

도시철도차량 구조체 정밀진단을 위한 부식 측정 비파괴기법 적용 연구

A Study Application on NDT Methods of Corrosion Measurement for Precise Diagnosis of Structure of EMU

*#이찬우¹, 정종덕²

*#C.W. Lee¹, (cwlee@krri.re.kr), J.D.Chung²

¹한국철도기술연구원 고속철도연구본부, ²한국철도기술연구원 광역도시철도연구본부

Key words : Precise Diagnosis, Corrosion Measurement, NDT Methods

1. 서론

도시철도차량 구조체는 차량 설계 당시 정의된 사용내구연한까지 사용 가능하다. 국내 도시철도차량의 설계 수명은 보통은 25년 ~ 30년으로 되어 있다. 현행 도시철도차량 구조체 정밀 진단은 차량 설계 수명에 도달한 차량에 대하여 「도시철도법 제 22조 5 및 도시철도차량관리에 관리에 관한 규칙 제9조 3항」에 근거하여 연장 사용을 위해 실시하는 법적 의무 사항이다. 철도차량의 정밀진단은 연장 사용 시 차량 상태, 안전성 그리고 성능 등에 대하여 정밀진단 전문평가 기관에서 구조체인 차체, 대차 틀 및 볼스터 등에 대하여 건전성을 평가 하도록 되어 있다. 도시철도차량 관리에 관한 규칙(2009년 3월 19일 개정) 제 9조에 따르면 도시철도차량 사용연한은 운행(시험운행 포함)을 시작하는 날부터 25년으로 한다. 다만 정밀진단 자가 정밀진단을 실시하여 진단 결과가 안전 운행에 적합하다고 인정되는 차량에 대해서는 사용 내구연한일로 부터 5년씩 최고 40년까지 사용한 것으로 되어 있다. 본 연구에서는 국내에서 운행되고 있는 도시철도차량의 정밀진단 대상 차량 현황과 도시철도차량 구조체 정밀진단 시 부식 측정 비파괴기법에 대한 적용성을 정밀진단 대상 차량을 기준으로 실제 적용한 예를 제시하였다.

2. 정밀진단 대상 도시철도차량 현황 분석

국내에서 운행되고 있는 도시철도 차량 가운데 차량 구조체 재질을 도시철도 운영기관별로 분석 해서 제시한 것이 Table 1이다. 현재 국내에서 운행

되고 있는 도시철도차량 구조체의 재질은 도시철도 운영기관 노선별로 현재 운행되고 차량 기준으로 크게 세 가지 타입이 있다. 첫 번째로는 mild steel로 제작 되어진 차량으로 1974년부터 1990년 초반까지 운행되어진 수도권 1호선 차량(철도공사 1호선, 서울메트로 1, 2, 3호선 차량들이다. 두 번째로는 차체 골조는 mild steel이고 차체 외벽은 stainless로 이루어진 차량이다. 이들 차량은 1980년 후반에서 2000년 초반까지 제작되어진 차량으로, 부산교통공사 1호선 차량이 대표적이다. 또한 1993년~2000년까지 도입된 안선선, 일산선, 서울메트로 4호선, 서울도시철도공사 6호선 차량의 경우에는 차체가 부식에 아주 강한 재질 인 stainless 계열인 STS304가 적용되었다. 세 번째로 2003년~2006년 사이에 개통하여 영업 운전 중에 있는 광주도시철도공사 및 대전도시철도공사 차량은 경량화를 위해 차체 외벽과 언더프레임을 알루미늄합금으로 만든 차량들이다.

Table 1에서 차량 제작 시점으로 부터 정밀진단 시기가 도래된 대상 차량 현황을 2012년 4월 기준으로 살펴보면, 한국철도공사 1호선 차량, 부산교통공사 #1호선 차량, 서울메트로 #1호선 및 #2호선 차량들이 있다. 향후 3년 이내에 서울메트로 #3호선 차량들도 정밀진단 도래가 되는 것으로 나타나고 있다. 실제 정밀 진단자가 정밀대상 차량에 대한 정밀진단 실시 기간과 신규 차량 발주 시 설계, 제작, 성능시험 기간 최소 2년임을 고려 해 보면, 서울메트로 #3호선 차량도 이미 정밀진단 대상 차량 범주에 들어 있음을 알 수 있다. 또한 서울메트로 #4호선을 포함하여 일부 노선 차량들도 10년

이내 정밀진단을 실시해야 하는 대상 차량들이다.

