

철도차량용 충돌 에너지 흡수용 완충장치 성능 평가 방법에 대한 연구

A Study on the Performance Evaluation Methods of Impact Energy Shock Absorption Feature for Railway Vehicle

정규진^{*†}, 배진욱^{*}, 전시현^{*}

Gyu-Jin Jung^{*†}, Jin-Wook Bae^{*}, Si-Hyun Jeon^{*}

Abstract A study is aimed at impact absorbing structure a review of the train protection from collision impact and energy conversion characteristic related in friction and non-friction steel spring, mechanical purity system of deformation principle, hydraulic and hydro-electric system.

Keywords : Collision impact, Hydraulic and hydro-electric system

초 록 본 논문에서는 철도차량 연결기 충돌 흡수 구조로, 마찰 또는 무 마찰 강철 스프링(steel spring), 변형 원리(deformation principle)을 이용한 순수 기계시스템, 유압(hydraulic) 및 유체-탄성 시스템(hydro-elastic system)에 관련된 에너지 변환 특성과 충돌 충격(collision impact)에 따른 철도차량 보호에 대해 검토 하고자 한다.

주요어 : 충돌 충격, 유압 및 유체-탄성 시스템

1. 서 론

철도 역사 초기부터 철도차량 간의 충돌로 인한 에너지 흡수는 철도차량의 연결기 설계 시, 항상 중요한 설계 특성으로 고려되어 왔다. 역사 초기에는 차량의 연결을 해주는 목적만 있는 단순한 스프링 장치로 적용되었으나, 근래에는 차량의 허용 가능한 충돌 범위 내에서 에너지를 흡수하거나, 흡수장치의 형상의 변형 원리(Deformation principle)를 이용한 변형 튜브 완충기, 높은 점성의 고무와 같은 성질을 가진 물질인 탄성중합체(Elastomer)를 이용한 유체 완충기(Hydrostatic buffer), 유압-탄성 시스템(Hydraulic-elastic system)을 이용한 유압 완충기(Gas-hydraulic buffer)등이 차량 보호 및 승객의 안전을 위해 철도차량에 범용적으로 적용되고 있다. 철도차량의 충돌 시, 차량의 무게중심은 커플러 보다 높이 존재하므로, 오버라이드(Override)로 인한 탈선(derailment) 및 전복사고(rollover)를 방지하기 위해서는 커플러 및 완충장치의 많은 에너지 흡수가 요구된다. 이에 본 논문에서는 다양한 커플러의 완충장치의 에너지 흡수구조와 성능평가 방법에 대해 서술하고자 한다.

† 교신저자: 현대로템(주), 기술연구소 시스템 연구2팀(gjjung@hyundai-rotem.co.kr)

* 현대로템(주), 기술연구소 시스템 연구2팀

2. 본 론

2.1 연결기 구성

연결기는 Fig. 1에서와 같이 구성되며, 연결기 헤드(Head assembly, ①) 와 드뤄기어 조 합체(Drawgear assembly, ②)으로 연결된다.

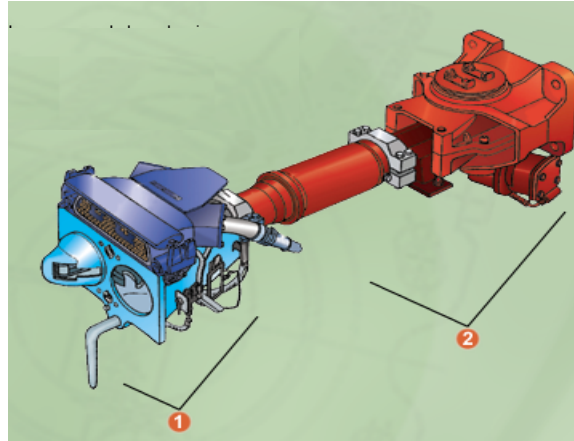


Fig. 1 연결기 구성

드뤄기어 조합체는 Fig. 2에서와 같이 구성되며, 완충 장치(Shock absorption feature, ①), 드뤄기어(Drawgear, ②)와 센터링 장치(Centering device, ③)로 구성 되어 있다.

