

철도차량 진동규격 현황과 전망

The State of the Art and Perspective in Rolling Stocks Vibration Standards

김종걸, 심중호

성균관대학교 시스템경영학부

경기도 수원시 장안구 천천동 300

Kim Jong-gurl · Shim Jung-ho

School of Systems Management Engineering, Sung Kyun Kwan University

Abstract

It is an hot issue to reduce vibration for improving quality, reliability and safety in railway vehicles including magnetic levitation, monorail way, surface car etc. This paper aims at literature survey in rolling stocks vibration standards .

Firstly, we investigate literature concerned vibration test standards and compare these standards. Secondly, we give some suggestions for future study and developing new test standards.

1. 서 론

최근 산업발달과 더불어 증가하는 자동차수에 밀려 도심의 도로와 고속도로는 원활한 교통량을 보장 받지 못하고 있어 운송소요시간이 불규칙해져 평균수송량이 감소했으며 이로 인해 운송효율이 급격히 저하되었다. 따라서 많은 인원을 한번에 수송하며 먼 거리를 짧은 시간으로 갈 수 있다는 장점과 비교적 싼 가격으로 정확한 운송시간을 보장하는 철도차량과 같은 운송수단의 확대가 절실하게 되었다. 각 도시에서는 전기 철도차량인 지하철을 운영하여 수요를 충족시켰으며 각 지역간에는 기존의 궤도를 이용하는 차량의 운송횟수를 늘리거나 구간을 확장하여 수요인원을 증가시켰다. 그러

나 최근, 계속된 수요의 증가로 인해 기존 방식의 철도차량 운송능력도 포화상태에 이르게 되었고 현 철도차량으로는 고객만족을 시키지 못하자 빠르고 편리하며 안전한 양질의 운송수단에 대한 요구가 점차 높아져 신교통 수단의 필요성으로 새로운 개념의 철도차량이 급속한 기술발전으로 변화하고 있다. 이러한 신 개념의 철도차량(자기 부상, 모노레일, 노면전차 등)에 대한 다양한 사용 환경에서의 품질, 신뢰성과 안전성을 확보하는 일이 시급한 과제로 대두되고 있다. 그 중에서 진동은 철도차량의 품질과 신뢰성 문제에서 주요인자이다. 본 연구에서는 철도차량의 내구성을 평가하는 진동시험 규격에 대한 현황을 파악하고 차후 진행되어야 할 진동시험규격을 전망하고자 한다.

2. 철도차량 진동규격 현황

각 철도차량에 관련된 국내진동시험규격(KS)은 모두 사인진동을 적용하고 있다. KS규격은 차량부품 및 지상설비, 부품에 대해 평가하고 있고 차량 자체, 대차 등에 부착하는 기기 및 부품에 대해 적용하고 있어 철도차량의 대표적인 규격이라 할 수 있다. 문제는 급속한 산업발달로 신 개념의 철도차량이 발전하고 있지만 사인진동시험규격을 적용시켜 내구성을 평가하여야 한다. 여기에서 모든 국내철도차량의 규격을 적용하고 있는 사인진동시험과 해외 모든 프로젝트에 적용하고 있는 해외규격(IEC, RIA)인 랜덤진동시험에 대해 비교 검토를 통하여 설명하고자 한다.

표 1 프로젝트별 진동적용규격

| 국내프로젝트 | 진동 적용 규격 | 해외 프로젝트 | 진동 적용 규격 |
|-----------|--------------------|----------|-------------------------|
| 광주지하철 | 사인 진동시험 (KS 규격) | 홍콩전철 | 랜덤진동시험 (IEC, RIA 규격) |
| 대구지하철 | | 인도전철 | |
| 부산3호선전철 | | 그리스아테네 | |
| 대전지하철 | | 브라질센트럴 | |
| 서울2호선 | | 홍콩 TCL | |
| 신공항전철 | | 싱가폴 | |
| 여객차량 | | 그 외 프로젝트 | |
| KTX(고속전철) | | | |
| 자기부상열차 | | | |

2.1 사인진동시험

2.1.1 시험 방법

이 규격은 공진, 기능, 내구성시험으로 나누어져 시험을 진행 한다

- (1) 규정된 범위의 주파수를 사인파형으로 인가
- (2) 시험시료에 가속도, 진폭으로 충격을 인가
- (3) 시료에 해당 사인파를 스위프로 인가하여 3축의 공진이 발생하는 주파수를 체크
- (4) 공진이 없는 경우는 고정주파수에서 시험을 실시하고 공진이 있는 경우 공진 주파수 에서 총 시험시간 중 1/4 시간동안 시험하고 고정주파수에서 총 시험 시간 중 3/4 시간 동안 실시한다.

