

5호선 전동차 토크 리액션로드 고무부시 신뢰성 평가에 관한 연구

A Study on the Evaluation of the Reliability of Rubber Bush Reaction Rod of Seoul Metro Line 5

조남욱*†, 이원영**

Nam Wook Cho*†, Won Young Lee**

초 록 대중교통의 59.3%를 차지하고 있는 도시철도는 많은 승객을 싣고 짧은 운행시격으로 달려야 하므로 고장이 없어야 하는 것이 가장 중요하다. 따라서 열차의 승차감과 안전 운행에 영향을 주는 5호선 전동차 토크 리액션로드 고무부시에 대하여 4년검사시 일체교환 하고 있으나 4년검사 출창 후 수선의뢰 건수가 증가 되는바, 새로이 개선된 고무부시에 대해 재료시험(인장시험, 신장율시험, 영구압축 줄음률시험, 접착강도시험, 반발탄성시험), 성능시험(정적스프링상수시험, 피로시험), 현차시험(6개월, 1년 사용한 고무부시)을 실시하였다. 따라서 본 연구를 통해서 개선된 고무부시에 대한 신뢰성을 확보하였다.

주요어 : 토크 리액션로드, 고무부시, 재료시험, 성능시험, 현차시험

1. 서론

5호선 전동차 토크 리액션로드에 결합된 고무부시는 전동차 관리규정에 경정비(7일검사, 4월 검사)시 부시가 손상되었거나, 스템에 접촉된 부시가 5mm 탈락시 교환하고, 2015년부터 중정비(4년검사)시 일체교환하고 있으나[1], 차기 4년 검사 도래 이전에(Table. 1과 같이 수선의뢰 건수: 평균 교환율 약 45%) 고무의 이탈, 균열 등 불량품이 다수 발생되고 있다. 따라서 본 연구에서 새로이 개선된 고무부시에 대한 물성 재료시험(인장시험, 신장율시험, 영구압축 줄음률시험, 접착강도시험, 반발탄성시험)과 성능시험(정적스프링상수시험, 피로시험)을 실시하고 또한 현차시험(6개월, 1년 사용한 고무부시)을 통해 부품에 대한 신뢰성을 확보하고자 한다.

Table. 1 4년검사 출창후 부시 교체현황

구분	출창 후 발생시점				
	계	2014년 (1년 이전 발생)	2015년 (1년-2년 발생)	2016년 (2년-3년 발생)	2017년 (3~4년 발생)
총 건수	2,368	352	736	736	544
교체 건수	1,068	141	628	221	78
교체 비율	45.1%	40%	85.3%	30%	14.3%

2. 본론

2.1 시험 대상품

5호선 전동차의 기어박스용 토크 리액션 로드는

† 교신저자: 서울교통공사
(namwook2001@seoulmetro.co.kr)

* 서울교통공사 차량계획처

** 서울과학기술대학교 글로벌융합산업공학과 교수

Fig. 1과 같이 양끝단에 원형의 고무부시가 부착된 심봉(Shaft)으로 기어박스와 대차 프레임(Bogie Frame)의 연결기능을 하고 토오크 전달시 반력 흡수를하며, 원형의 고무부시는 기어박스와 대차 프레임 사이에서 토크 리액션로드의 움직임을 원활하게 하는 부품[2]



Fig. 1 기어박스용 토크 리액션로드

2.2 시험항목 및 방법

2.2.1 시험항목

- (1) 재료시험 : 인장시험, 신장률시험, 금속과의 접착 강도시험, 영구압축줄음률시험, 반발탄성시험
- (2) 성능시험: 정적스프링상수시험, 피로시험
- (3) 현차시험 : 6개월 및 1년 사용한 부시 피로시험

2.2.2 시험방법

- (1) 재료시험 : KS M 6518[3]
- (2) 성능시험 : KS M 6604 및 KS M 6745[4]

2.3 성능 시험 및 고찰

2.3.1 성능시험

- (1) 재료시험

고무부시 재료시험은 제품과 동일한 상태로 제작된 2개의 시편에 대하여 Fig. 2과 같이 항목별로 측정 하였으며, 시험결과는 Table. 2과 같이 모든 시험 항목에서 기준값을 만족하였다.

Table. 2 고무 시편의 재료시험 결과

시험항목	기준값	시험결과		비 고
		기준품	개선품	
인장시험	150kN 이상	207.38 _{±1.1} cf	206.85 _{±1.1} cf	기준값 포함(만족)
신장률 시험	170% 이상	454.02%	256.4%	기준값 포함(만족)
급속파괴 임계강도 시험	54kN 이상	67.74 _{±1.1} cf	66.82 _{±1.1} cf	기준값 포함(만족)
영구 압축률 시험	50% 이상	23.3% (시험편 12.5mm / 시험후 9.59mm)	16% (시험편 12.5mm / 시험후 10.25mm)	기준값 포함(만족)
반발 탄성 시험	30% 이상	53%	65%	기준값 포함(만족)

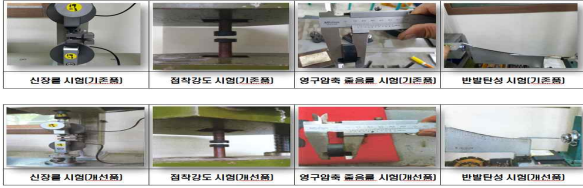


Fig. 2 시험항목별 재료시험 과정

(2) 성능시험

성능시험은 Fig. 3과 같이 2년 경과된 부시와 개선된 신제품에 대하여 Fig. 4과 같이 성능시험을 실시 하였다.



