

도시철도 전동차 주요장치 볼트류 이완방지에 관한 연구

A Study on bolt loosening prevention for the main device of urban railway trains

김경섭*[†], 최덕수*, 배명곤*, 김현철*

Kyung Seob Kim *[†], Duk Soo Choi *, Myung Gon Bae *, Hyun Cheol Kim *

Abstract The bolts be used for various main devices in the city railway train are affected by physical factors such as the weight of the vehicle body, the load fluctuation by the passenger, the train impact and vibration. The bolts relaxed breakage and deformation are the cause of various types of train failure. The causes of these failures may be such as a poor fixing bolt tightening, relaxation and loosening, impact damage, lowering the locking action. In this study, classified and analyzed of the various types in bolt relaxation for electric vehicles main device and established the improvement measures related to prevent relaxation. Measures is thoroughly implemented to check during clamping of bolt, private jig use, washer re-use ban, marking after bolting and bolting according to standard operation procedures.

Keywords : Load fluctuation, Train impact, Standard operation procedures

초 록 도시철도 전동차의 각종 주요장치에 사용하는 볼트류는 차체의 자중, 승객에 의한 변동하중, 열차충격, 진동과 같은 물리적 요소에 의하여 체결된 볼트류의 이완, 풀림, 파손, 변형이 진행되어 다양한 형태의 전동차 고장의 원인이 된다. 이러한 고장의 원인으로서는 고정볼트 조임 불량, 과조임, 이완 및 풀림, 충격 파손, 체결작용 저하 등이 있을 수 있다. 본 연구에서는 전동차 주요장치 볼트류의 이완의 여러 형태를 분류·분석하고 이완방지에 관한 개선대책을 수립하였다. 대책으로는 표준작업절차서에 의한 체결력 준수, 분해조립 전용 지그 사용, 와셔류 재사용 금지, 볼트체결 후 표시, 볼트 체결 시 점검을 철저히 이행하는 것이다.

주요어 : 변동하중, 열차충격, 표준작업절차서

1. 서 론

전동차용 볼트류는 전동차의 주요 기기와 대차를 밀착시키기 위하여 사용하는 중요한 접합 수단으로서 사용되고 있다. 전동차에 사용되는 볼트류는 완충기, 플레이트, 견인전동기, 공기압축기, 출입문 상부레일 등 각종 부품들을 접합하고 연결시켜 주는 중요한 기능을 하는데 볼트류의 풀림 사고를 예방하는 방법은 오직 정확한 공구 사용, 규정에 의한 토크 [1],[2] 체결과 철저한 점검에 의해서만 문제를 사전에 예방할 수 있다. 전동차용 볼트류의 풀림사고를 예방할 수 있는 방법은 중요도에 따라 구분관리하고 효율적인 관리방안 수립이 매우 중요한 것이다.

[†] 교신저자: 서울메트로 창동차량사업소(polraris7@seoulmetro.co.kr)

* 서울메트로

2. 본 론

2.1 이완용 볼트류 사용 현황

Table 1 Usage of loosening bolts

구 분		주요 사용 개소	교환주기
스프링와셔 및 분할핀		완충기, 이완기 등 (이완 및 이탈 방지용)	취거·분해시
더블너트		완충기 플레이트 등 (이완 방지용)	취거·분해시
록크너트		견인전동기, 공기압축기 등 (이완 방지용)	취거·분해시
록킹플레이트		견인전동기, 출입문 상부레일 등(이완 방지용)	취거·분해시 파손·변형시
록킹와이어		차압변, ATC 속도발전기 등 (이완 및 이탈 방지용)	취거·분해시 파손·변형시

2.2 볼트류 이완 방지 방법

Table 2 How to prevent loosening bolts

분 류	장 치	교환 주기	이완방지 방법
대하중 (집중하중)	센터피봇	파손·변형 시	토크, 록킹플레이트, 마킹
	기어행거	파손·변형 시	분할핀, 마킹
	중간 연결기	3년	토크, 분할핀, 마킹
	완충기 고정	3년	토크, 더블너트, 분할핀, 마킹
피로하중	출입문 장치	파손·변형시, 3년	록킹플레이트, 록크너트, 더블너트, 마킹
	공기건조기, 중계변 밸브	취거 시	록크너트, 마킹
	주회로차단기, 고속도차단기	3년	토크, 록킹플레이트, 마킹
진동발생	대차 제동기	파손·변형 시	스프링와셔, 록크와셔, 토크, 마킹
	윤축 토크링크	파손변형 시	스프링와셔, 록크너트, 분할핀, 마킹
	연결기 장치	3년	토크, 록킹플레이트, 록크너트, 더블너트, 마킹
	판타그래프	3년	토크, 분할핀, 마킹
	견인전동기, 공기압축기	3년	토크, 록킹플레이트, 마킹






