

대용량 에너지 흡수장치가 적용된 중간연결장치의 유지보수 방안 연구

Maintenance Strategy of Intermediate Coupler with Large Energy Absorbers

선의영[†], 김영규*, 정구인, 노제택, 이현태, 김한영*UiYoung Seon^{**}, Young-gyu Kim*, KooiN Jung*, JaeTeak Noh*, HyunTae Lee*, Hanyoung Kim^{**}

초 록 철도차량의 안전도 수준은 다른 교통수단보다도 높은 안전성을 갖추고 있지만, 높은 안전성에도 불구하고 시스템 오류 및 휴먼 에러로 인한 철도차량 사고는 종종 발생하고 있다. 철도는 근본적으로 제동거리가 길고, 철도차량 자체의 중량이 무겁기 때문에 철도차량 사고가 발생하면 큰 사고로 이어지게 된다. 사고에 따른 피해를 최소화하기 위해서는 사고 예방이 가장 최우선적으로 이루어져야 한다. 예기치 않는 사고 발생 시 인적 및 물적 피해를 최소화와 승차감 향상을 위해 철도차량의 연결장치에 대용량 에너지 흡수장치의 적용하였을 때 검사와 시험 및 유지보수 방안에 대하여 고찰하였다.

주요어 : 대용량 흡수장치, 중간연결장치, 형식시험, 유지보수

1. 서 론

철도차량의 연결장치는 차량의 출발, 정지, 주행중 속도 급변시에 발생하는 철도차량 사이의 전후 충격을 완화하고 승객에게 쾌적한 승차감을 제공하기 위해 점차적으로 완충 성능이 개선된 재질 및 구조로 발전해가고 있다. 철도차량 부품 제작업체에서도 대용량 에너지 흡수장치에 대한 연구개발이 다양하게 진행되고 있으며, 실용화가 되기 위해서는 철도용품 기술기준, 규격 및 사용자의 요구사항에 만족하여야 한다. 본 논문에서는 대용량 에너지 흡수장치인 변형튜브(Deformation Tube)에 대한 검사와 시험 등 시험절차 및 변형튜브에 대한 유지보수 방안 에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 대용량 에너지 흡수장치

2.1.1 작동원리

변형튜브(Deformation Tube)는 조립단계부터 예압을 부여함에 따라 변형튜브가 안정적인 형상을 유지하도록 하며, 변형튜브에 충돌에너지 전달되면 하위 부품인 튜브로드(Tube Road)를 따라 튜브바디(Tube Body) 및 슬라이드 링은 튜브를 밀어내게 된다. 이때 충격에너지를 마찰 및 변형에너지(소성변형)로 변환된다.

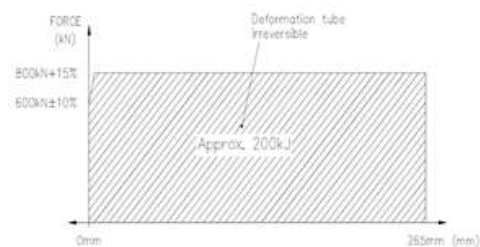


Fig. 1 Theoretical force-displacement curve for all energy absorbing elements

소성변형은 금속등의 많은 고체재료는 탄성한계가 작아 강한 힘을 주면 돌아오지 않는 영구변형이 일어난다. 이렇게 힘을 주어 모양을 바꿀수 있는 성질을 가소성이라고

† 교신저자: 서울교통공사(cjkim@hk.ac.kr)

* 서울교통공사

** 경일대학교 철도학과

하고, 이러한 영구변형을 소성변형이라고 한다.

2.1.2 고무 완충장치(EFG2)

고무완충장치 EFG2는 제한된 작동거리에서 충격에너지를 흡수하며, 허용 가능한 작동거리를 초과한다면 철도차량 하부 프레임에 초과된 하중이 전달된다. 고무 완충장치 EFG2 Cushion Unit, Bearing Bracket으로 구성되고, 수직, 수평 및 비틀림 움직임뿐만 아니라 카르단식 움직임도 가능하다.