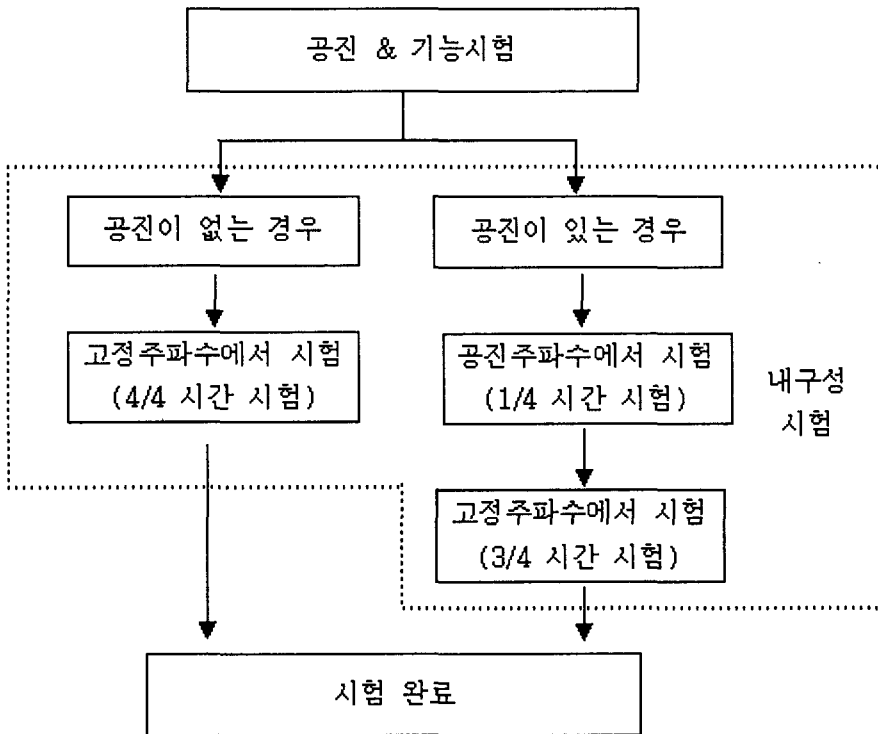


그림 1 사인진동시험 규격절차

2.1.2 사인 진동시험 장·단점

- (1) 정확한 진동해석이 가능
- (2) 시험장치에 드는 비용이 다소 높다.
- (3) 짧은 주파수대역에서 공진주파수를 체크하므로 실제 운송중의 진동주파수 대역과 상이함
- (4) 시험시간과 주행거리 간에는 상관관계가 없다.
- (5) 실제 환경에는 거의 존재하지 않음
- (6) 피크치 부근에 신호가 집중하고 시간 축 상에는 1개의 진동수밖에 존재하지 않는다.