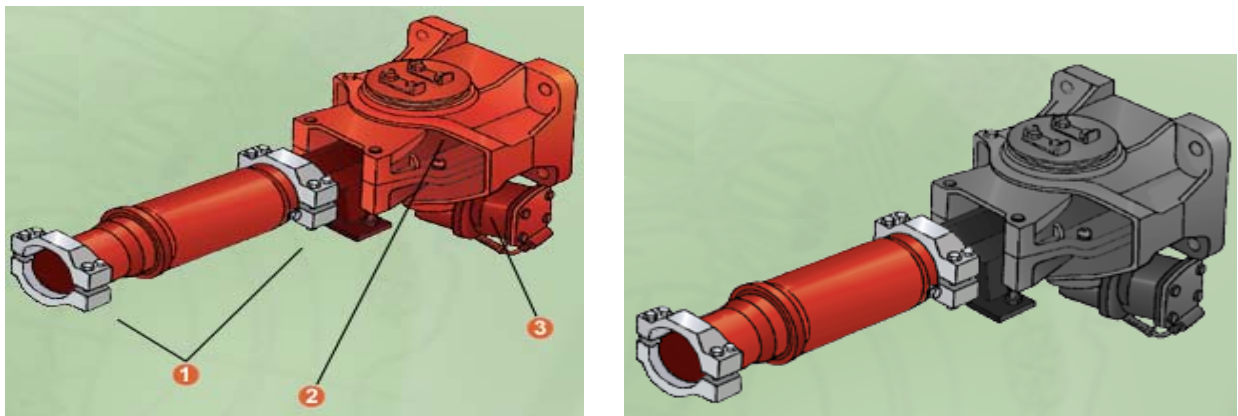
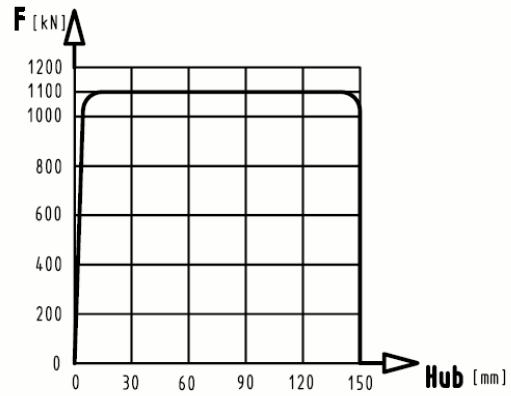
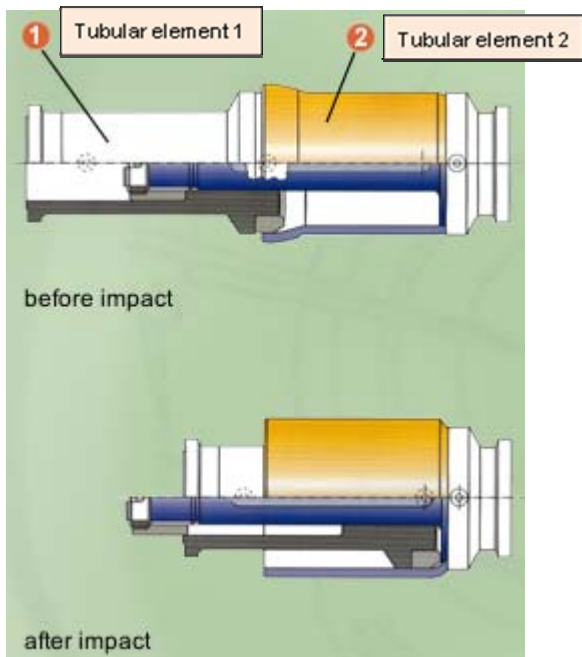


Fig. 2 드뤄기어 조합체(Drawgear assembly)

2.2 완충 장치 종류 및 규격

2.2.1 변형 튜브(Deformable tube)

변형 튜브는, 변형 원리를 이용한 비 재생 에너지(non-regenerating energy) 흡수 장치이다. 변형 튜브는 2개의 관으로 구성되어 있으며, 충돌시 2번의 관이 변형되며, 2번의 관만 교체 가능하다.

