

철도차량의 점착특성 분석을 위한 축소 점착시험기의 설계 Design of the Scaled Adhesion Tester for Analyzing the Adhesion Characteristic of Railway Vehicles using

**김민수¹, 김남포², 허현무²

*M. S. Kim^{1#}(ms_kim@krii.re.kr), N. P. Kim², H.M.Hur²

¹한국철도기술연구원 광역도시철도연구본부, ²한국철도기술연구원 고속철도연구본부

Key words : Adhesion Coefficient, Slip, Slide, Skid, Wheel Load, Railway Vehicle

1. 서론

차륜을 이용하여 구동되는 철도차량은 차륜과 레일 사이의 점착력에 의해 추진 및 제동에 필요한 힘을 얻게 되는데, 이러한 점착력은 마찰면에서의 점착계수와 작용하중의 곱으로 결정된다. 여기에서 점착계수는 마찰면의 상태(온·습도, 표면상태 등)와 공전속도(구동 차륜속도와 차량속도의 차)에 의해 결정된다. 공전속도의 증가에 따라 점착계수는 일정영역까지 증가하여 최대치를 갖은 후에 최대치 이후 영역부터는 점점 감소하는 특성을 갖는 것으로 알려져 있다[1][2].

철도차량 운행 과정에서 이러한 공전(slip) 및 활주(slide, skid) 현상이 필연적으로 발생하는데, 철도차량에서 이러한 현상은 최대 점착력 이상의 구동력이 차륜/레일 사이에 가해지거나 최대 점착력 이하의 제동력이 가해질 때 발생한다. 이러한 공전이나 활주현상이 과도하게 발생할 경우, 접촉부위의 과도한 편마모를 일으키거나 구동/제동시스템의 제어특성을 불안정하게 만들어 견인력이나 제동력을 감소시키는 원인이 된다. 또한 이런 현상은 탈선 등 차량사고의 집적적인 원인을 제공하며 시스템의 안전성 및 경제성에 큰 영향을 끼친다. 따라서 이러한 철도차량의 구동 및 제동특성을 분석하고 다양한 환경에서의 점착특성을 분석하기 위해 공전 및 활주특성을 모의할 수 있는 장치가 개발되어 활용되고 있다[4]~[6]. 본 논문에서는 레일과 차륜의 점착특성을 모의하기 위한 차륜/레일의 운동을 모의하는 축소 점착시험기 시제를 제작하여 마찰회전에 기초한 점착특성 데이터를 수집하여 분석하였다.

2. 축소 점착시험기 시제 제작

축소 점착시험기는 철도차량의 차륜과 레일에 상당하는 디스크 롤러를 상호 접촉시키고 각 롤러축의 모터를 구동함으로써 마찰력으로 상호 회전하는 시험장치이다. 따라서 차륜/레일의 점착특성 및 점착계수에 대한 연구를 주목적으로 그림1과 같이 제동모터부, 견인모터부, 차륜하중제어부, 공격각제어부로 구성하였다.



Fig. 1 Scaled adhesion tester for analyzing the adhesion characteristic

레일 형상, 곡선 트랙의 선형 치수는 KS R 9106 보통 레일 규격 중 60kg 레일을 참조하여 1/5 scale 을 충족할 수 있게 설계하였다.

견인모터부와 제동모터부는 차륜과 레일을 모사하는 디스크를 회전시켜 차륜-레일의 속도차를 발생시키는 역할을 수행한다. 견인모터부는 견인모터, 견인모터축, 토크센서, 엔코더, 시험 차륜으로 구성되며, 제동모터부는 제동모터, 제동모터축, 토크센서, 레일디스크, 제동디스크, 토크센서로 구성된다. 차륜이 레일에 전달하는 하중을 모사하기 위해 제동모터부 축을 이동시켜 접촉력을 발생시키는 방법을 사용하였다. 차륜하중 제어부는 스테핑모터, 볼스크류, 4개의 LM가이드로 구성되며 1.2kN의 차륜/레일간의 전달하중을 모사하도록 설계하였다.

3. 시험결과

슬립을 발생시키기 위해서는 견인모터부의 초기 속도를 유지시키면서 제동모터부의 모터속도를 감소시켜 속도차를 발생시키게 된다.

