

도시철도차량의 충돌압괴 특성분석

*정종덕¹, 권태수¹, 정현승¹, 박기준¹, 편장식¹
¹ 한국철도기술연구원

Crush Analysis of Urban Railway Vehicle Structure

*J. D. Chung¹, T. S. Kwon¹, H. S. Jung¹, K. J. Park¹, J. S. Pyun¹
¹ Korea Railroad Research Institute

Key words : Urban Railway Vehicle, Crush, Collision

1. 서론

도시철도차량의 충돌해석은 각 차량이 주요 에너지 흡수영역에서 흡수할 에너지량 및 압괴하중 크기, 탑승자 영역의 생존공간 확보 여부, 탑승자에 부과되는 충격가속도 크기 등을 평균적인 개념에서 구하기 위하여 사용된다. 전체 차량이 흡수하여야 할 에너지량은 충돌사고 시나리오에 의하여 결정되지만, 각 차량이 흡수할 에너지 배분, 구조체 압괴하중 크기 및 길이 등은 탑승자 보호를 고려하여 구조체 구조설계에 반영되어야 한다. 구조체구조의 압괴하중을 높게 설계하면 탑승자의 생존공간 확보는 용이하지만 탑승자에 부과되는 충격 가속도가 크게 되므로, 상충하는 구조 응답을 감안하여 최적의 설계를 도출하기 위한 노력이 필요하다.

사고차량의 충돌압괴특성을 분석하기 위해 상용소프트웨어인 LS-DYNA 를 사용하였으며, 전두부가 있는 운전실을 갖는 부수차(TC)를 대상으로 각각 전위, 중앙, 후위에 대한 충돌압괴 특성 해석을 실시하였다. 그 외 차량들은 전후가 대칭이므로 운전실 차량의 후위를 전위로 가정하여 해석하였다.

2. 해석조건

도시철도차량에 대한 충돌해석에 사용된 모델은 Fig. 1 과 같으며, 충돌해석을 위해 Table 1 의 조건으로 충돌압괴 거동에 대한 해석을 수행하였다.

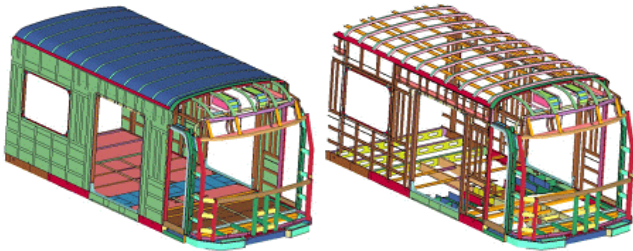


Fig. 1 Crush analysis model

Table 1 Crush analysis condition

Car Type	TC-Car	T-Car	M-Car	M'-Car
Tare Weight (kg)	35,400	35,889	44,300	49,100
Car Body Weight (kg)	25,160	25,649	27,220	32,020
Car Body Weight (kg)	2,881	3,370	3,576	4,207
Front Length (mm)		2,850		
Car Body Weight (kg)	18,909	18,909	20,068	23,606
Center Length (mm)		13,800		
Car Body Weight (kg)	3,370	3,370	3,576	4,207
Rear Length (mm)		2,850		
Couple Length (mm)		600		
Weight per Bogie (kg)	5,120	5,120	8,540	8,540
Acceleration of Gravity (m/sec ²)		9.81		

3. 충돌해석결과

도시철도차량 충돌해석결과는 전방영역의 경우 Fig. 2 와 같다.