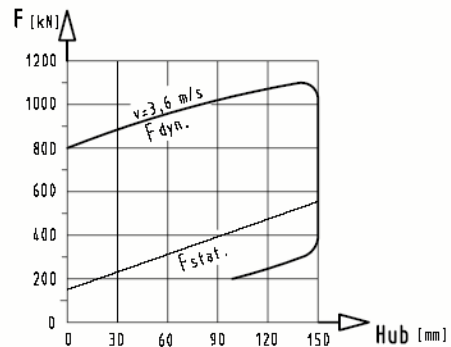
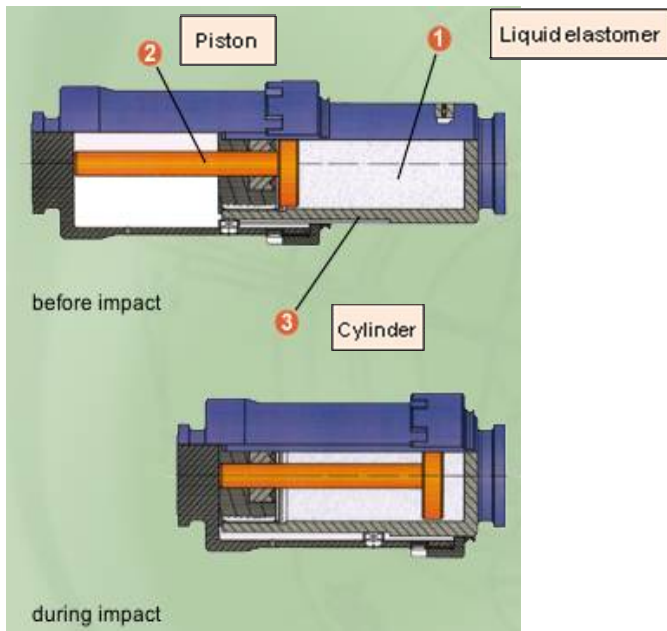


변형 튜브 (Deformation Tube / Collapsible Tube)	스트로크	150 mm
	최대 하중	1,100 kN
	흡수 능력	165 kJ

Fig. 3 변형 튜브(Deformable tube / Collapsible tube)

2.2.2 유체 버퍼(Hydrostatic buffer)

유체 버퍼는 재생 자기 복원 에너지(self-restoring regenerating energy) 흡수 장치이다. 에너지 흡수는 실리콘과 같은 고 점성 액체(elastomer, ①)의 압축 특성으로, 점도가 우수한 감쇠 특성을 가지고 있다.



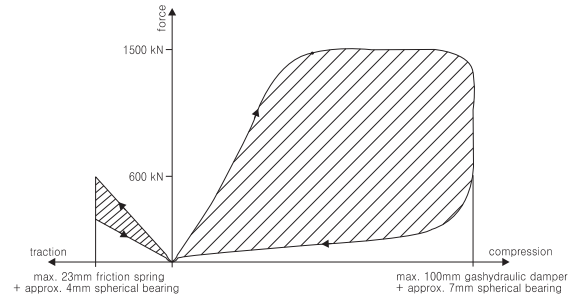
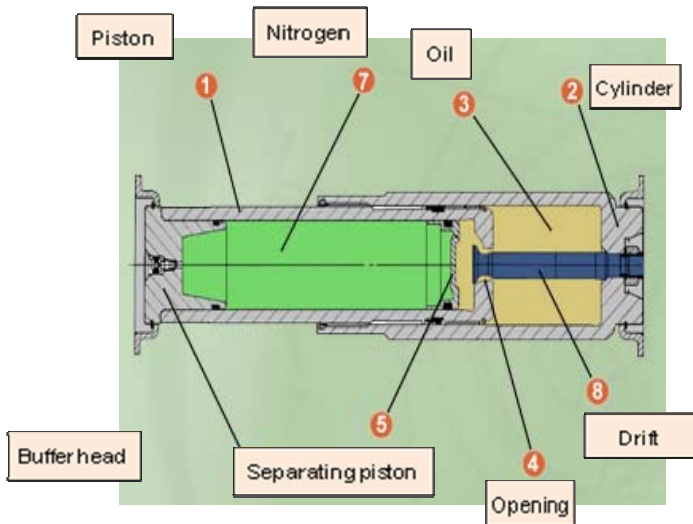
유체 버퍼 (Hydrostatic buffer)	스트로크	150 mm
	최대 하중	1,100 kN
	흡수 능력	150 kJ

Fig. 4 유체 버퍼(Hydrostatic buffer)

2.2.3 가스유압 버퍼(Gas hydraulic buffer)

가스 유압 버퍼는 재생 자기 복원 에너지(self-restoring regenerating energy) 흡수 장치이다. 충격시, 피스톤은 실린더 내로 가압되고, 오일은 피스톤의 출구를 통해 가압된다.

가스 질소는 압축되어, 오일은 챔버 내로 역류를 일으킨다. 충격 에너지를 완전히 흡수 후, 원래 위치로 피스톤을 밀어낸다.



가스 유압 버퍼 (Gas hydraulic buffer)	스트로크	110 mm
	최대 하중	2,000 kN
	흡수 능력	133 kJ

Fig. 5 가스 유압 버퍼(Gas hydraulic buffer)

2.2.4 드뤼기어(Draw gear)

드뤼기어는 정상적인 커플링시, 충격 및 견인 힘을 저해하고, 충돌 에너지를 흡수하는 댐퍼 역할을 한다. 충돌조건에 따라, 아래와 같이 3가지로 구분하여 연결기에 적용하고 있다.

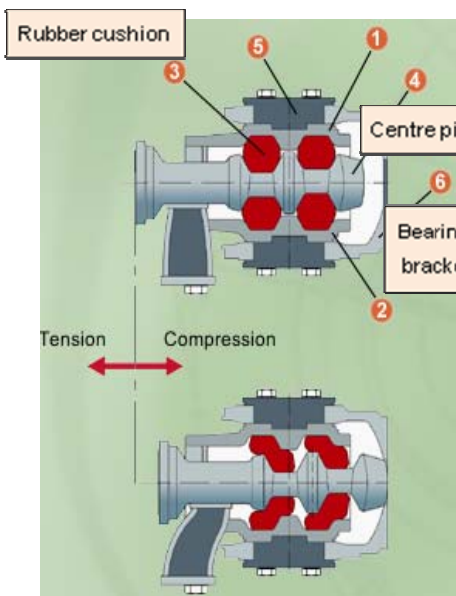


Fig. 6 Rubber cushion draw gear

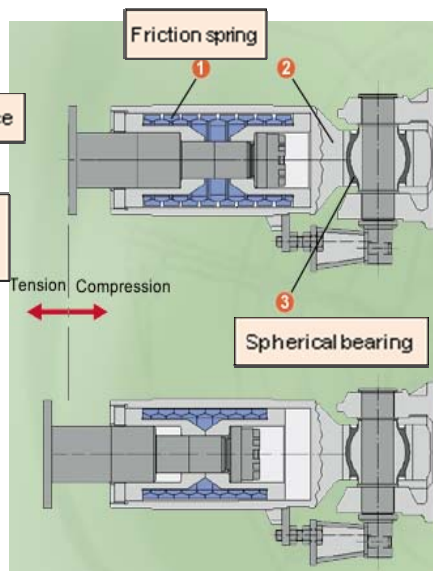


Fig. 7 Friction spring

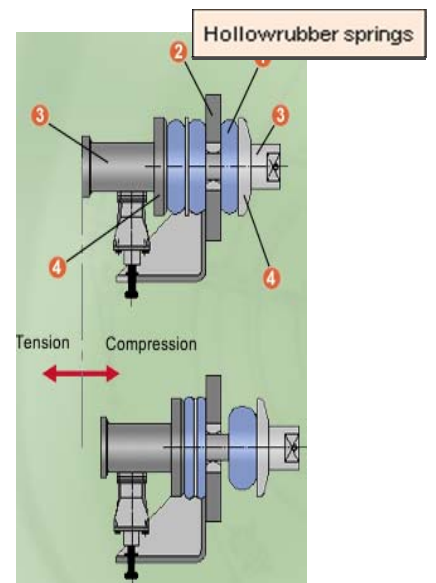


Fig. 8 Hollow rubber springs

2.3 정적 및 동적 시험

완충기의 성능을 검증하기 위해서, 정적 및 동적 시험을 수행 하였고, 동적 시험 수행 시, 단일 객차에 장착된 완충 시스템과 고정벽면에 설치된 완충 시스템이 특정한 속도별로 충돌할 때 발생하는 현상을 측정 하였다.