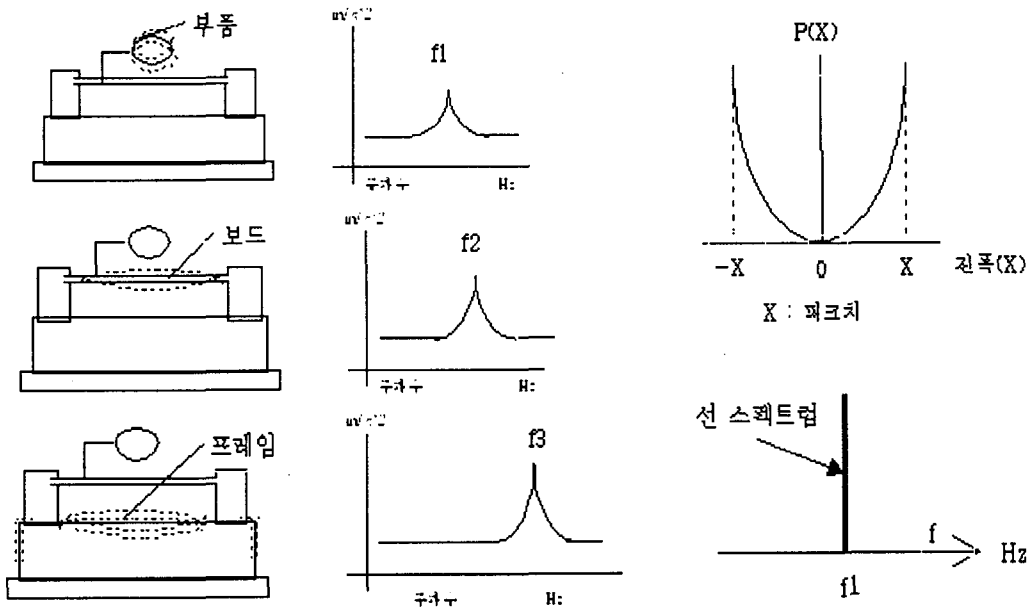


그림 2 사인 진동시험 정리

2.2 랜덤 진동시험

2.2.1 시험방법

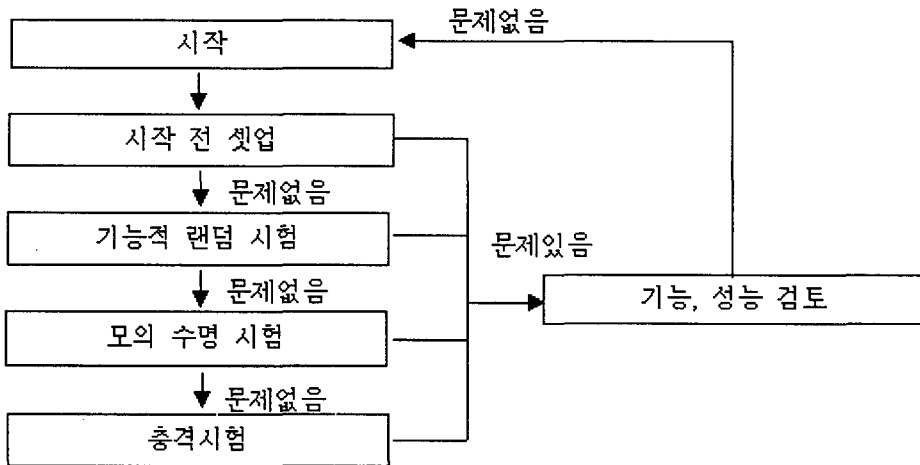


그림 3. 랜덤 진동시험규격 절차

이 규격은 기능적 랜덤시험, 모의수명시험, 충격시험으로 각 시험을 진행 한다.

(* 표시는 진동시험, #표시는 충격시험)

- (1) 규정된 범위의 주파수를 랜덤파형으로 인가 *
- (2) 각 축에 맞는 가속도 Grms 값으로 시료에 충격을 인가 *
- (3) 주파수대역별로 ASD 레벨, dB/octave를 적용 *
- (4) 각 축별로 시험시간이 동일하게 실시한다. *
- (5) 충격시험인 경우 반 사인파형으로 인가 #
- (6) 각 축에 맞는 가속도 $G(m/s^2)$, 지속시간(Duration)으로 시료에 충격을 인가 #
- (7) 각 축별로 동일한 횟수로 충격을 인가한다. #

2.2.2 랜덤 진동시험 장. 단점

- (1) 사용 환경에 입각한 시험이 가능
- (2) 다중공진 등 복합문제의 적출이 가능
- (3) 시험시간의 단축 가능
- (4) 실제 환경에 많이 존재한다.
- (5) 진동에 대해서는 확률론적, 통계적 평균으로 평가
- (6) 주파수 축 상 스펙트럼은 연속분포
- (7) 운송경로, 구간별 진동측정을 분석하여 규격화 할 수 있음
- (8) 비용이 많이 든다(장비 고가, 분석기술자 필요)
- (9) 정확한 진동해석이 불가

