

도시철도차량 연결기의 차체에 미치는 제동충격력 연구 Braking impact study on the body of the connector urban rail vehicles

한은광*, 구정서*[†], 조병진*, 김명종*

Eun Kwang Han*, Jeong Seo Koo*[†], Byung Jin Cho*, Myung Jong Kim*

Abstract In this paper, we studied on the braking shock and acceleration at the commonly used coupler according to the deterioration in the urban railway vehicles. We analyzed the dynamic performances of Single, Double, and Ring Types of the current urban railway vehicles. Acceleration and jerk in the body during running were evaluated for the Single, Double, and Ring type couplers using a 2D dynamic model. At results, in all three types of the couplers, the acceleration and the maximum jerk are almost same as 0.73m/s^2 and 1.30m/s^3 . To a more accurate analysis results, we are under development of an algorithm for the cushion material for the 3D analysis of VI-rail and evaluate the ride quality due to the coupler types and their deteriorations.

Keywords : ADAMS, Coupler, Jerk, Multi-body Dynamics

초 록 본 논문에서는 현재 도시철도차량에서 사용되고 있는 연결기를 이용하여 차량의 제동충격에 대하여 연구하였다. 2D모델을 이용하여 도시철도차량에서 많이 사용되는 Single, Double, Ring type 연결기의 주행 중 차체에 일어나는 가속도와 저크를 평가하였다. 그 결과, 세가지 종류의 연결기 모두 가속도는 약 0.73m/s^2 , 최대 저크(Jerk)는 1.30m/s^3 으로 거의 동일한 결과를 보였다. 이에 더욱 정확한 해석을 위하여 3D해석을 진행하여 연결기에 대한 알고리즘을 개발하고, Vi-rail에 적용시켜 승차감에 어떠한 영향을 끼치는지 VI-rail을 통해 연구를 진행 중이다.

주요어 : 연결기, 가속도, ADAMS, 제동충격력

1. 서 론

도시철도차량용 연결기는 차량 간 기계적 연결 기능과 차량의 가·감속에 의해 발생하는 전·후 방향의 충격력을 흡수하는 역할을 한다. 현재 운행되고 있는 도시철도차량은 8량 1편성의 형태로 이루어져있으며, 승객의 승차감 향상을 위해 각 차량간 연결기의 역할이 중요하다. 국내 도시철도 연결기의 연구가 활발히 진행되고 있지만 대부분 안전성 평가를 위한 차량 간 충돌사고 혹은 장애물과의 충돌에 따른 연결기 파손에 대해 연구하였고, 실제로 상용 운행중인 차량 연결기의 충격력에 관한 연구는 아직까진 미흡하다. [1]

[†] 교신저자: 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과 (koojs@seoultech.ac.kr)

* 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과

따라서 본 연구에서는 실제 운행되고 있는 도시철도차량을 단순 BOX로 모델링하여 감속 시 연결기 종류에 따른 제동패턴의 영향을 가속도와 저크(Jerk)를 이용하여 평가하였다. 그 후 더욱 많은 Parameter study를 하기 위하여 연결기 알고리즘을 개발하고 Vi-rail의 Function 기능을 적용시켜 연결기가 승차감에 어떠한 영향을 미치는지 연구를 진행 중이다.

2. 본 론

2.1 연결기의 종류

2.1.1 Single type

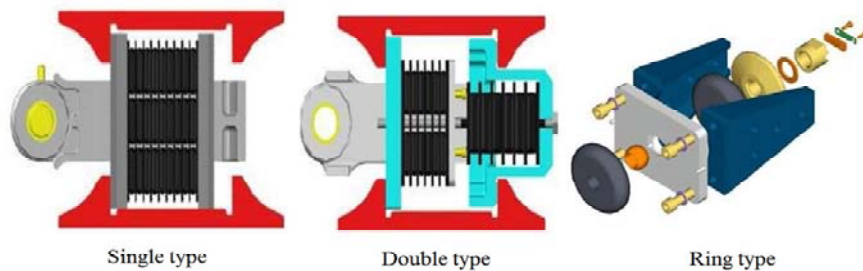


Fig. 1 Coupler types of urban rail vehicles

열차가 처음 도입되었을 때 사용했던 Single type 연결기이다. 고무를 접촉한 패드를 여러 개 붙인 구조로 고무를 압축, 인장 할 때 고무의 저항력을 이용하여 완충작용을 한다. [2] 처음 연결기를 제작할 때 초기압력을 주어 큰 충격에는 효과적인 작용을 하지만 작은 충격은 흡수하지 못하는 단점이 있다.

2.1.2 Double type

Single type 연결기의 단점인 작은 충격을 흡수하지 못하는 문제점을 보완하기 위하여 제작과정 중 발생하는 초기압력을 낮추어 작은 충격력에도 작용할 수 있게 제작된 연결기이다. [2]

2.1.3 Ring type

현재 사용되고 있는 최신 연결기 Type으로 기존의 Single type과 Double type 연결기는 단방향 앞뒤로만 충격을 흡수하였지만, Ring type 연결기는 상/하, 전/후, 좌/우 방향의 충격까지 효과적으로 흡수할 수 있는 장점이 있다. 또한 고무링의 개수를 조절하여 흡수용량과 변위를 조정할 수 있는 연결기이다. [2]

2.2 2D Model 해석 결과

해석을 진행한 결과 연결기를 적용한 모델은 Single, Double, Ring type 3 가지이고, 모두 가속도는 약 $0.73m/s^2$, 최대 저크(Jerk)는 $1.30m/s^3$ 으로 거의 동일한 결과를 보였다. Table 1 과 같이 열차 제동 시 연결기 타입에 따른 차이가 크게 나타나지 않는 것을 확인하였다.