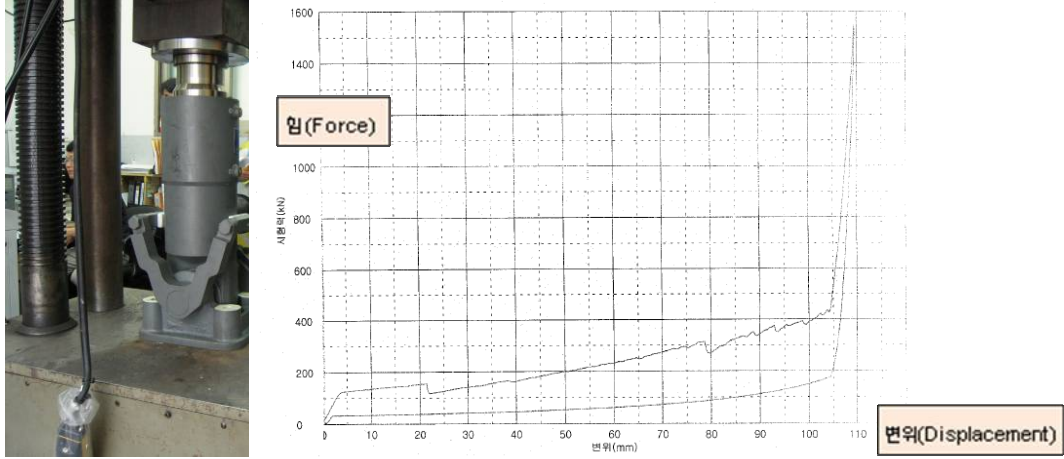


Fig. 9 정적 시험(Gas hydraulic buffer)

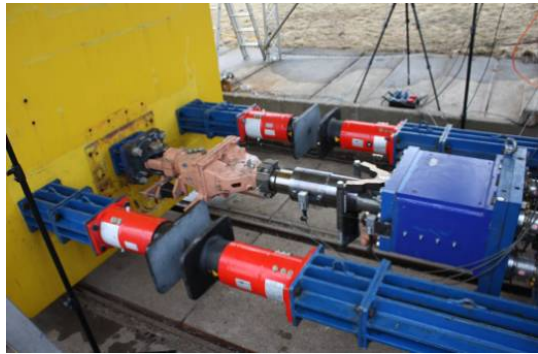
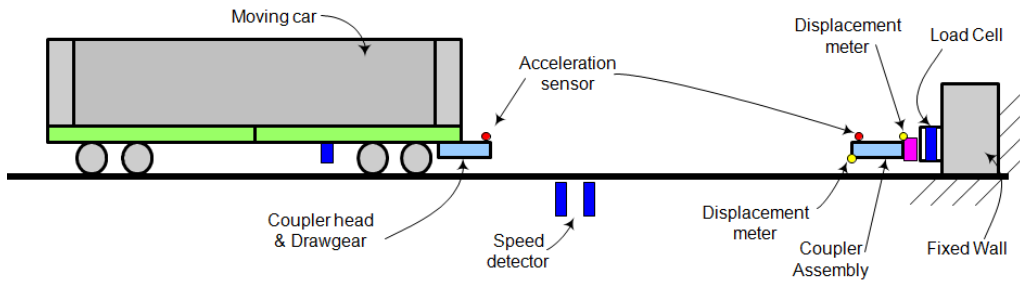


Fig. 10 동적 시험(Gas hydraulic buffer)



Fig. 11 동적 시험(Deformable tube)

3. 결론

철도차량의 충돌에너지 흡수용 완충장치의 성능평가 방법 중 2.3항에서 보는 것과 같이 정적 및 동적 시험과 같은 실험을 이용한 시험방법이 있으며, 이 시험의 목적은 철도차량의 충돌 시 발생하는 최대 압축력을 예측하여 이를 견딜 수 있는 완충 시스템을 개발하는데 있다. 이는 시뮬레이션과 병행할 수 있으며, 시뮬레이션의 결과의 정확성을 높이는데 활용되기도 한다. 따라서 완충장치의 최대 압축력은 변위와 힘의 관계로 검토할 수 있으며 충돌 속도 조건에 따라, 철도차량용 완충장치의 다양한 시스템 모델의 타당성을 검증할 수 있다.

참고문헌

- [1] H Rocholl(1985), Energy absorption in automatic couplings and draw gear, C288/35 IMechE.
- [2] Voith Turbo Scharfenberg GmbH & Co KG, Impact Dynamic Test & User Manual.