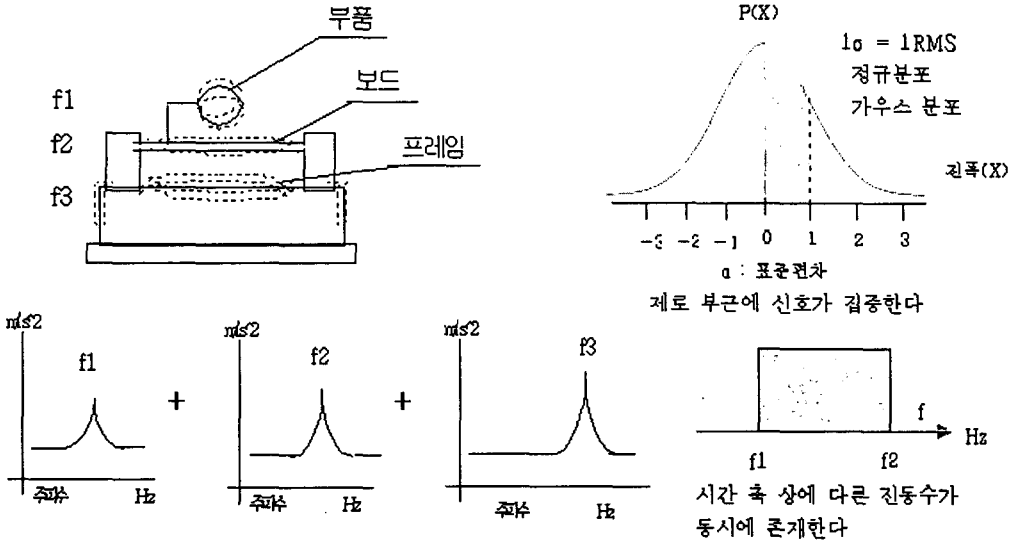


그림 4 랜덤 진동시험 정리

3. 철도차량 진동규격 전망

본 연구에서 철도차량의 적용된 규격을 통해 국내 진동규격의 장·단점을 알 수 있었다. 글로벌 회사들, 일류기업들은 랜덤진동시험을 적용하고 있고 그 이유로는 다양한 진동 환경을 측정하여 FFT 분석기로 분석한 후 규격을 MIL-STD-810D를 적용하여 수송, 운송시험을 규격화 할 수 있고 특히, 가속을 통해 원하는 시험시간을 적용 할 수 있어 실 환경과 가장 근사한 시험을 통해 내구성을 평가 할 수 있다. 사례로 랜덤 진동규격을 적용한 회사에서는 개선사례가 많아 지속적으로 적용되는 사례가 늘어나고 있다. 국내 프로젝트에서도 사인 진동시험규격 대신 랜덤 진동규격을 적용시키기 위해 조사하고 있고 조만간에 적용이 되어질 것으로 예상된다. 차후 확산되고 적용될 랜덤 진동 규격화 내용을 살펴보면 다음과 같다.