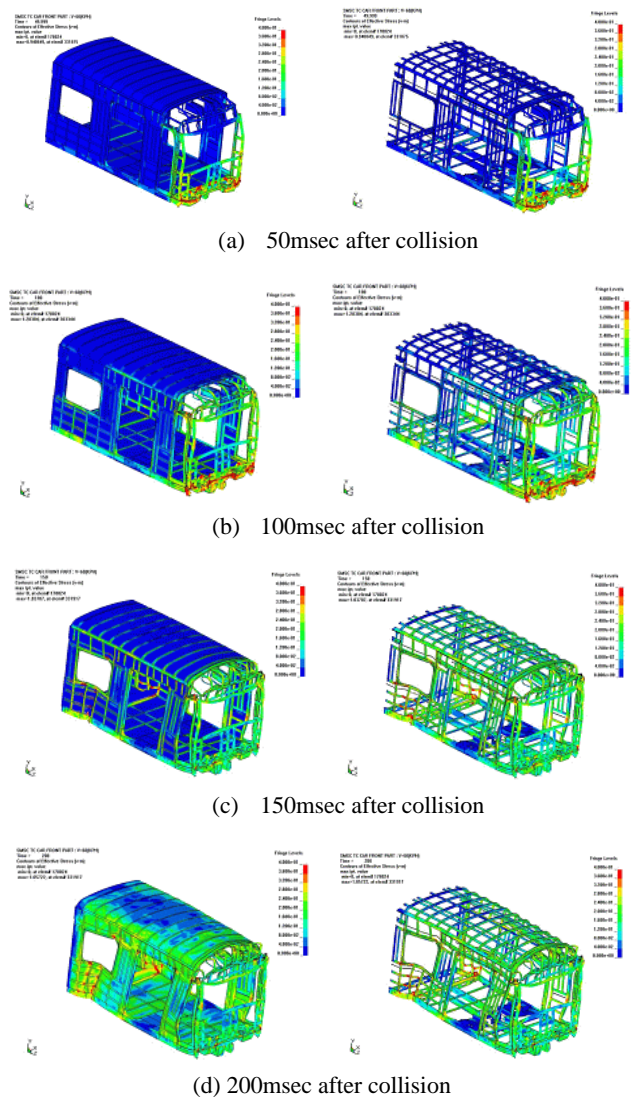


Fig. 2 Strain and stress for collision

3.1 전위부위 해석결과

Fig.3 은 충돌해석의 결과로 얻은 에너지 선도와 압괴하중에 따른 압괴하중 곡선이다. 전방영역 충돌압괴특성의 경우, 평균 압괴하중은 1,310kN, 최대 압괴하중은 3,071kN, 압괴량은 1,000mm 로 나타났다.

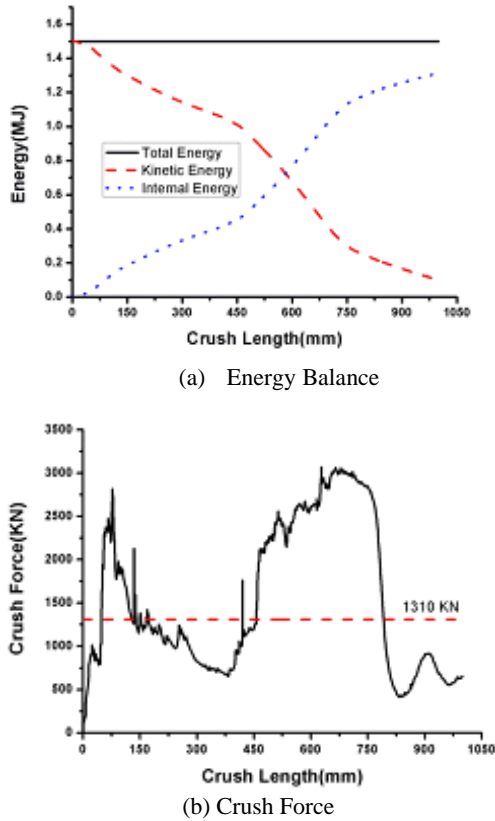


Fig. 3 Energy balance and crush force of front

3.2 중앙부위 해석결과

Fig. 4는 중간영역의 충돌해석 에너지 선도와 압괴량에 따른 압괴하중 곡선이다. 중간영역 충돌압괴특성의 경우, 평균 압괴하중은 1,429 kN, 최대 압괴하중은 8,396 kN, 압괴량은 868 mm로 나타났다.

