

국내 전동차에 적용된 SIDE BUUFER와 OVERLOAD PROTECTION의 고찰

Study on Side Buffer & Overload Protection applied Local EMU

황진택*

Hwang, Jin-Taek

ABSTRACT

Side Buffer with Anti-Climber is absorber and anti climber during impact.

The Overload Protection Device protects the car underframe from being damaged in case of release of the overload protection. In case of heavy impacts(60 ton), the load is converted into deformation energy by plastic deformation of the tear-off bolts

This paper describes a study on this function applied for Local EMU to help comprehensive concept of Side Buffer and Overload Protection Device .

1. 서 론

Side Buffer(with anti climber)란 전동차의 충돌 시 에너지 흡수 및 타고 오름 방지 기능을 수행하는 부품이다.

Overload Protection Device란 연결기 흡수능력(60 ton) 이상의 하중이 발생 시 연결기에 취부된 Shear-Off Bolt가 전단이 되면서 발생된 충격에너지를 흡수함으로써 차체의 손상을 예방하는 기능이다.

도시철도법에 연결기를 통한 충돌 안전기준은 5km/h 속도로 연결하는 것이다.

5km/h 초과 하중에 대해서 연결기를 통해 차량에 전달 시 1차적으로 연결기 및 완충기가 Shear off 되면서 에너지를 흡수하고 2차적으로 사이드 버퍼에서 일정 부분 흡수하며 사이드 버퍼 초과 하중이 차체에 작용하는 경우 차체의 다른 부분에 압괴현상이 발생하기 전에 차체 끝부분과 볼스터 사이의 차체 부분이 압괴 변형에 의하여 충돌에너지를 흡수하게 되며 이 때 Anti-climber plate에 의해 차량 간 타오름 방지한다.

이러한 기능들이 적용된 국내 전동차에 대해서 살펴보고 사이드 버퍼와 Overload Protection 개념에 대한 이해를 돕고자 한다.

2. 본 문

2.1 SIDE BUFFER의 특징

Side Buffer는 전두연결기 완충기의 흡수능력 이상의 초과하중 발생 시 충격을 흡수하여 차체로 전달되는 하중을 최소화 할 수 있도록 설계가 되었으며, Side Buffer 전단에는 Anti-Climber가 설치되어 Side Buffer 작동 이후 차간 타오름 현상을 방지하는 목적으로 설계가 되었다.

* 주식회사 로템 제품개발팀 주임연구원, 비회원
E-mail :hjt1118@hyundai-rotam.co.kr
TEL : (031)596-9355 FAX : (031)596-9756

형상 및 특성 곡선은 [그림1], [그림2]와 같다.

순번	구 분	성 능	비 고
1	스트로크	150mm	
2	최대 용량	710 kN ± 10 %	
3	충격흡수	약 100 kJ	

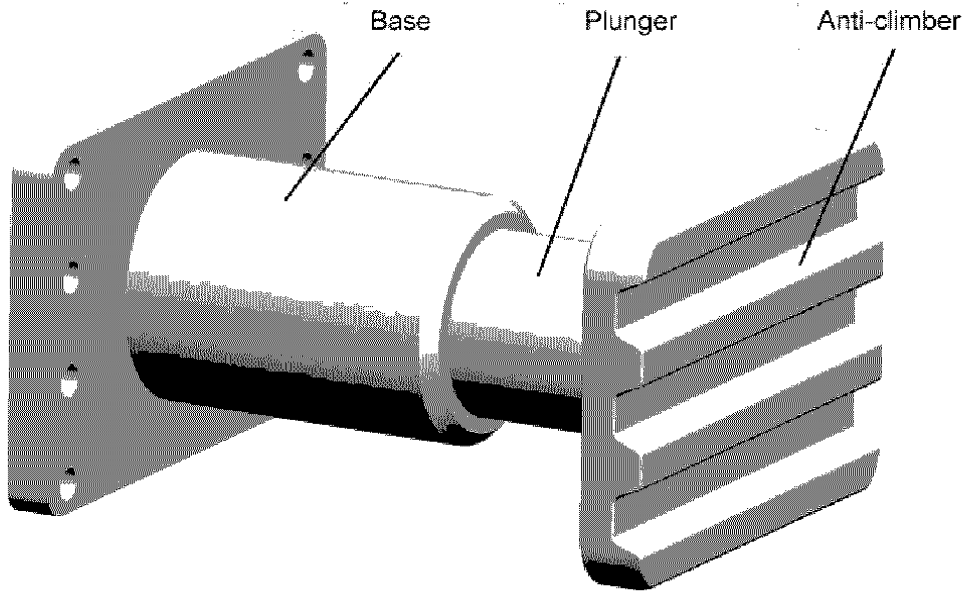
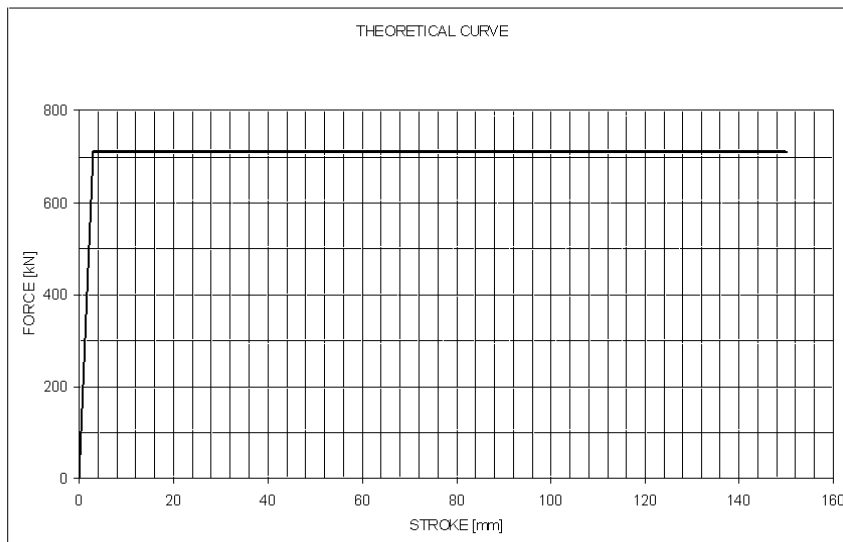


