 한국산업표준(KS)과 단체규격인 철도표준규격(KRS), 사내표준으로 철도공사규격 및 철도시설공단규격이 운영되고 있으며, 이들 표준은 KS, BS EN, IEC, ISO, ASTM 등의 최신 규격을 인용규격으로 채택하여 국제표준 수준에 부합화 할 수 있는 체계를 갖추고 있다. 그러나 철도용품의 국제수준 부합화는 철도용품 공급자의 목표가 될 수 있어도 철도용품을 조달하여 국내 환경에서만 운영하는

[†] 교신저자: 동양대학교 경영학과(hong@dyu.ac.kr)

^{*} 동양대학교 철도경영학과

^{**} 코레일 전략기획실

수요자의 목표라고 할 수 없으며, 수요자는 그들의 운용환경과 목적에 적합한 사양의 철도용품을 합리적인 가격으로 조달하면 된다.

철도용품은 출하·이동·보관·운영되는 과정에서 다양한 환경에 노출된다. 제조상 결함이 없는 철도용품이 운용현장에서 고장이 발생하는 주요 원인 중 하나는 설계 시 고려하지 못한 환경에 노출되기 때문이다. 이와 같이 철도용품이 저장·운송·사용 중에 노출될 수 있는 환경 스트레스에 대하여 충분한 내성을 가지며, 수명주기 동안 정상적인 기능을 수행할 수 있도록 설계·제조되었는지를 시험·평가하는 것을 환경시험이라 한다. 따라서 이들을 설계할 때 사용 환경에 대한 선행 조사에 기초하여 철도용품의 설계기준과 시험항목, 시험조건 등이 종합적으로 검토되어야 한다. 환경시험은 환경 스트레스의 종류에 따라 온도, 습도, 온도변화 등의 기후적 환경시험과 진동, 충격 등의 기계적 환경시험 등으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 환경시험의 기본 항목인 온도와 관련된 자연환경온도 및 유도환경온도(induced temperature) 가운데 자연환경 온도에 초점을 둔다.

우리나라의 환경시험은 대부분 국제규격을 준용하고 있으며, 한국산업규격(Korean Industrial Standards)도 국제규격을 참조·인용하여 제정되었기 때문에 환경시험 관련 규격의 엄격도 수준은 국제규격과 동일하거나 유사하다고 할 수 있다. 역설적으로 이는 우리나라의 환경여건을 반영한 규격이라기보다 전지구적 환경 여건을 반영한 것으로 국제규격이나 다름없다. 수출용 제품은 사용환경이 전지구이므로 국제규격을 적용함이 당연하다. 그러나 내수용 제품은 우리나라 자연 환경에 적합한 엄격도를 적용함이 타당할 것이다. 한반도 기후 환경보다 가혹한 전지구적 환경을 기초로 설정된 국제규격을 내수용 철도용품의 환경시험규격으로 적용하면 과도한 설계로 인한 불필요한 비용이 발생할 수 있다. 일례로 -40°C 에서 70°C 까지 측정 가능한 데이터 로거는 -30°C 에서 40°C 까지 측정할 수 있는 제품에 비하여 매우 비싸게 판매되고 있다. 이러한 배경에서 한반도의 자연환경조건을 반영한 철도용품에 적용 가능한 한국형 환경시험규격을 제정할 필요가 있다. 한국형 환경시험규격의 제정을 통하여 개발비와 운용유지비용의 절감 등을 기대할 수 있을 것이다.

철도용품의 수요자(코레일 등)는 운용환경에 대한 분석을 토대로 철도용품이 노출될 자연환경에서 정상적으로 운용할 수 있도록 철도용품의 설계목표 및 운영 목표를 결정하고 이를 반영하여 제정한 철도표준(설계요구서 또는 사양서 등)을 철도용품 공급자에게 제시하여 철도용품을 공급받는 구조이다. 한국에서만 운용되는 철도차량에 대하여 한국의 기후 환경에 적합하지 않는 과도한 기준을 적용하면 예산의 낭비를 초래할 수 있으며, 미흡한 기준을 적용하면 장비의 신뢰성 저하로 안전성이나 운용성능에 심각한 문제를 유발할 수 있다. 본 연구에서는 철도표준규격의 운용에 대한 효율화 및 적합화(tailoring)라는 차원에서 가장 중요한 온도기준의 한국적 환경 적합화에 대한 필요성을 제기한다.

