

철도차량용 연결기 시스템의 변형튜브에 대한 적합성 검증 연구

A Study on the Compatibility Verification for Deformation Tube of Coupler System Used in Railway Vehicle

민경빈^{*†}, 박진규^{*}, 강지성^{*}, 심정욱^{*}, 김기남^{**}

Kyeong Bin Min^{*†}, Jin Kyu Park^{*†}, Ji Sung Kang^{*}, Jung Wook Sim^{*}, Ki Nam Kim^{**}

Abstract The type approval system of the railway safety law was enforced in 2014. It was developed in accord with international certification systems including TSI certification. Railway vehicles and parts should verify compliance and performance through design compatibility, manufacturing conformity and type test according to compatibility verification and type approval process. This study was carried out design compatibility verification, manufacturing conformity verification and test evaluation about deformation tube that is one of the components of the coupler system. The result, requirements that obtained from technical specifications and standards of domestic and foreign were demonstrated through compatibility verification.

Keywords : Deformation tube, Energy absorber, Coupler, Compatibility verification

초 록 국내의 철도안전법 형식승인 제도는 2014 년도에 시행되었으며, 유럽의 TSI 기준 및 국제 기술기준, 국제 규격에 대한 부합화 연구를 통하여 기술기준이 개발되었다. 이에 따라 철도차량 및 철도용품은 적합성 검증 및 형식승인 절차에 따라서 설계적합성, 제작합치성, 시험평가를 통한 요구사항 준수 및 성능 검증을 통해 적합성 여부가 검증되어야 한다. 본 연구에서는 연결기 시스템을 구성하는 하부시스템 중 에너지 흡수장치인 변형튜브에 대하여 설계적합성, 제작합치성, 시험평가 등을 통해 적합성 검증을 수행함으로써 변형튜브가 국내외 기술기준 및 규격에서 요구하는 사항들에 대하여 준수하고 있는지 여부를 확인하였다.

주요어 : 변형튜브, 에너지 흡수장치, 연결기, 적합성 검증

1. 서 론

최근 철도사업 관련하여 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성 등의 사항은 세계적으로 중요시 되고 있으며, 앞으로도 중요성이 강조될 전망이다. 제조업체는 해당 사항을 증명할 수 있는 인증을 취득하도록 요구 받고 있으며, 경쟁사보다 우수한 제품임을 증명하기 위해서는 필수적인 요소이다. 그 중에서 유럽의 TSI(Technical Specifications for Interoperability) 기

† 교신저자: 한국산업기술시험원 시스템융합본부(mkb0324@ktil.re.kr)

* 한국산업기술시험원 시스템융합본부

** 유진기공산업주식회사 기술연구소

준은 유럽뿐 아니라 전세계적으로 적용되고 있는 기준[1]으로 국내의 철도안전법 형식승인 기술기준 또한 TSI 기준의 많은 부분을 적용하고 있다[2].

본 연구는 철도차량을 연결하는 연결기 시스템의 구성품 중 에너지 흡수장치인 변형튜브를 대상으로 적합성 검증을 실시하였다. TSI 기준[3], 국내의 철도안전법 철도차량 형식승인 [4-6] 및 철도용품 형식승인 기술기준(안)[7], 국내외 규격[8]에서 도출된 설계, 기능, 성능 등의 요구사항에 대하여 적합성 검증을 수행함으로써 개발되는 변형튜브가 설계, 제작, 기능 및 성능 요구사항을 만족하는지 확인하였다.

2. 본 론

2.1 적합성 검증 개요

개발되는 제품이 실용화가 되기 위해서는 기술기준, 규격 및 사용자 요구에 따라 만족하여야 하는 요구사항이 존재한다. 국내의 형식승인 제도의 도입에 따라 각 요구사항에 대하여 설계, 제작, 시험 등의 부분에서 검증이 실시 되어야 한다. 이에 따라 연결기 시스템의 구성품 중 에너지 흡수장치인 변형튜브에 대하여 설계적합성, 제작합치성, 시험평가 순으로 검증을 수행하였다.

적합성 검증 수행은 변형튜브를 개발하는 업체와의 상호협의를 통해 실시되었다. 요구사항을 충족시키지 못하는 경우 또는 충족여부 확인이 어려운 요구사항은 부적합 사항으로 분류하고 그에 따른 수정·보완을 실시하여 적합성 검증을 완료한다. 본 연구의 검증 대상인 변형튜브의 경우 총 17개의 검증항목을 도출하였으며, 그 중에서 설계적합성 검증항목 11개, 제작합치성 검증항목 3개, 시험평가 검증항목 3개로 분류하였다.

