

호주 NIF 2층 전동차의 충돌 흡수 설계 검증

The crash absorption system of TfNSW NIF EMU

김봉기*

Bongki Kim*

초 록 본 문서에서는 양산 제작 중인 호주 NIF 2층 전동차 충돌 흡수 구조에 대한 개념설계 내용을 기술하였다. 본 개념설계에서는 정면 충돌 36km/h 조건에서 1차원 충돌 시뮬레이션을 통해 충돌 안전 성능평가 기준을 만족하고, 각 차량 부위별 충돌 흡수 부재의 용량을 만족함을 확인하였다. 호주 NIF 2층 전동차의 편성 기준인(Long unit) 10량으로 검토하였으며, 차량 중량은 설계 중량을 기준으로 검토하였다.

주요어 : 충돌, 흡수부재

1. 서론

본 문서에서는 현재 양산 제작 중인 호주 NIF 2층 전동차 10량 1편성의 전동차에 대해 동일 편성 간 36km/h 정면 충돌 시 충격에너지를 흡수할 수 있는 연결기 완충장치 및 차체 흡수 부재의 타당성을 도출하려고 한다.

* 현대로템 차체개발팀

2. 본론

본 개념 설계의 호주 NIF 2층 전동차는 아래 Fig.1에 표현되었으며, 10량 1편성으로 구성되어 있다.

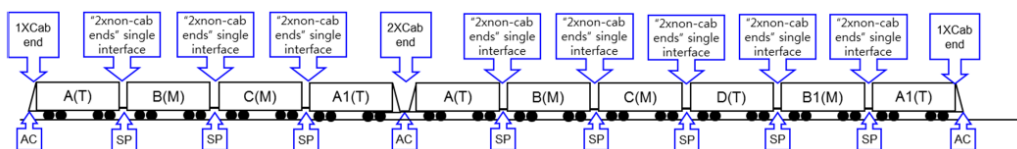


Fig. 1 The configuration of the TfNSW NIF EMU

2.1 충돌안전도 개념설계

2.1.1 개념설계

호주 NIF 2층 전동차에서 대부분의 충돌에너지를 Anti-climber 및 차량 간 연결기에서 흡수하고자 한다. 전두부는 전두 연결기, Anti-climber에서 주요 충돌 에너지를 흡수하게 되며, 차량 간에는 중간 연결기, Anti-climber에서 에너지를 흡수한다. 개념 설계 및 메커니

증은 아래 표1과 같다.

Table 1 Concept design and mechanism of crashworthiness

Step	Component of crash element	Mechanism
1 st step	Front coupler + tear bolt	Plastic deformation of coupler & tear off
2 nd step	Crash box with anti-climber	Plastic deformation of crash box
3 rd step	Semi-permanent coupler	Plastic deformation of coupler

적용 중량(M_c)은 설계 중량을 바탕으로 EN 15227에서 규정하고 있는 공차 중량 + 좌석 인원 50% 중량을 고려하면 526,884kg이며 상세 내역은 아래 Table2 와 같다.

Table 2 The weights of each car

Load Condition	A-car	B-car	C-car	D-car	B1-car	A1-car	Remarks
Vehicle Tare weight (M_0)	48,129	51,676	49,625	46,223	51,623	47,929	
50% of M_{seat}	3,240	3,440	3,680	3,520	3,600	3,240	per passenger weight = 80kg
M_c	51,369	55,116	53,305	49,743	55,223	51,169	

(*) Collision mass/weight, $M_c = "M_0 + 50\% \text{ seated passenger mass } (\frac{1}{2} \times M_{seat})"$

2.1.2 충돌 시나리오

EN15227에 규정된 충돌 시나리오(CS1)는 아래와 Table3 과 같다.

Table 3 Crash Scenario 1-1

Crash Scenario No.	Scenario description	Reference clause
CS1-1	A multiple unit ("10 cars" consist) in its " M_c " loading condition impacting an rigid wall head on at a closing speed of 18 km/h.	EN15227 Clause 6.4

동일한 편성의 열차와 36km/h 정면 충돌은 고정벽과 18km/h 로 충돌하는 것과 에너지 흡수 측면에서 등가로 볼 수 있다.