2. 철도규격 현황

2.1 철도규격 분석

2.1.1 일부 철도규격의 설계 온도 조건

Table 1은 한국철도표준규격의 일부이다. 초단파 무선송수신기(복합형 전기동차용)의 사용온도는 -20℃~60℃, 여객자동안내장치와 열차행선안내장치는 작동 기준으로 -30℃~50℃, 전기기관차 모니터장치는 -25℃~50℃, 전차선로용 피뢰기는 -40℃~40℃, 현수애자는 내후성 시험 항목을 규정하고 있으나 폐지된 규격(IEC 62217)을 인용하고 있어 최신화 하여야 한다. 몇 가지 규격에서 보았듯이 규격의 적용범위(scope of application)에 따라 온도 기준이 상이함을 알 수 있다. 철도용품이 노출되는 환경에 따라 온도 기준의 적정성을 판단하므로 환경이 서로 다르면 당연히 온도기준도 상이할 수 있다. 그러나 과도하거나 부족하지 않도록 설계하는 것이 중요하다.

Table 1 Several Korail Standards and Temperature guidelines

Korail Standards	Scope of application	Temperature guideline
KRS-CM-0008-08R 초단파 무선송수신기 (복합형 전기동차용)	전기동차용 무선통신장치의 초단파무선송수신기와 이의 부속품	사용온도 : -20℃~60℃
KRS CM 0017 - 13 (R) 여객자동안내장치	역의 광장, 대합실 및 승강장의 여객에게 열차운행정보를 자동으로 안내하기 위한 장치	옥외설비는 -30℃~50℃, 습도 20%~80%의 외부조건 에서도 동작이 양호하여야 함
KRS CM 0018 - 13(R) 열차행선안내장치	열차운행정보를 역 승강장의 여객에게 자동으로 안내하기 위 한 열차행선안내장치	
KRS OS 0001 - 14 (R) 전기기관차 모니터장치	전기기관차용 모니터장치에 대하여 적용	사용온도 : -25℃~50℃
KRS PW 0004 - 15 (R) 전차선로용 피뢰기	교류 25kV 전차선로에서 뇌 또는 회로개폐에 의한 과전압을 제한하며 ... 피뢰기에 적용	정상상태: (1) 주위온도 : -40℃~40℃ (2) 해발 1,000 m이내
KRS PW 0016 - 15 (R) 현수애자(전철용 고분자 T-s)	AC 25 kV 전차선로에 사용하는 고분자(Polymer)제 현수애자	가속 내후성 ... 시험방법과 판정은 IEC 62217에 따른다. (IEC 62217: 폐지규격)

2.1.2 일부 철도규격의 설계 온도 조건에 대한 적정성 판단

온도기준의 적정성은 장비의 노출환경에 대한 과거와 미래 극치기온의 통계적 분석 및 예측을 토대로 판단할 수 있다. 자연환경에서 관측되어 공식적으로 인정받는 한반도의 최고기온은 1942년 8월 1일 대구에서 기록된 40℃, 남한의 최저 기온은 1981년 1월 5일

양평에서 기록된 -32.6°C 이고, 한반도의 최저기온은 1933년 1월 12일 중강진에서 기록된 -43.6°C 이다[3]. 극치기온값만 고려하여 Table 1의 표준에 대한 적절성을 판단하여 정리하면 Table 2와 같다.

초음파무선송수신기는 사용온도가 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 라고 규정되어있는데 기관실에 고정되어 사용하는 형식이면 적적하다고 할 수 있으나 이동할 수 있는 형식이면 한반도의 극고온과 극저온에 비하여 저온은 과소하고 고온은 과도하다고 할 수 있다. 여객자동안내장치와 열차행선안내장치는 옥외설비로 저온은 적정수준이나 고온은 과도하다고 사료된다. 기관실 내부에 설치되는 전기기관차 모니터 장치는 유도환경 설계기준을 준용함이 바람직하여 한반도의 동절기와 하절기 유도환경에 대한 온도 분석을 토대로 판단하여야 하는데 하절기 차량내부 온도가 60°C 이상 관측되는 경우가 빈번함을 감안하면 과소하다고 판단된다.

이와 같은 온도기준의 적정성에 대한 판단은 실측된 기온분석을 기초로 발생확률과 리스크 분석을 통해서 판단하여야 한다.