Table 1 Results of Jerk and Acceleration according to Coupler types

Normal coupler		
Single type	The maximum Jerk [m/s ³]	1.309
	Mean Acceleration [m/s ²]	0.735
Double type	The maximum Jerk [m/s ³]	1.303
	Mean Acceleration [m/s ²]	0.739
Ring type	The maximum Jerk [m/s ³]	1.307
	Mean Acceleration [m/s ²]	0.738

2.3 연결기 알고리즘

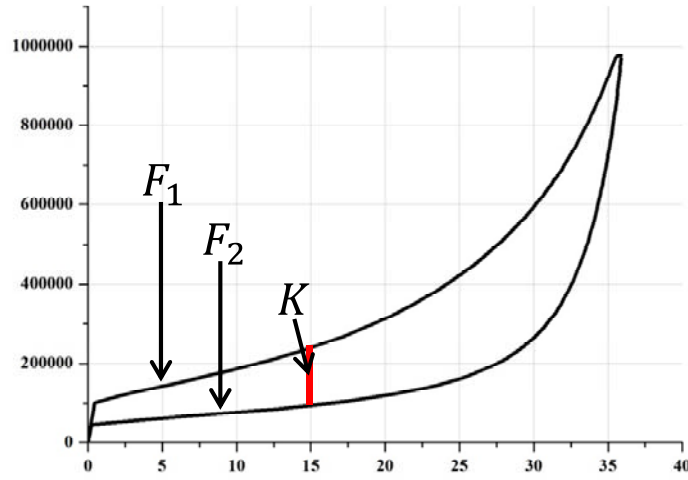


Fig. 2 FD curve of the Single type

δ_t 의 위치가 F_1 일 때,

$$\begin{cases}
 \Delta\delta^t \geq 0 \rightarrow F^{t+\Delta t} = F_1(\delta^t + \Delta\delta^t) \\
 \Delta\delta^t < 0 \begin{cases}
 \textcircled{1} F^t + K\Delta\delta^t \geq F_2(\delta^t + \Delta\delta^t) \rightarrow F^{t+\Delta t} = F^t + K\Delta\delta^t \\
 \textcircled{2} F^t + K\Delta\delta^t < F_2(\delta^t + \Delta\delta^t) \rightarrow F^{t+\Delta t} = F_2(\delta^t + \Delta\delta^t)
 \end{cases}
 \end{cases} \quad (1)$$

δ_t 의 위치가 기울기 K 면,

$$\begin{cases} \Delta\delta' \geq 0 \\ \Delta\delta' < 0 \end{cases} \begin{cases} \textcircled{1}F' + K\Delta\delta' \geq F_1(\delta' + \Delta\delta') \rightarrow F^{t+\Delta t} = F_1(\delta' + \Delta\delta') \\ F' + K\Delta\delta' < F_1(\delta' + \Delta\delta') \rightarrow F^{t+\Delta t} = F' + K\Delta\delta' \\ \textcircled{2}F' + K\Delta\delta' \geq F_2(\delta' + \Delta\delta') \rightarrow F^{t+\Delta t} = F' + K\Delta\delta' \\ F' + K\Delta\delta' < F_2(\delta' + \Delta\delta') \rightarrow F^{t+\Delta t} = F_2(\delta' + \Delta\delta') \end{cases} \quad (2)$$

δ_t 의 위치가 F_2 일 때,

$$\begin{cases} \Delta\delta' \geq 0 \\ \Delta\delta' < 0 \end{cases} \begin{cases} \textcircled{1}F' + K\Delta\delta' \geq F_1(\delta' + \Delta\delta') \rightarrow F^{t+\Delta t} = F_1(\delta' + \Delta\delta') \\ \textcircled{2}F' + K\Delta\delta' < F_1(\delta' + \Delta\delta') \rightarrow F^{t+\Delta t} = F' + K\Delta\delta' \\ \Delta\delta' < 0 \rightarrow F^{t+\Delta t} = F_2(\delta' + \Delta\delta') \end{cases} \quad (3)$$

와 같이 δ_t 의 위치에 따라 다른 알고리즘이 적용된다.

위의 알고리즘을 Vi-rail에 대응하는 Function을 만들어 3D 해석을 진행할 것이다.

3. 결론

본 연구에서는 도시철도차량의 제동 중 발생하는 연결기의 종류별 충격력을 분석하여 차체가속도에 얼마나 영향을 미치는지 확인하였다. 시뮬레이션을 통해 얻은 결과는 Table 1 과 같으며, 각 연결기 별 결과값은 동일하였고, 본 연구에 본질적인 목표는 본 논문의 연결기의 알고리즘을 3D 다물체 동역학 해석 프로그램인 Vi-rail 에 적용시켜 현재는 단순 Box 모델로 연구를 진행하였지만 이후 연구에는 제동패턴 및 선로의 구배에 따른 미치는 영향을 연구할 것이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(16RTRP-B084184-03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Y. H Cho (2007) Modeling of impact force of coupler device during emergency braking, *Journal of the Korean Society for Railway*, pp. 1961-1965.
- [2] W.Y Lee (2015) Analysis on the Cushion Characteristics of Draft Gears for Electric Railcars, Master of Science, *Seoul National University of Technology*, pp. 4-16.
- [3] J Hwang-Bo (2015) Study on change of regenerative energy in conformity with load factor of percentage in Metro, *Journal of the Korean Society for Railway*, pp. 6-15.