Table 1 List of design compatibility verification

No.	Summary of requirement	Proof
1	Material properties	Technology review
2	Tolerances of drawing	Drawing
3	Interference checking at turning radius 100 m	Technology review
4	Maximum compressive load, Critical load, Energy absorption capacity	Technology review
5	Stroke value	Technology review
6	Function of tube rod	Technology review
7	Function of deformation tube	Technology review
8	Function of friction ring	Technology review
9	Function of tube body	Technology review
10	Function of fixing nut assembly	Technology review
11	Simulation for energy absorption capacity	Analysis report

2.2 변형튜브 설계적합성 검증

설계적합성 검증항목으로 분류된 11개의 요구사항은 Table 1과 같다. 아래의 목록중 3번의 경우는 회전반경 100 m 에서 연결기의 기능이 문제가 없어야 한다는 내용으로 연결기 시스템의 전체길이가 고려되어야 한다. 이는 상위레벨인 시스템에서 고려되어야 하는 요구사항이지만 연결기 헤드와 같이 EN16019에 인터페이스가 규정되어 있는 경우와는 달리 변형튜브는 인터페이스를 규정하고 있는 기술기준 또는 규격이 없기 때문에 하위레벨인 변형튜브에서도 고려되어야 한다. 또한 변형튜브를 구성하는 하위부품의 기능에 대하여 검토가 이루어져야 한다. 변형튜브의 기능과 성능상 목표가 되는 최대압축하중, 임계하중, 스트로크 및 에너지 흡수용량이 설계기준으로 설정되어야 하며, 이는 제작 이전에 시뮬레이션 분석을 통해 설계기준의 충족여부를 확인하여야 한다. 총 11개에 대한 설계적합성 검증을 수행하였으며, 그 중 8개의 수정보완 항목을 도출하여 추가 수정을 실시하였다.

2.3 변형튜브 제작합치성 검증

설계적합성 검증을 실시한 이후 제작합치성 검증을 실시하여야 하며, 이는 제작이 설계도면과 같이 제작 및 조립이 되었는지 등을 확인하는 과정이다. 제작합치성에 대한 검증은 Table 2와 같이 재질시험, 치수시험, 외관시험을 통해 실시한다. 이 때, 재질시험은 기계적성질시험 및 화학분석시험을 통해 얻은 공인기관 성적서를 확인하였다. 치수시험은 연결기 시스템의 타 구성품간의 조립에 영향을 주는 위치와 기능상 주요한 위치에 대하여 실시하였다. 변형튜브의 전체길이의 양단에 머프커플링과 결합되는 위치, 그리고 스트로크에 영향을 주는 위치에 실시하였다. 외관시험은 변형튜브 표면에 있는 결함과 제품정보가 기록된 명판이 부착되어있는지, 그 명판이 기능상 영향을 주지 않는 위치에 부착되어 있는지 확인하였다.

Table 2 List of manufacturing conformity verification

No.	Summary of requirement	Proof
1	Material test	Test report
2	Dimensional test	Test report
3	Visual test	Test report

Table 3 List of test evaluation

No.	Summary of requirement	Proof
1	Compressive test	Test report
2	Static characteristic test	Test report
3	Dynamic characteristic test	Test report

2.4 변형튜브 시험평가 검증

시험평가를 통해 검증을 실시하는 성능 요구사항은 총 3가지로 Table 3과 같다. 변형튜브는 소성변형을 통해 에너지를 흡수하는 장치로 한번의 변형이 일어나면 교체하여야하는 부품이다. 따라서 특정 압축하중에서 변형이 일어나지 않음을 확인하여야 하며, 설계기준에 따라 630 kN의 하중에서 변형을 확인하였다. Fig. 1(a)에 스트레인게이지의 부착위치를 나타내었으며, 각 부착위치에서의 측정된 변형값 그래프는 Fig. 1(b)와 같다. 최대 변형값은 부착위치 A에서 0.000747로 산출되었으며, 압축해제 후 변형값이 초기값으로 복원됨으로써 설계기준 630 kN 에서 변형이 일어나지 않았음을 확인하였다. 압축시험 외에도 정적특성시험과 동적특성시험을 진행하였다. 정적특성시험은 최대 스트로크까지 압축할 때, 동적특성시험은 화물차로 충돌시킬 때, 각각 변위와 하중을 산출하여 얻게되는 변위-하중 그래프를 통해 최대하중 및 에너지 흡수용량을 확인하였다.