Fig. 3 기준품 및 개선품의 성능시험 시편



Fig. 4 기준품 및 개선품 성능시험 과정

시험결과는 Table. 3과 같이 기준품의 스프링상수 시험은 만족하였으나, 피로시험은 415,497회에서 Fig. 5과 같이 부시 접촉부위 Rubber에서 이격, 파손되는 결과가 도출되었고, 개선품은 스프링상수 및 피로 시험에서 적합한 결과가 도출되었다.

Table. 3 고무 시편의 성능시험 결과

시험항목	기준값	시험 결과		비고
		기준품	개선품	
정적 스프링 상수시험	2.0~0.3=(1.70~2.30) 이내	1.90mm	1.80mm	
접촉상태시험	외와의 균열, 찌꺼기, 찌꺼기 등이 있어 한다.	이상없음	이상없음	
구 분	TEST LOAD(N) / 인동수(회) / CYCLE	변위구간(mm)	시험결과	
피로시험(기준품)	≈2,000-N / 5 / 415,497회	+2.60 ~ -3.39	부시 접촉부 Rubber 이격 및 파손	
피로시험(개선품)	≈2,000-N / 5 / 1,000,000회	+0.60 ~ -0.33	이상없음	



Fig. 5 피로시험 후 파손된 고무부시

2.3.2 성능시험의 고찰

장착 후 2년 사용한 기준품 성능 시험한 결과 정적 스프링 상수시험은 1.90mm로 적합하였으나, 피로시험 결과 접촉부위 Rubber가 이격 및 파손되어 이에 대한 원인으로 고무부시 외통면이 직선으로 끝단 부위 이격 되는 현상을 초래하며, 방진고무의 분포도는 제품별로 최대 9mm ~ 최소 5.7mm까지 편차 발생, 리액션로드 동작시 고무부시 접촉력 저하로 파손되는 현상 등 문제점이

발생되어 각종시험을 통한 개선품(외통면은 곡선으로, 방진고무의 최적의 분포도 5.8mm)을 제작하였다.

2.3.3 현차시험

새로이 제작된 개선품에 대하여 6개월 및 1년 사용 후 성능시험(스프링상수, 피로시험)을 실시한 결과 Fig. 6 및 7과 같이 고무부시 표면에 유해한 흠이나 결함이 발견되지 않았다.

시험항목	기준값	시험 결과		비고
		6개월 경과 부품	1년 경과 부품	
정적 스프링 상수시험	2.0~0.3=(1.70~2.30) 이내	1.95mm	1.80mm	
구 분	TEST LOAD(N) / 인동수(회) / CYCLE	변위구간(mm)	시험결과	
피로시험(6개월 경과 부품)	≈2,000-N / 5 / 1,000,000회	+0.67 ~ -0.95	이상없음	
피로시험(1년 경과 부품)	≈2,000-N / 5 / 1,000,000회	+0.10 ~ -0.79	이상없음	



Fig. 6 개선품의 성능시험 결과 및 시험결과 후 부시 상태

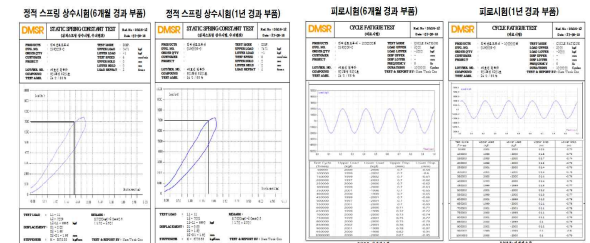


Fig. 7 수직변위 및 피로시험 그래프

3. 결론

본 연구에서는 철도차량용 5호선 토크 리액션 로드 고무부시에 대한 성능시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 개발한 신제품의 성능시험을 실시한 결과 정적 스프링상수시험(1.90mm) 적합하였고, 100만회 피로시험에도 아무런 현상이 발견되지 않았다.
- (2) 6개월 경과된 개선품의 성능시험을 실시한 결과 정적 스프링상수시험(1.95mm) 적합하였고, 100만회 피로시험에도 아무런 현상이 발견되지 않았다.
- (3) 1년 경과된 개선품의 성능시험을 실시한 결과 정적 스프링상수시험(1.80mm) 적합하였고, 100만회 피로시험에도 아무런 현상이 발견되지 않았다.
- (4) 1년 경과된 개선품에 대한 내구성시험을 통해 부품의 신뢰성을 확보하였다.

참고문헌

[1] Seoul Metro Corporation Train Management Regulations, 2018
 [2] Guideline for Repair of Electric trains of Seoul Metro Corporation Line 5(2018), PP. 4-6-1 ~ 4-6-5
 [3] KS M 6518, "Vulcanized Rubber Physical Test Method", 2016
 [4] KS M 6604, "Anti-vibration Rubber Test Method", 2016