Table 2 Researchers' opinions on some temperature guidelines of Korail standards

Korail Standards	Temperature guideline	Researchers' opinion
KRS-CM-0008-08R 초단파무선송수신기(복합형 전기동차용)	사용온도 : $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$	고정형이면 적정, 이동형이면 저온은 과소, 고온은 과다
KRS CM 0017 - 13 (R) 여객자동안내장치	옥외설비는 $-30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$, 습도 20%~80%의 외부조건 에서도 동작이 양호하여야 함	저온은 적정, 고온은 과다
KRS CM 0018 - 13(R) 열차행선안내장치		
KRS OS 0001 - 14 (R) 전기기관차 모니터장치	사용온도 : $-25^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$	저온 고온 모두 과소 (유도환경 설계기준을 적용해야 함)
KRS PW 0004 - 15 (R) 전차선로용 피뢰기	정상상태: (1) 주위온도 : $-40^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ (2) 해발 1,000 m이내	저온은 과다 고온은 적정 또는 다소 낮음
KRS PW 0016 - 15 (R) 현수애자(전철용 고분자 T-s)	가속 내후성 ... 시험방법과 판정은 IEC 62217에 따른다. (IEC 62217:폐지규격)	$-30^{\circ}\text{C}\sim 42^{\circ}\text{C}$ 수준이 적정하나 추가 연구 필요함

2.2 철도규격의 온도 기준 설정 방안

기온이 철도용품에 미치는 영향은 평균기온보다 극고온이나 극저온이 절대적으로 크므로 이들에 관심을 가져야 한다. 철도용품이 고온이나 저온 부근에서 정상 기능을 수행한다면 저온과 고온 사이의 모든 온도에서 정상 작동한다고 할 수 있다. 합리적 수준의 고온이나

저온의 환경시험 기준값을 설정하려면 고온 및 저온 자료에 기초하여 다양한 통계적 방법을 이용할 수 있다. 즉, 자연환경과 유도환경에서 과거에 발생한 극값과 미래에 발생할 극값에 대한 통계적 분석을 토대로 사용자(코레일)가 결정하는 것이 바람직하다. 참고로 미국의 환경시험에 관한 국방규격(MIL-STD-810G)에서는 장기간의 관측자료 중 혹서 및 혹한 1개월의 온도값에서 산출된 발생빈도(frequency of occurrence) 값을 적용한다. 코레일에서도 한국의 기후 요소에 대한 분석을 토대로 합리적인 방법으로 온도기준을 설정하는 것이 바람직하다고 사료된다.

5. 결 론

철도용품의 환경시험은 전 수명주기 동안 영향을 받을 수 있는 운용환경에 대해서 수요자의 요구조건에 정의된 기후인자별 운용위험도 또는 수명을 보증함을 입증하는 과정이다. 철도용품은 수송-저장-운용의 수명단계를 거치면서 온도, 습도, 강우, 일사 등 다양한 환경요소에 의해 영향을 받는다. 사용 환경에 대한 내환경성을 입증하지 못한 철도용품은 운용단계에서 인적·물적 피해를 야기할 수 있으며, 나아가 운용목표 달성에 심각한 지장을 초래할 수 있다. 따라서 철도용품 조달을 기획하는 단계에서 철도용품이 노출될 수 있는 환경조건을 고려하여 설계 기준 및 시험평가 기준을 설정할 필요가 있다. 한국내에서 운용될 철도용품의 환경시험기준을 설정함에 있어 전세계를 운용 대상으로 하는 외국의 환경시험 기준을 한국적 환경에 적합화(tailoring)하는 과정을 생략하여 적용하면, 한국의 환경과 부합하지 않으므로 조달 비용이 증가하거나 운용 및 수리비가 과다하게 발생할 수 있다. 한국군에서도 건군이래 70여년 동안 한반도의 기후환경조건에 비하여 과도한 미군의 환경시험 규격을 적용하여왔으나 최근에는 한반도 기후 환경에 부합한 규격을 제정하는 연구를 통하여 국방예산을 절감하려고 노력하고 있음을 참고할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] MIL-STD-810G (2009), Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, presently.
- [2] MIL-HDBK-310 (1997), Global climatic data for developing military products.
- [3] J. Moon, D.G. Kim, I.C.Sung, Y.W. Hong (2016), A study on the temperature guidelines for weapon system test and evaluation in the Korean peninsula, Journal of the Korean Data & Information Science Society, 27(6), pp.1593-1600.