그림 1 SIDE BUUFER



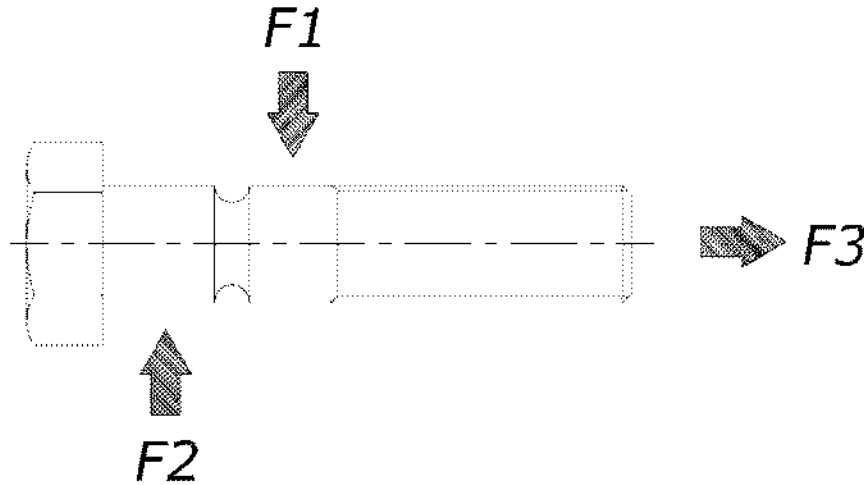
Certification category CL1 according to EN 15085-2.2007
Quality certificate 3.1 according to EN 10204

그림 2 SIDE BUUFER 특성 곡선

2.2 OVERLOAD PROTECTION의 특징

Overload Protection Device란 연결기 흡수능력(60 ton) 이상의 하중이 발생 시 연결기에 취부된 Shear-Off Bolt가 전단이 되면서 발생된 충격에너지를 흡수함으로 차체의 손상을 최소화 하는데 목적이 있다.

형상은 [그림3]과 같으며 외형에 대해서는 아래의 강도계산을 근거로 전단되는 포인트의 위치 및 전단부의 외경이 설계되었다.



※ F1 : 전단하중, F2 : 반력(F1=F2), F3 : 인장하중(볼트조임토크반력)

그림 3 OVERLOAD PROTECTION DEVICE

전단볼트의 선정 위한 강도계산은 아래와 같다.

(1) 계산 조건

(가) 연결기 압축하중

5 km/h 조차 시 약 80 ton의 압축 하중이 인가된다.

안전율 약 5 ton 을 고려하여 F = 85 ton 을 적용한다.

(나) 하중 조건 : 연결기가 85 ton으로 압축 하중을 받을 시, Shear Off Section에 힘이 인가되는 것으로 간주한다.