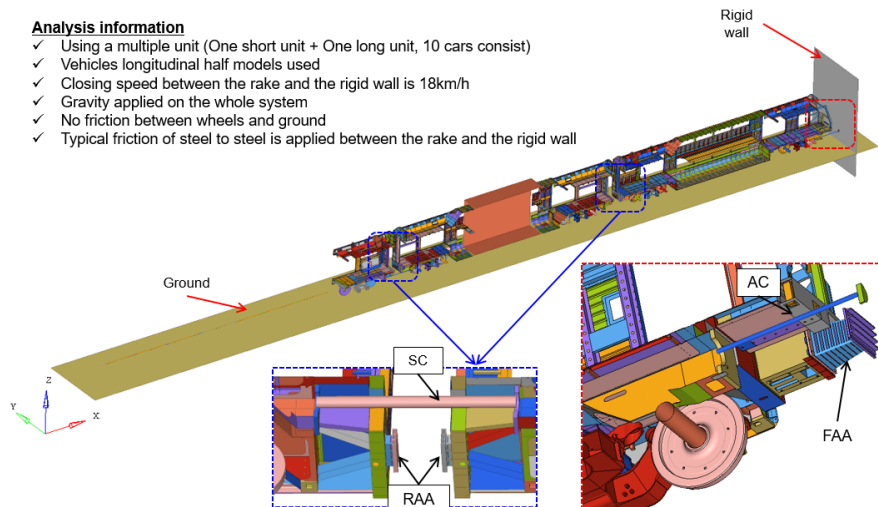


Fig. 2 Schematic configuration of crash scenario 1-1

2.2 1-D 시뮬레이션을 통한 사양 평가

1차원 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 충돌 해석을 수행하고, 정면 충돌 36km/h 조건의 만족 여부를 평가하였다. 중량은 공차 및 좌석 인원 50% 중량 조건을 이용하였으며, 제동 미 체결 상태를 조건으로 하였다.

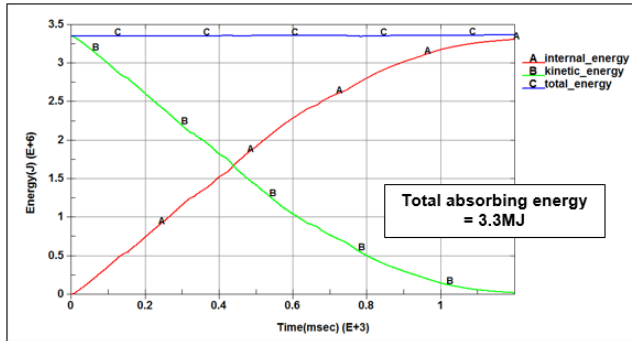


Fig. 3 Global energy curves

Location	CEM entities	Internal Energy (extracted from the analysis on a interface basis)
Cab front of leading A1 car	AC	407,680 J
	FAA	300,350 J
	SC	498,090 J
Interface between leading A1 & B1 cars	RAA at A1 car side	104,090 J
	RAA at B car side	92,277 J
Interface between B1 & D cars	SC	506,710 J
	RAA at B car side	96,448 J
	RAA at D car side	93,100 J
Interfaces from D to A car ⁽¹⁾	SC+ two RAA	1,204,955 J
Total^(2,3)		3,303,700 J

Table 4 Summary of absorbed crash energy

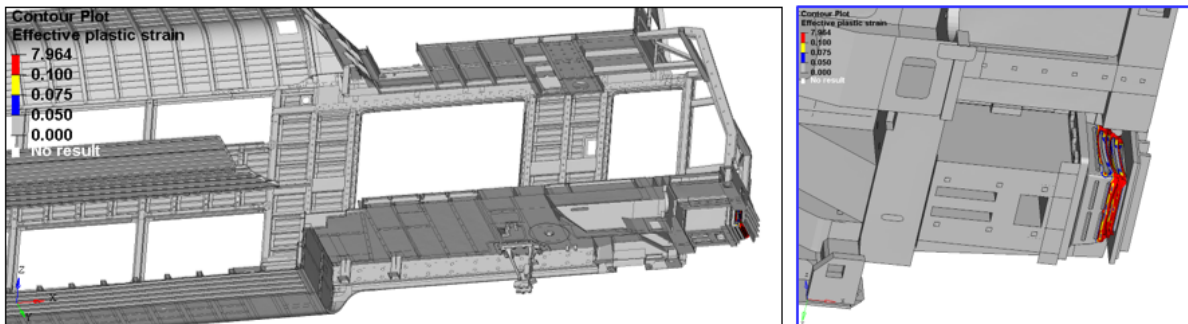


Fig. 4 Plastic strain contours of the crew cab, entrance vestibule and passenger saloon survival spaces

충돌 후의 상세한 구성은 Fig.4에 나와 있다. 선두 A1-Car 에서 영구적인 변형이 발생했지만, 운전자의 생존 면적이 충분히 확보되어 있다. 볼스터 사이의 차체 구조는 충돌 시 어떠한 구조적 변형도 발생하지 않았다.

3. 결론

정면 충돌 36km/h 조건에서의 충돌 해석 결과는 아래와 같다.

- 1) 고정벽과 18km/h 충돌 시, 전두부를 시작으로 하여 순차적으로 변형이 진행된다.
- 2) 전두연결기와 중간연결기, Anti-climber는 차체 구조물에 손상을 입히지 않고 변형 된다.
- 3) 볼스터 사이의 어떠한 구조에도 영구 변형이 발생하지 않는다.

호주 NIF 2층 전동차의 권고된 충돌 사양 CS1에 대하여 만족함이 입증 되었다.

참고문헌

- [1] EN 15227 [2008] + A1 [2010] Railway applications — Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies.