

철도차량 연결기 시스템의 충격 흡수장치 적용 현황 조사 및 분석

Investigation and Analysis on the Application of Impact Absorbers in Railway Vehicle Coupler System

노제택*[†], 김영규*, 정구인*, 선의영*, 김한영**

Jaeteak Noh[†], Young-gyu Kim, Kuin Jung, Uiyoung Seon, Hanyoung Kim

초 록 철도차량은 경전철, 지하철 및 중/고속 열차 등 여러 종류가 있으며, 차체를 연결하는 연결기 시스템은 철도차량의 요구조건에 따른 하중과 충격흡수 조건에 부합하도록 시스템 설계가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 대용량 에너지 흡수장치의 차량별 적용 현황 조사와 분석을 통하여 연결기 시스템에 대한 철도안전법 및 철도차량기술기준에 대응할 수 있도록 국산화 개발방향을 제시하고자 한다.

주요어 : 연결기 시스템, 경전철, 지하철, 충격흡수, 철도안전법, 철도차량기술기준

1. 서 론

철도차량은 경전철, 지하철 및 중/고속 열차 등 여러 종류로 나뉘어져 있으며, 각 차량에 대한 요구 조건에 맞추어 연결기 시스템이 구성되게 된다. 연결기 시스템은 전두연결기 및 중간연결기로 기본 구성되며 연결기 시스템 내 차량의 충돌 요구 조건에 맞추어 여러 가지 에너지 흡수장치와 별도의 추가장치로 구성되어 있다.



Fig. 1 The front Coupler / Intermediate Coupler

2. 본 론

2.1 연결기 구성

연결기 시스템은 차량의 요구 조건에 따른 여러 하중 및 충격흡수 조건에 부합하도록 시스템 설계가 이루어지고 있으며, 기본적으로 연결기는 전두연결기와 중간연결기로 나뉘며, 각 연결기 시스템에는 충격흡수부재를 적용하거나 전기연결 및 공기연결에 대한 기능을 포함하고 있다.

2.2 경전철용 연결기

2.2.1 Type 330 Coupler

경전철, 트램에서 주로 사용되며, 커플러 헤드의 아래에는 전기적 결합이 가능하도록 전기연결기 기능을 갖추기도 한다. 경전철, 트램용 커플러는 최대 800kN의 압축하중과 600kN의 인장하중에 대한 강성을 가지고 있다. 전두연결기에는 유압 완충기에 의한 에너지흡수 장치를 사용하기도 하지만, 일반적으로 고무완충기에 의한 충격흡수를 적용하고 있으며 임계하중에서 작동을 위한 변형튜브를 전두연결기에 적용하는 사례가 많다.

2.2.2 Type 430/530 Coupler

소형/경량 구조형의 연결기 시스템으로서 저상 트램과 모노레일에 주로 사용되고 있다. 해당 형식은 폴딩방식으로서 차량의 프론트커버 후면에 위치하게 된다. 최대 300kN의 압축/인장 하중에 대한 강도를 충족시키며, Type 530의 경우 주로 독일

[†] 교신저자: 서울교통공사(nohjaeteak@seoulmetro.co.kr)

* 서울교통공사

** 경일대학교 철도학과

동부지역의 시장을 위해 개발되어 일반적으로 사용되는 TGL 커플러와 호환이 된다.



Fig. 2 Type 330 Coupler / Type 430,530 Coupler

2.3 모노레일용 연결기

2.3.1 Semi-Permanent Coupler(collapsible tube)

해당 중간연결기는 관정형 타입으로 접을 수 있는 기능을 가지고 있으며, 연결기는 반대편에 Muff coupling 방식 또는 해당 연결기와 동일한 인터페이스를 가지는 연결면을 가지고 있어야 한다. 부가적으로 공기연결이 가능하도록 설계되었다. 또한 에너지 흡수부재와는 다르게 변형 튜브에 대한 기능을 차량과 취부하는 마운팅 플레이트에 일체화 함으로서 중량을 절감시키기도 하며, 제한적인 공간에서의 공간 효율성을 높이는 설계 방식이 적용되기도 한다.

2.3.2 Semi-Permanent Coupler(With electric)

중간연결기에 전기연결기가 결합된 형식으로서 차량과 차량사이의 신호 및 각종 배선에 대하여 전기연결기를 이용한 연결 분리가 손쉬운 장점이 있다. 공기연결, 전기연결, 충격흡수를 지원하며, 편성단위에서의 안전한 연결을 보장하는 시스템이다. 정상 작동중에는 연결과 분리가 발생하지 않기 때문에, 자동 연결장치가 필요하지 않으며, 전두연결기 시스템에서 요구되는 인장/압축 하중에 맞추어 설계 된다.



Fig. 3 Collapsible Tube / With Electric

2.4 지하철용 연결기

2.4.1 Type 35 Coupler

Type 35 연결기 시스템은 경전철, 트램, 지하철 및 지역 교통에 적용되고 있다. 압축공기 시스템이 없는 차량일 경우 가장 적합하며, 이러한 완전 전기차량에서 연결기는 최대 1300kN의 압축과 850kN의 인장에 대한 강도를 가지고 있다. 압축 공기를 사용하지 않기 때문에 연결기의 자동 해방의 경우에 전기적인 동력원을 사용하여 해방 작동을 실시하게 된다.

2.4.2 Semi-Permanent Couplers(Anti-climber)

일반적인 중간연결기 장치에 안티클라이머 기능을 일체화한 새로운 방식의 연결시스템이다. 차량의 충돌이나 하중의 영향으로 인한 중방향의 힘은 차량의 끝단에서 수직 운동으로 변환되게 된다.