(다) 재질 물성치

SM45C 재질의 경우 $\sigma_y = 569 \text{ MPa}$ (58 kgf/mm²)의 최대인장응력(UTS) 값을 가진다.

(2) 강도 계산

(가) Shear off position(전단부)의 전단 응력(τ) 검토

1) 압축하중 : 85 ton

2) 취부 볼트의 수량 : 5 BA X 2 = 10 BA

3) 볼트 1개당 전단 하중(F1) : 85,000 kgf / 10 = 8,500 kgf

4) 볼트 전단부의 외경 : $\phi 14$

5) 볼트의 전단응력(SM45C)

$$\tau = \frac{F_1}{A} = \frac{F_1}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = \frac{8500}{\left(\frac{\pi 14^2}{4}\right)} = 55.2 \text{ kgf/mm}^2$$

(나) 볼트의 조임 토크 반력에 의한 조합응력 검토

$$F = \frac{W}{\frac{L + \mu \pi d_3}{\pi d_e - \mu L} + \mu_1}$$

W(나사를 조이는 힘) : 30 kgf / 0.25 = 120 kgf

L(나사의 리이드) : 2.5

μ (나사의 마찰계수) : 0.15

d_e (나사의 유효경) : 18.4

μ_1 (마찰계수/나사산의 강도) : 0.15 / 0.866 = 0.173

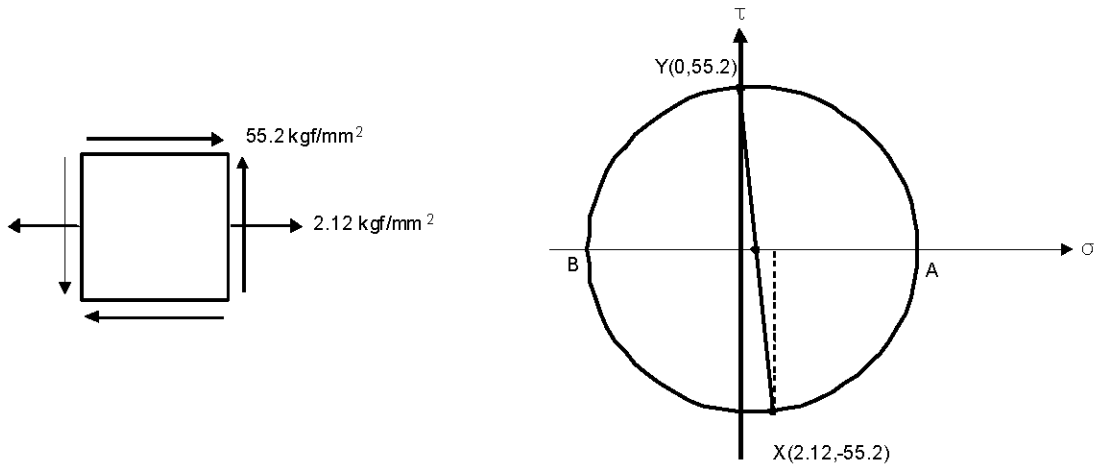
볼트의 조임토크 반력에 의한 인장력

$$F_3 = \frac{120}{\frac{2.5 + 0.15 \pi \cdot 18.4}{18.4 \pi - 0.15 \cdot 2.5}} + 0.173 = 326 \text{ kgf}$$

$$\sigma_3 = \frac{F_3}{A} = \frac{326}{\left(\frac{\pi 14^2}{4}\right)} = 2.12 \text{ kgf/mm}^2$$

(다) 2차원 단면의 복합 하중 계산

Mohr's circle method에 의한 응력을 계산하면 다음과 같다.



$$R = \sqrt{\left(\frac{2.12}{2}\right)^2 + 55.2^2} \approx 55.2$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2.12}{2} + 55.2 = 56.3 \text{ kgf/mm}^2, \quad \sigma_{\min} = \frac{2.12}{2} - 55.2 = -54.1 \text{ kgf/mm}^2$$

2.3 SIDE BUFFER와 OVERLOAD PROTECTION DEVICE 적용 사례

Side Buffer와 전단 Shear Off Bolt가 적용된 국내의 EMU 차량은 철도공사 경의선 전동차로서 국내에서 최초로 적용한 사례이다.

또한 철도공사에서 진행하고 있는 모든 EMU에는 동일한 형태로 적용 진행 중에 있다.

취부 위치 및 설치된 형상은 [그림4]에서와 같이 차량 전두부 End Beam에 2 set의 Side Buffer가 설치되어 있으며 연결기는 상기 2.2항에서 계산된 것과 같이 M14 전단볼트 10개소로 고정을 하도록 설계가 되어있다.