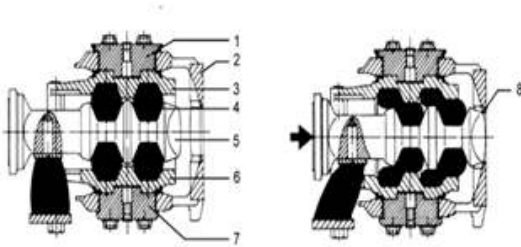


Fig. 2 Rubber cushion draw-gear EFG2 operation(Tension/compression)

고무완충장치의 EFG2의 Cushion unit Upper, Shell, Lower Shell, Rubber Cushion, Draw-bar로 구성된다. Bearing Bracket에 의해 밀폐되고 수평 회전을 가능하게 하기 위해 Journal과 Maintenance Free Bush가 적용되어 있다.

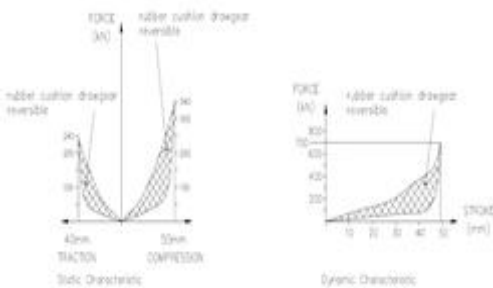


Fig. 3 Theber cushion draw-gear EFG2 operation(Tension/compression)

2.2 검사 및 시험

2.2.1 검사의 분류 및 방법

중간연결장치에 대한 검사의 분류는 1) 외관구조 및 치수검사, 2) 겉모양검사, 3) 방사선투과검사, 4) 자분탐상검사로 분류하여 시행한다. 외관구조 및 치수검사는 제작도면 및 검사기준서에 적합하여야 하며, 측정계이지로 측정하기 곤란한 부분의 치수는 상황/하한 계이지로 측정한다. 겉모양검사는 육안으로 검사하여 유해한 흠 및 기타(주조품, 단조품의 구조/단조균열, 블로홀)이 없어야 한다. 도장은 승인된 도장 규격서에 의하여 승인된 시편이 제공되어야 한다. 방사선투과검사는 주조/단조상태 및 내부결함을 검사하기 위하여 시험규격 KS B 0845:2015, KS D 0227:2012에 따라 방사선투과 검사를 한다. 판정기준의 허용등급은 KS D 0277:2012를 따르며 결함 분류에서 블로홀, 모래박힘, 계체물, 슈링키지는 2류 이내여야 한다. 큰 결함은 허용하지 않으며 갈라짐, 열간균열 및 주물덩어리는 없어야 한다. 자분탐상검사는 주조/단조상태 및 외부결함을 검사하기 위하여 시험규격 KS D 0213:2014에 따라 자분탐상검사를 한다. 판정기준 및 허용등급은 KS DISO 4986:2012를 따르며 결함분류에서 균열, 블로홀 및 기타 흠이 없어야 한다.

2.2.2 시험의 분류 및 방법

중간연결장치에 대한 시험은 열처리확인, 화학분석시험, 기계적성질시험, 고무완충장치 강도시험, 고무완충장치 특성시험, 머프커플링 인장시험, 변형튜브 임계하중시험, 정적시험, 동적시험으로 분류하여 시험한다. 열처리 확인은 필요에 따라 열처리 방법인 담금질-뜨임, 불림-뜨임 열처리 중에서 택일하여 시험한다. 화학분석시험은 제작도면에 사용된 부품의 재료에 대하여 화학분석 시험을 하여 제작도면의 요구조건에 만족하여야 한다. 화학분석방법은 KS D1652, KS D 1655, KD D 1658, KS D 1659, KS D 1802 ~ KS D1809, KS D 1817에 의한다. 다만 필요한 따라 C와 Mn 함유량을 규정할 수 있다. 화학분석시험은 제조시 매용강에서 채취한 시료로 시험한다.