이때 해당 방향으로의 하중이 발생하는 것을 방지하기 위하여 설계 되어 있다. 해당 원리는 중간연결기의 몸체와 EFG 완충장치사이의 접촉 조건을 부여함으로써 종 방향으로의 운동에너지에 대한 변환을 제어하는 기능을 가진다.



Fig. 4 Type 35 Coupler / Anti-climber

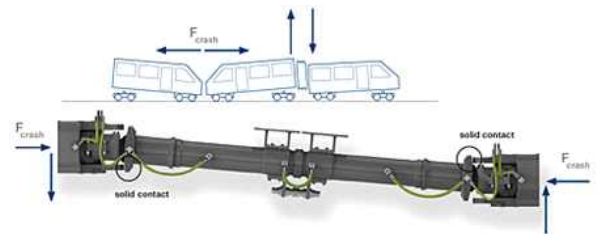


Fig. 5 Anti-climber principle

2.4.3 Wedge-lock coupler

Wedge-lock 연결기의 동작 원리는 커플러 잠금에 있어서 Wedge의 기계적 연결에 기초한다. 기계적 결합 동안 커플러 후크는 자동 결합되며 차량 운전자에 의해 Wedge는 공압 작동으로 인해 고정되어있다. 전체 커플링은 공기작동의 장애에도 안전하게 유지된다. 공기 및 전기 라인의 연결은 기계적 커플링과 동시에 일어나며, 간단하고 소형 제품이다.

2.4.4 Tomlinson coupler

자동 톰린슨 커플러의 동작 원리는 Wedge-lock 연결기와 유사하다. 연결하는 동안, 두 연결기

헤드의 고리는 서로 맞물려 스프링에 의해 위치에 체결이 이루어진다. 이러한 유형의 커플러는 미국에서 지하철 철도 차량에 공통적으로 사용한다.



Fig. 6 Wedge-lock / Tomlinson Coupler

2.5 고속철도용 연결기

2.5.1 Type-10

Type-10연결기는 거의 모든 국가의 고속철도에서 사용된다. 이 커플러는 특히 높은 강도와 측면 및 수직으로부터의 큰 연결 범위를 가지고 있다. 이 커플러는 2002년부터 고속 열차의 표준이 되어 왔으며 이제 TSI 표준에 통합되었다.

Type-10은 1500 KN의 압축하중과 1000 KN의 인장력을 견딜 수 있다. 국내에서는 KTX-산천부터 본격적으로 적용되기 시작하였으며 주교 고속철도에서는 연결기와 Auto-Hatch 시스템이 병행되어 설계된다.



Fig. 7 Type-10 Coupler

2.5.2 Adapter Couplers

2.5.2.1 Modular transitional coupler

편성간 연결기 시스템이 다른 형식의 연결기 시스템을 가질 때, 편성간 연결 및 견인을 위하여 별도의 아답터 연결기가 필요하게 된다. 모듈형 아답터 연결기는 두개의 연결기 헤드와 그 사이를 연결해주는 스텝(STEP)으로 구성되어 구성품의 분리 결합이 이루어진다. 스텝(STEP)은 다른 높이에 위치한 연결기헤드의 연결이 가능하도록 기능을 제공한다.

2.5.2.1 CFP transitional coupler

견인차량으로부터 연결이 필요할 경우 Adapter 연결기는 운영요원이 짧은시간 동안 차량에 장착하여야 한다. 또한 견인시 발생하는 높은 작용 하중에 대하여 견딜 수 있는 구조로 이루어져야 하며, 경량화를 위하여 CFRP (탄소섬유강화 폴리머)로 제작되고 있다. 이 재료는 지금까지 주로 항공기에 사용되어 왔으며, 성능에 대하여 만족스러운 강도시험결과를 제공하며 더욱 최적화되고 있다.



Fig. 8 Module Transitional / CFP Transitional Coupler

3. 결론

철도차량의 연결기 시스템은 차량의 중량과 운영 조건에 따른 각기 다른 요구사항을 포함하고 있다. 최근에 유럽시장에서는 경전철과 지하철의 경우 한정된 공간에서 에너지 흡수기능을 갖춘 연결기 시스템 개발이 활발하게 진행되고 있다.

또한, 제한된 공간에서 효율적인 연결기 시스템 적용을 위한 폴딩 타입의 연결기 시스템은 주로 트램에 사용되는 것으로 확인되었다.

이에 반하여 대용량 에너지 흡수장치가 적용되는 중/고속 열차의 연결기 시스템은 에너지 흡수에 대한 요구조건이 까다로워 시스템 설계에 어려움이 발생하게 된다.

하지만 최근 철도차량의 경량화 추세에 맞추어 연결기 시스템의 에너지 흡수장치에 대한 신소재 적용으로 중량이 감소되고 연결기 어댑터의 작업성 향상 등이 지속적으로 이루어 지고 있다.

따라서 강화된 철도안전법 및 운영기관의 다양한 요구조건에 대응하고 이용 고객의 안전성을 확보하고 유지보수관리 안정화를 위해 연결기 시스템 기술개발에 대한 연구가 요구되고 있다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업의 “대용량에너지 흡수장치가 적용된 TSI 표준형 연결기 실증 연구(도시철도 차량의 충격피해저감을 위한 연결기시스템 개선 방안 연구/과제번호 : 17RTRP-B084184-08)로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Yujin industrial co. ltd Technical Review “Coupler“
- [2] Yujin industrial co. ltd(2014) Technical Review “Investigate Coupler Systems“
- [3] Seoulmetro copration Maintenance instructions, 1~4Line
- [4] Seoulmetro copration Maintenance instructions, 5~8Line