Table 1. Carbody materials of domestic urban railway vehicles

Operating lines	Under frame	Side walls	Production time
KORAIL #1	mild steel	mild steel	1974~1997
BTC #1	mild steel	stainless	1984~1997
SMSC #1	mild steel	mild steel	1989
SMSC #2	mild steel	mild steel	1986~1993
SMSC #3	mild steel	mild steel	1990~1993
SMSC #4	stainless	stainless	1993~1995
SMRT #5	stainless	stainless	1994~1996
SMRT #6	stainless	stainless	1999~2000
SMSC #7	stainless	stainless	1995~1996
SMRT #8	stainless	stainless	1999~2000
METRO9	stainless	stainless	2009~2011
DTRO #1/#2	stainless	stainless	1997~2005
ITC #1	stainless	stainless	1998~1999
GMRTC #1	AL	AL	2003~2005
DMRTC #1	AL	AL	2005~2006

3. 정밀진단 시 부식부비파괴검사 적용성 분석

현행 철도차량 정밀진단 시행지침(2009년 8월 21일 개정 고시)에서의 부식검사는 결함검사와 함께 「정밀진단기관은 차체 골조 및 언더프레임에 발생한 부식의 상태를 확인하여 주요 부위의 부식 정도를 검사한다」로 되어있다. 부식에 대한 판정 기준은 차체 골조 및 외판의 부식이 심하여 전반적인 보강이 필요한 경우와 언더프레임 사이드실의 부식이 심하여 전반적인 보강이 필요한 경우에는 폐차토록 되어있다. 하지만, 부식에 대한 정밀검사 및 평가 기준에 대해서는 제시되지 않은 상태이다. Table 1에서 보는 바와 같이 차체 골조(언더프레임 및 사이드 외판)가 대기 부식에 취약한 재료로 이루어진 차량들에 대해서는 상태 검사에 대한 세부 검사 방법이 제시될 필요가 있는 것으로 나타나고 있다.

이에 대한 실제 사례로 2010년 정밀진단 대상으로 실시되어진, 부산교통공사 #1호선 차량에 대한 주요 부식 발생 부위는 차체 언더프레임 및 차체외판 스폿 용접부에서 부식이 심하게 발생됨을 알 수 있었다. Fig. 1은 부산교통공사 #1호선 차량의 부식이 발생하는 예를 보여주고 있다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 철도차량이 25년 이상 운행되면서 차량 제작 시 대기 중의 공기 및 수분에 직접 노출

되지 않도록 표면처리 한 페인팅 및 접합부 실링제가 파손 되어 부식이 진행되었고, 용접부의 경우에는 산화환원 작용에 의해 습식 형태의 부식이 차량 전체적으로 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 다만, 부산교통공사 #1호선 차량의 경우 부식부위에 대한 차체 보강 및 도장 및 코팅 재 실시로 부식부위에 대한 차량 건전성 저하가 이루어지는 것을 방지하기 위한 후속 조치가 있음을 알 수 있었다.

부산교통공사 1호선 차량에 대한 부식부 검사는 다층 구조의 복합구조물 형태로 이루어진 차체 언더프레임 부위에는 펄스와전류기법(pulsed eddy current testing)을 적용하였고, 차체 외판 스폿 용접부에는 압전소자 여기 표면파기법(PZT induced surface wave) 방법을 통해 부식 깊이 및 부식 형태를 분석할 수 있었다. 이들 비파괴 기법을 통해 이중접합부 구조물 내부 및 외판 스폿 용접부 부식 정도를 적정하게 평가할 수 있음을 확인하였다.

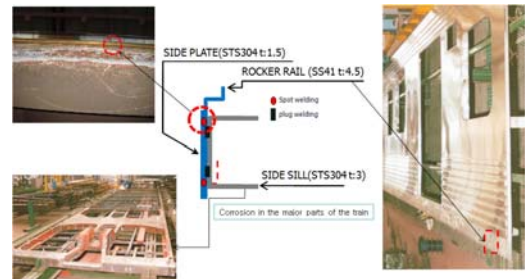


Fig. 1 Corrosion instances of Busan Transportation Corporation no. 1 railway vehicle

4. 결론

본 연구에서는 현재 운행 중인 국내 도시철도차량의 정밀진단 대상 차량 현황과 정밀진단 시 부식 평가를 위한 비파괴 검사 기법으로 펄스와전류기법 및 압전소자 여기표면파기법이 유용함을 부산교통공사 #1호선 정밀진단 사례를 제시하였다.

참고문헌

1. 이찬우, 정종덕, 도시철도차량 비파괴 기법에 의한 부식평가 및 방법, 한국정밀공학회 2010년 춘계학술대회논문집, pp.1441~1442, 2010.
2. 철도차량 정밀진단 시행지침, 국토해양부 고시 제2009-635호, 2009.