기계적 성질시험의 시험편은 동일용강, 동일 열처리당 1개를 채취하고, 재시험을 위한 여분의 시험편을 준비한다. 완충장치의 강도시험은 80톤의 압축하중을 가하여 항복이 발생하지 않아야 한다. 특성시험은 하중-변위 곡선은 동적 특성곡선을 만족해야 한다. 머프커플링의 인장시험은 설계시의 기준값에 따라 인장하중을 가하여 제품에 변형, 균열, 파손 등의 결함이 발생하지 않아야 한다. 변형튜브의 임계하중시험의 평가기준은 SS-CURVE를 분석하여 시험결과의 유사성을 평가한다. 정적특성 시험은 설계시 제시된 스트로크 길이까지 진행되었을 때 최대하중과 에너지 흡수 용량을 평가한다. 변형튜브에 대한 동적특성시험 로드셀과 변위 계측기로부터 출력되는 변위-하중 선도를 분석하여 에너지 설계시 제시된 에너지 흡수 용량 이상인지 평가한다.

2.3.1 검수주기

유지보수 계획에 따라 검수를 시행한다. 검수항목별 검수주기는 다음과 같다.

Table 1 Maintenance Cycle

No.	검사항목	월상검사	중간검사	전반검사
1	외관검사	●	●	●
2	작동상태		●	●
3	소리상태	●	●	●
4	공기누설검사		●	●
5	세척	●	●	●
6	윤활	●	●	●
7	도장		●	●

2.3.2 검수절차

유지보수 일정에 따라 검수절차는 다음과 같다. 일상검사 진행시에는 별도의 일상검사 기준서를 토대로 유지보수 검수를 시행한다. 일상검사 기준은 기존 철도차량의 유지보수

시행과 동일하게 적용하며, 재질 특성에 따라 추가시행을 필요할 것으로 보인다.

Table 2 Inspection procedure standard

No.	검사항목	검사기준
1	외관검사	육안으로 확인하며, 변형튜브의 외형에 사용상 해로운 흠이나 결함 등이 없어야 한다.
2	작동상태	변위 측정게이지를 사용하여 부품간 조립 경계부위에 대한 변위를 측정한다.
3	소리상태	소형 망치를 사용하여 확인하며, 청명한 소리가 울려퍼져야 한다.
4	공기누설검사	압축공기 상태에서 계면 활성제를 도포하여 누출여부를 확인한다.

2.3.3 고장조치 유형별 및 보수절차

결함 또는 특이사항에 대하여 적용되는 고장수리절차는 다음과 같다.

Table 3 Failure type

No.	고장개소	고장상태	조치사항
1	머프-커플링	조립 및 연결상태 불량	체결 토크 사용, 머프-커플링 교환
2	변형튜브	작동불량	신품교체
3	고무완충장치 (EFG2)	완충고무 균열	교환
		완충고무 변형	고무쿠션 재조립
		캠 플레이트 마모	캠 플레이트 교체
		부시 막힘	세척 및 그리스 도포

3. 결론

본 논문에서는 기존 연결기시스템에 대한 유지보수 기준으로 검수주기 및 고장조치 등에 대하여 기술하였다. 일반적으로 대용량 에너지 흡수장치가 적용된 중간연결장치는 충돌사고 발생시 효율적으로 충돌에너지를 흡수하여 차량 및 승객의 피해를 최소화 할 수 있도록 철도차량 기술기준을 규정하고 있다. 연결기시스템은 충돌 시나리오에 따라 흡수될 에너지의 양이 정해지면 흡수부재의 종류, 위치 그리고 흡수용량을 결정하여 배분하게 된다. 철도차량의 운용 측면에서의

효율성 향상 및 에너지 흡수장치에 대한 유지보수 체계 수립은 매우 중요하다. 기존 연결기시스템의 유지보수 방법을 준용하여 새로운 연결기시스템에 대한 유지보수 체계 수립이 필요하다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업의 “대용량 에너지 흡수장치가 적용된 TSI 표준형 연결기 실증 연구(도시철도차량의 충격피해저감을 위한 연결기시스템 개선방안 연구)/과제번호 : 17RTRP-B084184-08)로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Yujin industrial co. ltd(2014) Technical Review “Investigate Coupler Systems“
- [2] Seoulmetro copration Maintenance instructions, 1~8Line