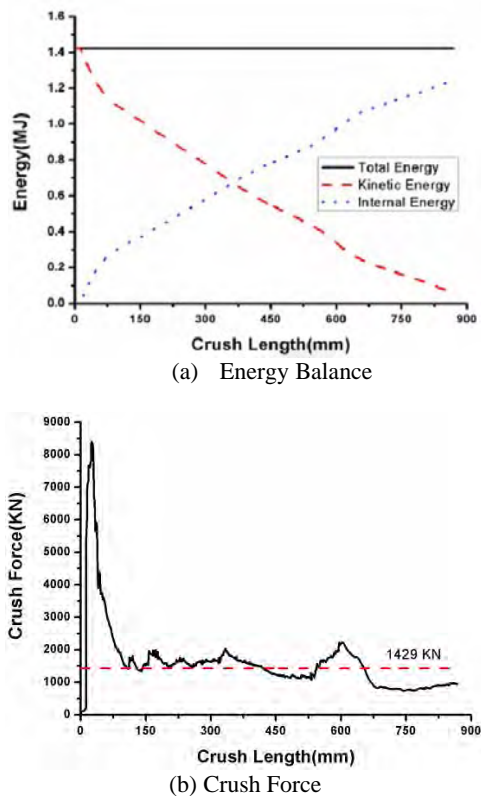


Fig. 4 Energy balance and crush force of center

3.3 후위부위 해석결과

Fig. 5는 후위부위의 충돌해석 에너지 선도와 압괴량에 따른 압괴하중 곡선이다. 후위부위 충돌압괴특성의 경우, 평균 압괴하중은 2,674 kN, 최대 압괴하중은 20,269 kN, 압괴량은 264 mm로 나타났다.

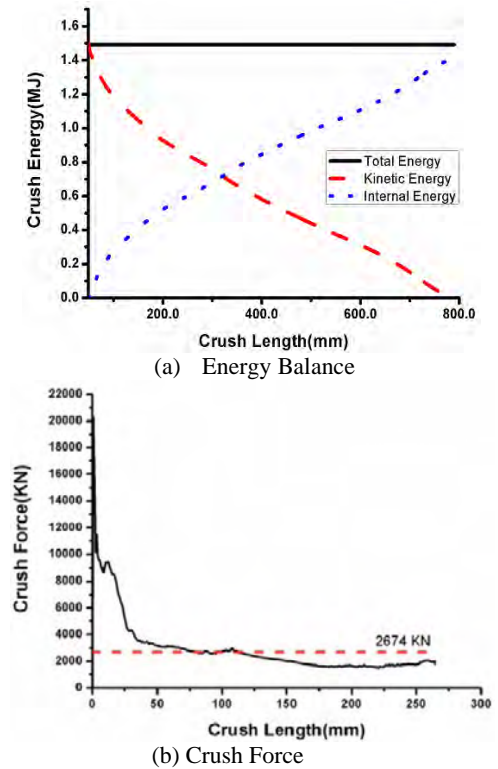


Fig. 5 Energy balance and crush force of rear

Table 2는 영역별 충돌해석 결과인 충돌압괴특성을 나타낸 것이다.

Table 2 Crush analysis result

Part	Mean crush force(kN)	Max. crush force(kN)	Crush length (mm)	Absorbed energy(MJ)
Front	1,310	3,071	1,000	1.31
Center	1,429	8,396	868	1.24
Rear	2,674	20,269	264	0.706

4. 결론

본 논문에서는 사고차량에 대하여 충돌안전도 성능평가를 위한 충돌해석 시뮬레이션을 수행하였다. 또한, 전동차의 실제 충돌사고난 차량과 비슷한 형태를 나타냈으며, 변형이 많이 일어난 부분의 경우 강도 보강을 통하여 안전성을 갖는 전동차로 복구하여야 할 것이다.

참고문헌

1. J.D. Chung, et al.: An interim report on precision diagnosis of railroad EMUs (Korea Railroad Research Institute, December 2002), in Korean.
2. 1. L. T. Kisielwicz and K. Ando, "Crashworthy rolling stocks," PUCA, pp. 73~81, 1993.
3. 2. R. A. Smith, "Crashworthiness moves from art to science," Railway Gazette International, April, pp. 227~230, 1995.
4. 3. A. Scholes, "Developing crashworthiness technology in Europe WCCR," 1996.
5. J. Kim, et al.: Maintenance And Reliability CONFERENCE (MARCON) 2004, MARCON 2004 Proceedings, 2004.