Side Buffer의 위치 및 형상은 차량의 최소 곡선 반경인 100R 구간에서 차량 연결하여 운행 시 간섭이 발생하지 않으며 충돌 시 최적으로 에너지를 흡수할 수 있는 위치를 선정하여 설치되도록 설계가 되었다.

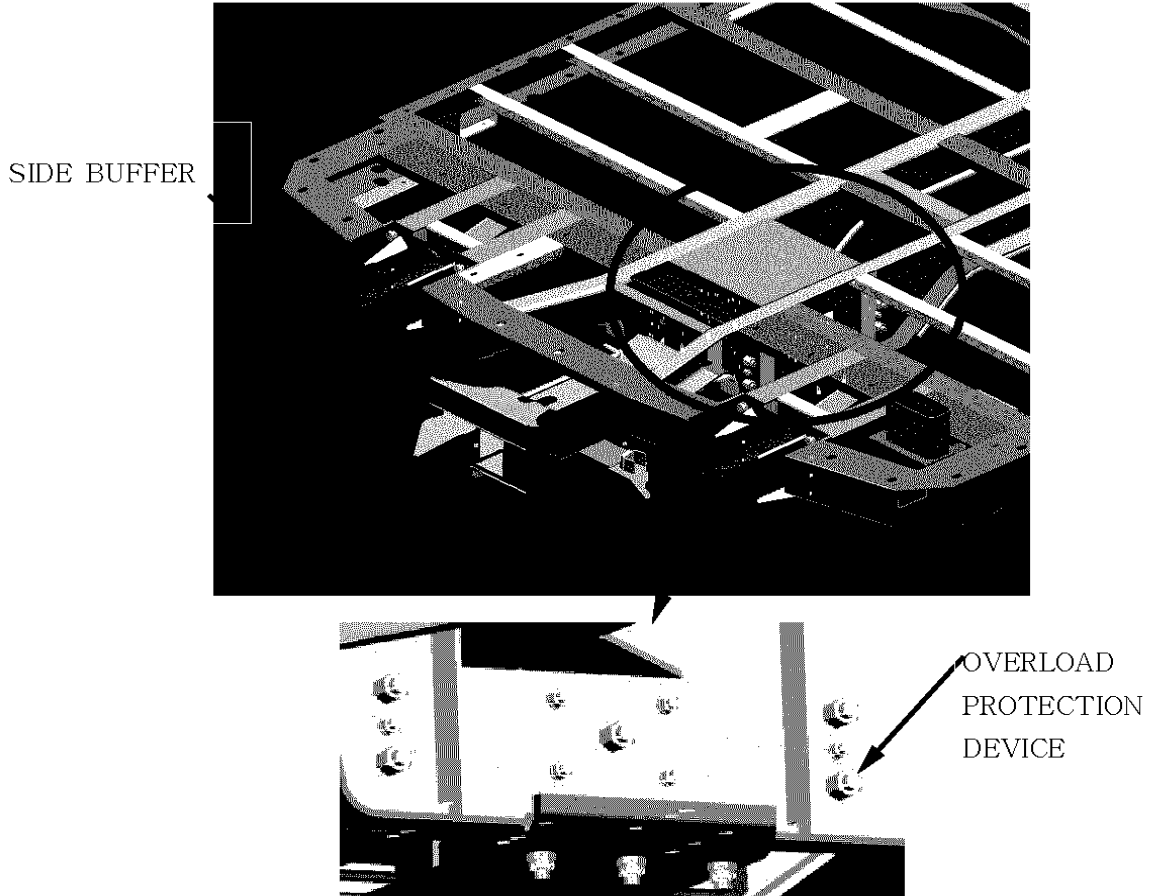


그림 4 적용 사례

이와 같이 Side Buffer와 Overload Protection Device를 적용하였을 때 충돌에 대한 조건은 첫 번째, 각 차량이 상대속도 20킬로미터에서 충돌 하였다. 이는 동일한 차량이 마주 오는 방향으로 서로 10km/h로 충돌하는 경우로서 상대속도 20km/h와 같은 조건이 된다. 또한 이 경우에 대한 차량의 하중은 만차 조건을 적용하였다.

두 번째, 5km/hr의 속도로 주행하는 공차상태의 열차(6량, 8량, 10량 각각 1편성)가 제동이 되어 있는 유사한 형태의 열차(각 6량, 8량, 10량 각각 1편성)와 연결기를 통하여 충돌하는 경우이다.