2.3 볼트류 이완 방지 종류

Table 3 Bolts anti-relaxation type

록킹 플레이트			
	센터피봇	견인전동기	출입문 상부레일
와이어 록킹			
	ATC 속도발전기	차압변	
분할핀			
	판타그래프	완충기 취부	
록크너트			
	출입문 압봉	공기압축기	공기건조기
더블너트			
	완충기	전기연결기	완충기

2.4 볼트류 고장 사례

Table 4 Bolts failure cases

내 용	관련기기	원 인	대 책	사 진
주차제동기 제동불완해	Clutch Sleeve	고정용 이불이 와서, 구부림 부정확	이불이 와서 구부림작업 시 숙련자 확인 및 마킹 분해조립 전용지그 사용	
DCS미구성 도어등 미점등	출입문 장치포크 Ass'y	고정볼트 조임불량	이봉 마킹 제거 후 마킹 축수 점검, 적정 토크 조임	
출입문 단힘불량	도어엔진 벨트	고정용 볼트 탈락	상부벨트 조립 시 육각렌치 볼트 마킹선연장	
출입문 단힘불량	쿠션/스피드 조정나사	과조임에 의한 공기배기	조정나사 개선 (머리없는 볼트→육각볼트)	
출입문 도어등 미점등	출입문 도어등 미점등	출입문 스위치용 압봉 조임상태미흡	록킹작용 저하 너트 일체교체(내부 우레탄마모) 압봉 개선품 점진적 교체	

2.5 볼트류 이완 검토

전동차의 볼트류의 이완은 다양하게 생각할 수 있겠으나, 우선 열차 진동, 충격에 의한 이완이 가장 높다고 할 수 있다. 따라서 규정 공구, 규정 토크로 작업을 해야하며, 재 사용이 금지된 품목은 다시 사용하지 않아야 할 것이다. 또한 마킹을 철저히 해서 나중에 점검할 때 이완 여부를 잘 판별할 수 있도록 해야한다. 작업자에 의한 인적 결함에 의한 발생가능성은 낮다고 할 수 있으나, 점검을 철저히 하는 습관을 가져야 할 것이다. 전동차 경정비 시에는 시각을 이용하여 마킹, 록킹, 와이어록킹, 스프링와셔 상태 등의 이완 여부를 점검한다. 중정비 시에는 스프링와셔, 평와셔, 록킹플레이트를 전량 교환한다. M10미만 볼트류는 전량교체하고 M10이상 파손·변형 시 선별 교환한다. 표준작업절차서에 의한 체결 토크는 준수하고 볼트 조임 후에는 마킹을 철저히 실시하여 이후 점검 시 이완 여부를 쉽게 식별할 수 있도록 한다. 또한 장기 미사용 부품을 사용하고자 할 때는 사용 전 철저히 조임상태를 확인해야 한다. 장기 보관품 및 예비품 담당자는 성능 유지관리를 위한 노력을 기울여야 한다.

언제 어디서나 사용 가능한 상태로 물품을 관리하도록 해야 한다.

2.6 볼트류 관리 방안

전동차의 볼트류의 주요 개소에 대한 중점 점검을 실시하여 볼트류 이완상태 점검을 강화한다. 가령 차단기와 같은 고압과 관련된 기기들에 고정된 볼트류를 철저히 점검해서 불의의 사고를 사전에 예방해야 할 것이다. 또한 중점관리 체크리스트 항목을 만들어서 주요 점검 개소에 대한 볼트류 이완 및 마킹 상태를 점검한다면 중대사고 및 장애유발로부터 상당히 자유로워 질 수 있다.

3. 결론

전동차의 주요기기 볼트류는 움직이는 전동차와 프레임간 상호 접합을 유지시켜주는 매우 중요한 기계요소로서 그 역할을 충실히 할 때 시민과 전동차의 안전을 확보할 수 있다. 고압과 대전류가 흐르는 전동차의 각종 기기들이 원활한 작동을 하기 위해서는 주요기기들의 볼트와 너트류가 적절하게 고정되어야만 한다. 우선 표준 공구를 사용하여 조이고 적절한 규정 토크에 의하여 체결해야 하는 것은 너무나 당연하다. 그리고 이완에 대한 식별이 가능하도록 마킹하는 작업을 잊어서는 안된다. 마킹이 잘 되었는지 철저한 점검을 실시하여 작업자의 실수를 충분히 줄여 나가야 할 것이다. 다음으로 순환예비품 및 장기보관품의 동작 상태를 수시로 점검해서 언제 누가 사용하여도 문제가 없도록 해야 할 것이다. 또한 중요기기 중점개소 체크리스트를 만들어 중점관리를 한다면 인재에 의한 사고는 확연히 줄어들 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] T. B. Kim, S. I. Woo, S. G. Seo (1999) An Experimental study for the Relaxation of Axial Forces on the High Tensional Bolted Joints, *Daedeok University Journal* 17, pp. 447-448.
- [2] M. W. Kang (2015) Structural behavior of friction joints due to reduction of clamping force to high strength bolt, *Degree of masters, University of seoul*, pp. 32.