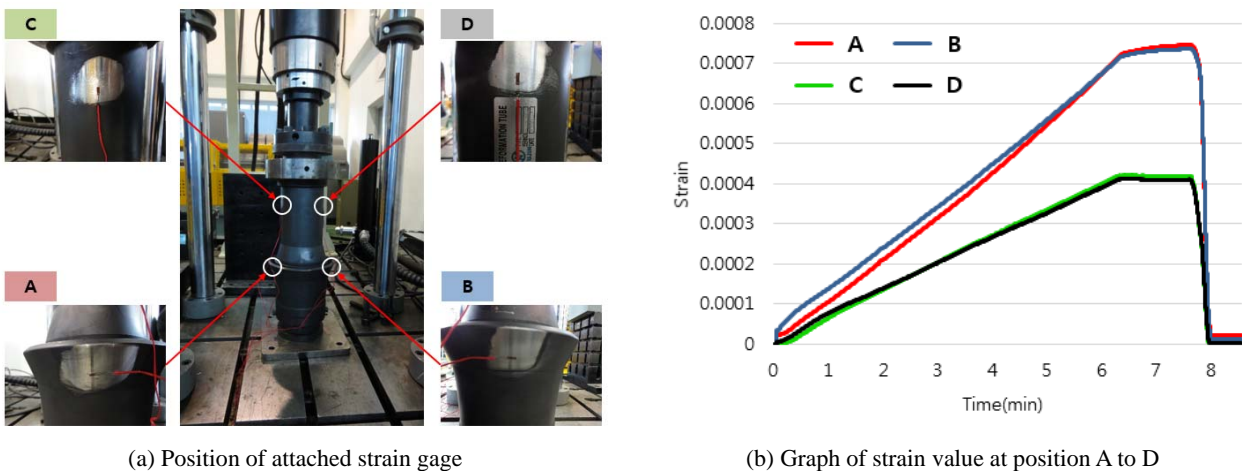


Fig. 1 Composition and result of compressive test

3. 결론

본 연구에서는 자동복합연결기의 연결기 시스템의 변형튜브에 대하여 적합성 검증을 수행하였다. 설계적합성 검증을 수행하는 과정에서 8개의 검증항목에 대하여 수정·보완을 실시하였으며, 최종적으로 총 11개의 검증항목에 대하여 입증도면 및 검토서 등의 문서를 확인하여 검증을 완료하였다. 제작합치성 검증은 재질검사, 치수검사, 외관검사를 통해 실시하였으며, 시험평가는 임계하중시험, 정적특성시험, 동적특성시험을 실시하였다. 이를 통해 개발되는 변형튜브가 TSI 및 국내 철도안전법 형식승인 기술기준으로부터 도출된 요구사항에 대한 적합성 검증을 완료하였으며, 해당 내용은 추후 임의인증 및 연결기 시스템 전체에 대한 TSI 인증 획득 등에 활용할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(과제번호: 15RTRP-B084184-02)으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] M. H. Park, B. J. Kim, J. C. Lee, D. H. Choi, (2010) A study on quality standard & evaluation of railway system applied in railway industry, *Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, pp. 1806-1813
- [2] Y.S. Kim, H.E. Lee, S.H. Park, C.K. Park, et al. (2013) Final report for direction and arrangement of down-level decree/criteria according to certification system of railway vehicles and products, Korea Railroad Research Institute.
- [3] European Union (2014) Concerning a technical specification for interoperability relating to the ‘rolling stock – locomotives and passenger rolling stock’ subsystem of the rail system in European Union, *Official Journal of the European Union*, Commission Regulation (EU) No 1302/2014.
- [4] Ministry of land, infrastructure and transport (2014) Technical specifications for high speed railway vehicles, *Ministry of land, infrastructure and transport*, KRTS-VE-Part31-2014(R1).
- [5] Ministry of land, infrastructure and transport (2014) Technical Specifications for conventional railway vehicles, *Ministry of land, infrastructure and transport*, KRTS-VE-Part41-2014(R1).
- [6] Ministry of land, infrastructure and transport (2014) Technical specifications for urban railway vehicles, *Ministry of land, infrastructure and transport*, KRTS-VE-Part51-2014(R1).
- [7] Ministry of land, infrastructure and transport (2013) The draft of railway products type approval technical specification – coupler, *Ministry of land, infrastructure and transport*, KRTS-CO-Part31-12-2013.
- [8] British standards institution (2014) Railway application-automatic coupler-performance requirements, specific interface geometry and test method, *British standards institution*, EN 16019.
- [9] British standards institution (2010) Railway applications crash worthiness requirements for railway vehicle bodies, *British standards institution*, EN 15227.
- [10] Korean railway standards (2013) Railway rolling stock - test methods – coupler, *Korean railway standards*, KRS CP 0002-13.

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper -Template 작성일: 2015.02.17)