전동차 차체의 충돌해석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 각 차량이 상대속도 20킬로미터에서 연결기와 Side Buffer를 통하여 충돌 시 모든 변형은 볼스타와 차체 엔드 사이에서 발생하는 것을 알 수 있다. 이것은 도시철도 안전기준에 부합하는 것이다.
- (2) 상대속도 20km/h로 충돌 시 최대 압패 길이가 약 92.3mm로 운전자의 안전공간이 확보되므로 안전한 것으로 판단된다.
- (3) 시속 5킬로미터의 속도로 주행하는 공차상태의 열차(6량, 8량, 10량 각각 1편성)가 제동이 되

어 있는 유사한 형태의 열차(6량, 8량, 10량 각각 1편성)와 충돌 시 차체에 발생하는 최대 압축하중은 선두차에서 79.89톤이며 차체 압축강도 50톤 보다 크지만, 압축하중 79.89 톤을 초과하여 해석한 결과 최대 응력은 이때 발생된 최대응력은 11.1kgf/mm²이 발생하므로, 차체에 영구변형을 발생시키지 않는 것으로 판단된다.

상기 결과로 Side Buffer와 Overload Protection Device를 적용한 차체는 충분한 충돌 안전성을 갖는 것으로 확인이 되었다.

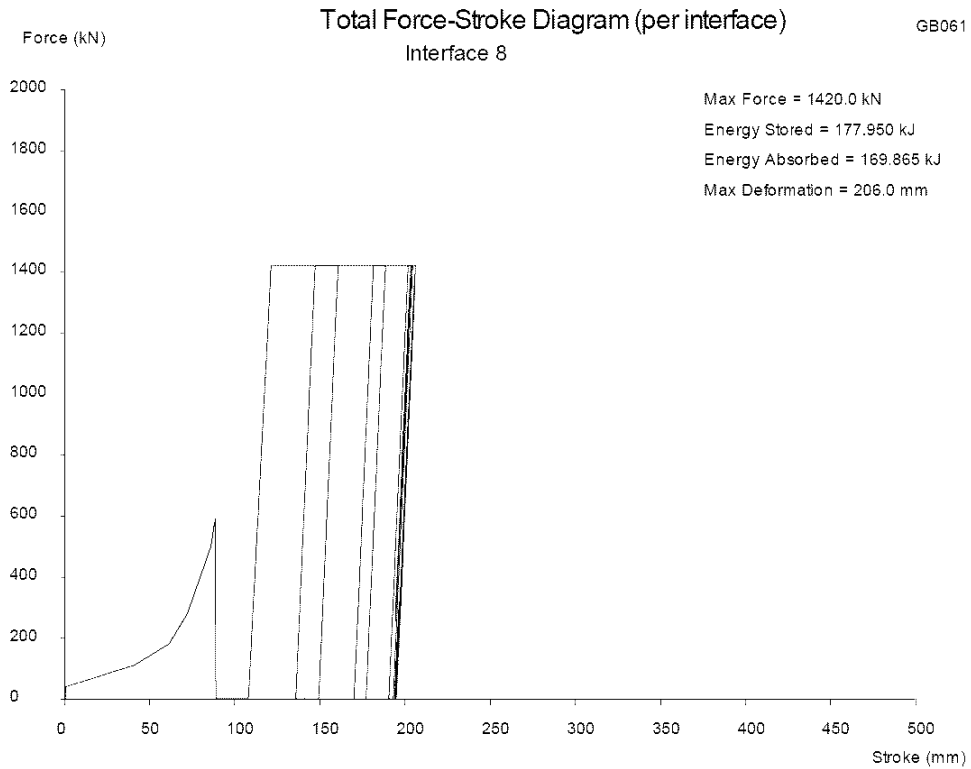


그림 4 연결기 및 SIDE BUFFER 특성 곡선



그림 5. 초기 상태와 충돌 후 전체 형상 (상대속도 20km/h)

3. 결 론

이상에서 살펴본 것과 같이 Side Buffer와 전단 Shear Off Bolt를 적용한 차량의 경우 5km/h 초과 하중에 대해서 연결기를 통해 차량에 전달 시 1차적으로 연결기 및 완충기가 Shear off 되면서 에너지를 흡수하고 2차적으로 Side Buffer에서 일정 부분 흡수하며 사이드 버퍼 초과 하중이 차체에 작용하는 경우 차체의 다른 부분에 압괴현상이 발생하기 전에 차체 끝부분과 볼스터 사이의 차체부분이 압괴 변형에 의하여 충돌에너지를 흡수하게 되며 이 때 Anti-climber plate에 의해 차량 간 타오름 방지한다.