차륜디스크가 장착된 견인모터축의 모터는 1000rpm으로 회전하고, 레일디스크가 장착된 제동모터축은 628rpm으로 회전하다 축하중을 200kgf로 인가한 상태에서 레일디스크의 회전속도를 30rpm까지 감속시키면서 견인모터축 및 제동모터축에 설치된 토크센서값을 분석하여 점착계수를 측정하였다. 슬립은 무차원계수로서 0~1 사이의 값을 가지며 0일 경우에는 속도가 동일할 때이며, 1일 때는 한축의 회전속도가 0이되어 완전히 미끄러지는 상태를 의미한다.

그림2에는 선속도로 환산하여 계산된 슬립 vs 접촉지점에서의 토크값을 토대로 환산된 점착계수를 나타내었는데, 슬립이 0에서 0.95까지 변화할 때의 점착계수 변화추이와 0~0.3까지를 확대한 결과를 각각 보여주고 있다. 데이터 분석 결과, 슬립이 0.0225일 때에 최대점착계수값이 0.3492를 나타내었다.

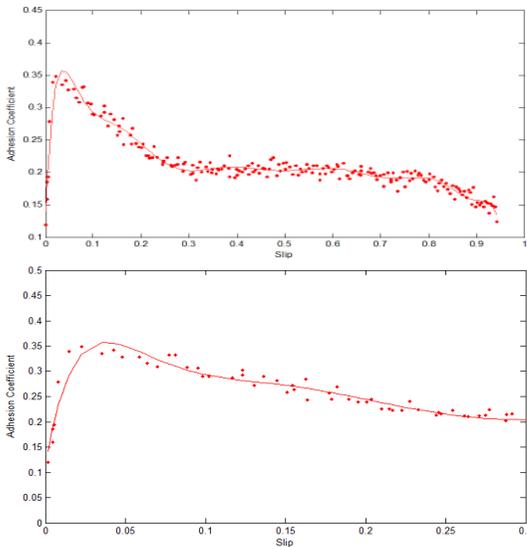


Fig. 1 Adhesion Coefficient when the axle load 200kgf is applied

4. 결론

본 논문에서는 레일과 차륜의 점착특성을 모의

하기 위해 차륜/레일의 접촉 특성을 모의하는 두 디스크(Twin Disc) 형태의 축소 점착시험기를 제작하였다. 제작된 시험기의 성능을 검증하기 위해 반경이 0.1m인 차륜디스크의 초기속도가 1000rpm 일 때, 차륜/레일 축하중을 200kgf으로 인가한 후에 차륜디스크의 속도를 유지시키면서 레일디스크의 속도를 628rpm에서 30rpm까지 감소시켜 (슬립을 발생시켜) 발생되는 데이터를 수집/분석함으로써 슬립변화에 따른 점착계수의 특성을 살펴 보았다.

참고문헌

1. Simon Iwnicki, Handbook of Railway Vehicle Dynamics (Eds), Taylor&Francis, 2006.
2. H. Harrison, T. McCanney, and J. Cotter, "Recent developments in coefficient of friction measurements at the rail/wheel interface", Wear 253, pp.114~123, 2002.
3. H. Chena, M. Ishidaa, A. Namuraa, K-S Baekb, T. Nakaharac, B. Leband, M. Paud., "Estimation of wheel/rail adhesion coefficient under wet condition with measured boundary friction coefficient and real contact area", Vol.271, Issues 1-2, pp. 32~39, 2011.
4. Weihua Xhang, Jianzheng Chen, Xuejie Wu, and Xuesong Jin, "Wheel/rail adhesion and analysis by using full scale roller rig", Wear 253, pp.82~88, 2002.
5. H. Chen, T. Ban, M. Ishida, M. Ishida, and T. Nakabara, "Adhesion between rail/wheel under water lubricated contact", Wear 253, pp.75~81, 2002.
6. Kiyoshi Ohishi, Yasuaki Ogawa, "Adhesion Control for Electric Motor Coach Based on Force Control Using Disturbance Observer", AMC2000-NAGOYA, pp.323-328, 2000.
7. Yosuke Takaoka, Atsuo Kawamura, "Disturbance Observer Based Adhesion Control for Sinkansen", AMC2000-NAGOYA, pp.169-174, 2000.
8. Atsuo Kawamura, Keiichi Takeuchi, Takemasa Furuya. "Measurement of the Tractive Force and the New Adhesion Control by the Newly Developed Tractive Force Measurement Equipment", PCC-Osaka, pp.879-884, 2000.