

고속 제동성능시험기를 이용한 디스크제동 시험특성 분석 Analysis on the Test Results of Disc Brakes using the Brake Dynamometer for High-speed Trains

*#김민수, 김정국, 구병춘, 김남포

*#M. S. Kim, (ms_kim@krii.re.kr), J. G. Kim, B. C. Koo, N. P. Kim
한국철도기술연구원

Key words : Disc Brake, Brake Dynamometer, Railway Vehicle, Friction Coefficients

1. 서론

제동성능 평가 기술의 발전은 철도차량의 속도 향상 기술과 함께 발전해 왔으며 현재는 제동부품의 단품 시험평가 기술에서부터 제동시스템 제어 및 통합성능 실차 시운전 시험과 평가기술에 이르기 까지 체계적으로 시험절차 및 시험평가 기준 등이 정립되어 있는 실정이다. 국내에서는 제동부품의 국산화 개발 연구와 함께 시험평가 기술도 발전해 왔다. 마찰재의 성능 시험평가 부분에서는 200 [km/h]이하급 실물 다이내모를 통한 시험평가 기술이 축적되어 있고, 마찰계수 및 마모량 등에 대해서는 한국철도표준규격 (KRS, Korean Railway Standards)에 성능시험 평가기준으로 제시되어 있다. 최고속도 350 [km/h]급 고속 제동성능시험기가 도입되어 국내외에서 개발된 제동 부품의 성능 시험이 가능하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 350 [km/h]급 제동 성능시험기를 이용하여 철도차량 제동 마찰재의 제동성능 시험평가 기술 개발을 위해 국내에서 상용 중인 디스크 마찰재 제동시험에 대한 시험 및 특성분석을 수행하였다.

2. 고속 제동성능시험기

고속 제동성능시험기는 제동 주요 부품인 마찰재와 디스크의 평균 및 순간마찰계수의 시험이 가능하며, 운용 중에 있는 주요 제원 및 사진을 표1 및 그림1에 각각 나타내었다.

Table 1 고속 제동성능시험기의 주요 제원

Max. Drive Power	397 kW (540 HP)
Max. Drive Torque	2.527Nm
Max. Drive Speed	2500 rpm (400 km/h)
Flywheel Inertia	400~1900kg m ²

Diameter of the Test Wheel	∅ 700~1120 mm
Acceleration Time(0~1500rpm)	2 min. 30 sec



Fig. 1 고속 제동성능시험기(상) 및 디스크제동 시험부(하)

3. 디스크제동 성능시험

디스크제동 성능시험은 디스크 및 마찰재(패드)에 대한 정지 제동시험으로, 안전성을 평가하기 위한 마찰재의 기본 성능시험이다. 시험에 사용된 제동 패드는 현재 KTX에 사용되고 있는 제품으로 그 형상은 그림2와 같다.

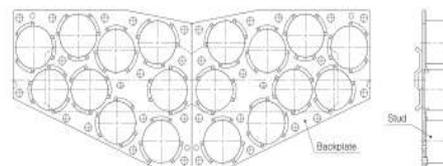


Fig. 2 디스크제동 시험에 사용된 마찰재(패드) 형상

마찰재는 소결금속(Sintered Metal) 재질로 구성되었으며, 열용량 및 열전도는 각각 600 [J/kg°C] 및 25 [W/m°C] 이다.

마찰계수 측정을 위한 시험은 UIC 541-3 규정[1]을 참조하여 실시되었으며, 본시험에 앞서 충분한 예비시험(배딩)을 통해 제동패드의 마찰면적이 80% 이상 확보되도록 한 이후에 시험을 수행하였으며 제동초기 온도는 60 [°C]로 설정하였다.

특히, 제동디스크 마찰재의 고속제동특성을 파악하기 위하여 다양한 제동초속도(120, 160, 200, 300 [km/h])에서 시험을 실시하였는데, 이때 적용된 제동압은 15 및 22.5 [kN]으로서 전시험과정에서 이값을 사용하였다.



Fig. 3 디스크 제동시험에서 관찰된 열밴드

실제 제동시험 과정을 그림3에 나타내었다. 디스크에 열밴드가 형성되는 모습을 확인할 수 있으며, 제동정지 후에는 핫스팟 형성으로 추측되는 표면형상을 관찰하였다.

Table 2 시험결과 비교

No	Speed [km/h]	Force F_B [kN]	Test Result μ_m	Max. Temp. [°C]
1	120	15 [kN]	0.381	110.7
2	160	15 [kN]	0.451	145.3
3	200	15 [kN]	0.462	191.4
4	300	15 [kN]	0.360	249.3
5	120	22.5[kN]	0.344	107.4
6	160	22.5[kN]	0.380	157.0
7	200	22.5[kN]	0.412	200.0
8	300	22.5[kN]	0.330	257.4

각각의 제동초속도별 평균마찰계수 및 최대 표면온도를 표2에 나타내었다. 순간마찰계수는 계측된 제동력과 인가한 압부력의 비로 정의되며, 평균마찰계수는 이러한 순간마찰계수를 적분하여

계산된다.

압부력 22.5 [kN]일 경우, 200 [km/h]이하의 제동초속도에서는 0.344 ~ 0.412 정도의 평균마찰계수가 계측되었다.

각각의 제동초속도별 순간마찰계수는 제동특성의 데이터 분석을 통해 얻어 졌는데, 그 중 제동초속도 300 [km/h]에서 압부력이 22.5[kN]일 때의 시험결과를 그림4에 나타내었다.

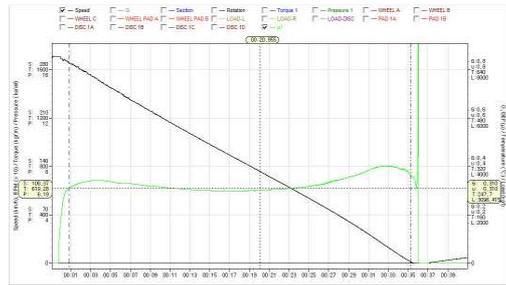


Fig. 4 제동초속도 300 [km/h]에서의 속도 및 순간마찰계수의 변화 (압부력 22.5 [kN])

4. 결론

350 [km/h]급 고속 제동성능시험기를 이용한 성능시험 기술개발을 위한 제동 디스크 패드에 대한 마찰계수 측정시험을 수행하였다. 특히 최고 속도 300 [km/h]의 디스크제동에서 최고 표면온도 및 순간/평균 마찰계수 값의 측정을 통해 마찰재의 제동특성을 분석하였다.

본 연구결과를 바탕으로 향후 신조 제동품의 성능시험을 위한 성능시험기술을 확보하였으며, 제동마찰재의 마찰 특성의 평가는 물론이고 제동 디스크나 차륜의 개발시에도 활용될 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. UIC CODE 541-3 Brakes - Disk brakes and their application - General conditions for the approval of brake pads, 6th Eds. November 2006.
2. Simon Iwnicki, Handbook of Railway Vehicle Dynamic, CRC Press, 2006.
3. Garg V. K. and Rukkipati R. V., "Dynamics of Railway Vehicle Systems," Academic press, 1994.
4. Winther, J. B., Dynamometer Handbook of Basic Theory and Applications. Cleveland, Ohio: Eaton Corporation, 1975.