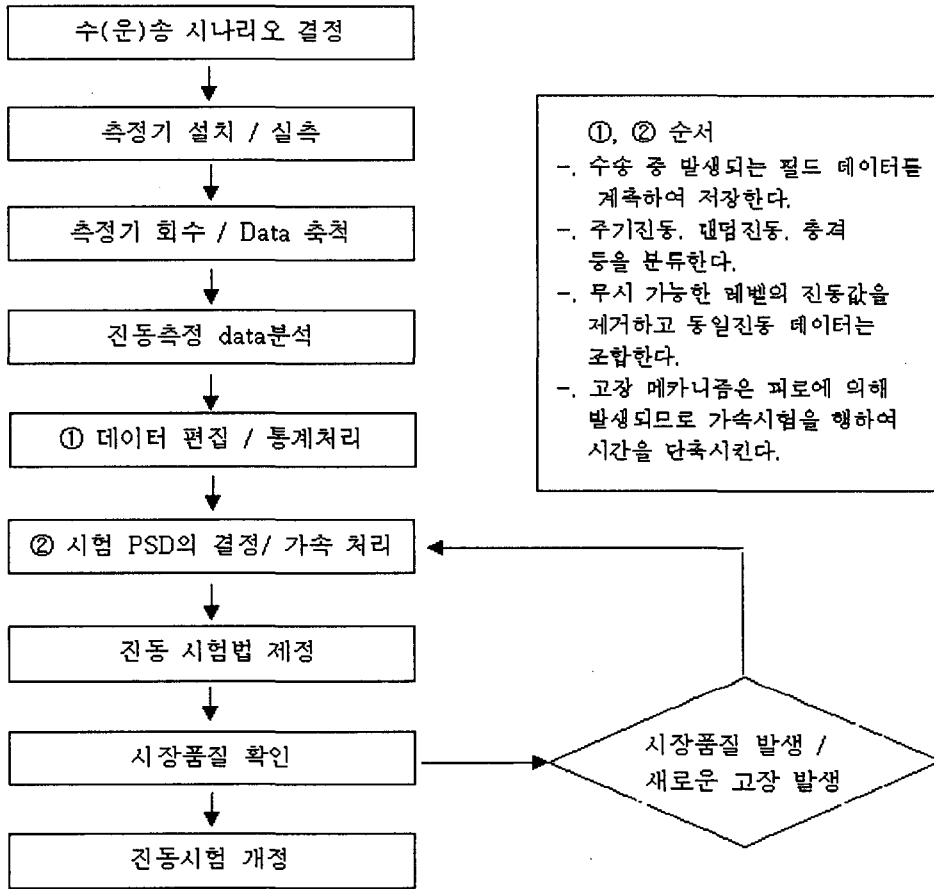


그림 5 랜덤진동시험 규격화 순서

4. 결 론

본 연구에서는 철도차량 진동시험 규격에 대한 현황을 파악하고 전망에 대해서 소개하였다. 신 개념의 철도차량이 개발되어지고 확산되어지는 시점에서 현재의 KS규격 처럼 단순한 기본재료에 사용되는 사인진동시험으로 내구성 시험을 한 후 시험한 결과에 대해 신뢰를 한다는 건 큰 문제를 야기 시킬 수 있다. 차후 진동시험은 합리적이고 통계적인 랜덤 진동시험으로 대체 되어야 하고 각 차량에 맞는 진동시험의 규격이 필요 할 때이다.

추후 연구과제는 사례연구로 국내철도차량에 대해 진동을 측정하고 분석하여 철도차량에 해당하는 랜덤 진동시험규격에 대한 적합성 평가와 랜덤진동을 이용한 신 개념의 철도차량의 규격을 개발하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 건설교통부, 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준, 2000
- [2] 건설교통부, 도시철도용품의 품질인증요령, 2000
- [3] 신뢰성 해외전문가 초청세미나 진동시험기술, 한양대학교 신뢰성분석연구센터 책자, 2004
- [4] The 2006 International Forum on Advanced Reliability, 한양대학교 신뢰성분석연구센터 책자, 2006
- [5] KS R 9186, 철도신호 보안부품 - 진동시험방법, 한국표준협회, 1996
- [6] KS R 9144, 철도 차량 부품의 진동 시험방법, 한국표준협회, 2004
- [7] KS R 9156, 철도차량용 전자기기의 시험통칙, 한국표준협회, 2002
- [8] KS R 9146, 철도차량 부품의 충격 시험방법, 한국표준협회, 2002
- [9] KS R 9187, 철도신호 보안부품 - 충격시험방법, 한국표준협회, 2003
- [10] KS C 0292, 환경시험방법-전기 전자-광대역랜덤 진동시험 방법 및 지침, 한국표준협회, 2002
- [11] KS C 0240, 환경시험 방법(전기.전자) 정현파 진동시험 방법, 한국표준협회, 2003
- [12] KS C IEC 60068-3-8, 지원문서 및 지침-진동시험의 선택, 한국표준협회, 2005
- [13] KS A ISO 13355, 수송포장화물과 단위화물의 수직 랜덤 진동시험방법, 한국표준협회, 2004
- [14] KS A ISO 2247, 고정주파수에서 수송포장화물 및 단위적재화물의 진동시험방법, 한국표준협회, 2003
- [15] KS A ISO 8318, 가변주파수를 이용한 수송포장화물 및 단위적재화물의 정현파 진동시험방법, 한국표준협회, 2003
- [16] IEC 61373, Railway applications rolling stock equipment shock and vibration tests, 1999
- [17] IEC 60068-2-27, Environmental testing. Part 2: Tests. Test Ea and guidance: Shock, 1987
- [18] IEC 60068-2-47, Environmental testing - Part 2-47: Test - Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests, 2005
- [19] IEC 60068-2-57, Environmental testing - Part 2-57: Tests - Test Ff: Vibration - Time-history method, 1999
- [20] IEC 60068-2-64, Corrigendum 1 - Environmental testing - Part 2: Test methods - Test Fh: Vibration, broad-band random (digital control) and guidance, 1993
- [21] MIL-STD-810D, 미국방성 시험표준, 1983
- [22] BRB/LU LTD RIA Specification No.20, Requirements for Vibration and Shock Testing of Equipment for Railway Vehicles, 1995