

디스크 타입에 따른 철도차량용 디스크 브레이크 라이닝의
마찰계수 특성에 관한 연구
A Study on Friction Coefficient of Disk Brake Lining for
Rolling Stock According to Disk Type

권성태*
Kwon, Sung-Tae

김원경**
Kim, Won-Kyung

김정국*
Kim, Jeong-Guk

윤성환***
Yoon, Sung-Hwan

ABSTRACT

In this study, we investigate the change characteristic of friction coefficient of disk brake lining for rolling stock according to disk type. The actual brake tests were carried out under constant brake force and operating sequence by using dynamo-tester. Test results showed that instant friction coefficient was higher in the case of devided disk type rather than single body disk type. Also, average friction coefficient was appeared similar to the above result. It is thought that in the case of devided disk type, friction resistance was increased due to the gap between both side of half disk.

1. 서 론

철도차량에서 제동장치는 정위치 정착, 차량의 간속에 있어서 필수적인 중요한 장치중에 하나이다. 따라서 이에 사용되는 마찰재에 대한 신뢰성은 사용상 요구되는 일정한 성능을 유지할 수 있는 마찰계수에 의하여 크게 좌우되고 있다. 일반적으로 마찰력에 영향을 미치는 요인은 마찰재의 성분, 마찰속도, 마찰재의 형태, 마찰재의 압력, 마찰재 온도, 기타 제동반경 등에 의하여 영향을 받고 있으며 또한, 철도차량에는 디스크 방식과 차륜 담뽀방식이 사용되고 있어 이에 따라 마찰재에 요구되는 성능에도 다소의 차이가 있다.¹⁾

일반적으로 화차를 제외한 객차와 같이 추진장치가 없는 차량에는 디스크방식의 제동 장치가 주로 사용되고 있으며, 이에 따른 디스크는 그동안 주철재가 주로 주철재를 사용하고 있다. 차량의 보수유지 등을 고려하여 일체형보다는 분리형이 주로 사용되고 있으며 냉각의 효율을 증가하기 위하여 디스크 내부는 냉각팬 형태로 제작되고 있고, 고속철도의 경우에는 일체형의 원뿔 형태의 주강 재질을 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내의 기존선에 사용되는 철도차량용 보수가 용이하도록 분리가 가능한 분리형 형태의 디스크를 사용하고 있으나, 일부 국가에서는 일체형의 디스크를 사용하고 있어 디스크 형태에 따른 마찰계수의 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 디스크의 재질은 주철재로 동일한 조건으로 되어 있으며, 디스크 형태는 일체형과 분리형으로 제작된 디스크에 대하여 실물제동시험기로 순간마찰계수 및 평균마찰계수 등의 제동에 관한 성능시험을 실시하여 마찰계수의 변화에 대한 요인을 검토하여 향후 이에 대한 자료로 활용하고자 하였다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정희원

*** 한국철도기술연구원 위촉연구원, 비희원

2. 시험조건 및 방법

2-1. 시험장비

본 연구에 사용된 시험장비는 Fig.1에 나타내 바와 같이, 담면과 디스크의 제동성능에 대한 시험이 가능한 구조이다. 디스크 제동시험의 경우, 제동디스크의 양쪽 면에 1set의 디스크 브레이크 라이닝을 헤드에 부착하고, 압축공기로 디스크를 양쪽에서 압착하여 실차에서의 동일한 제동작용이 이루어지게 되어 있으며 본 제동시험기의 사양은 Table 1과 같다.

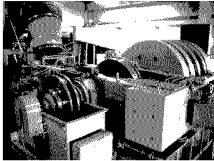


Fig. 1 제동시험기

Table 1. 제동시험기 사양

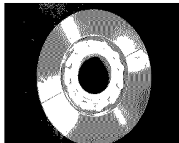
제동시험기 사양	사 용 법 우
속도제한 범주	50~1,600 rpm
관성모멘트 작용범위	40~220 kg · m · s ²
최대허용 도오크	1,500 kg · m
최대제동 압부력	6 ton (1 ca → 3 ton)
제동방식	Wheel & Disk 시험 겸용

2-2. 시험편

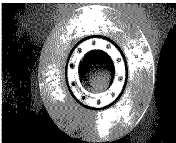
본 시험에 사용된 라이닝은 KRS(철도규격) 2242-2427다2002에 규정된 비석민 디스크 브레이크 라이닝으로 Fig.2 (c)와 같다.²⁾ Table.2는 주철재로 사용되는 디스크의 소재 물성 및 화학조성을 나타낸 것으로 일체형 및 분리형은 유사한 주철재로 물성에 대한 기준은 동일하나, Fig.2 (a),(b)에서와 같이 각기 다른 구조로 이루어져 있다. 따라서 분리형에 비해 일체형은 구조상으로 조립, 해체과정에서 차를 작업과 병행하여 실시하여야 하므로 작업성이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

Table.2 디스크의 물성 및 화학 조성

특성항목	기준	화학성분 (%)				
		C	Si	Mn	P	S
인장강도 (kg/cm ²)	≥5 Min.	3.00~3.40	1.70~2.30	0.60~0.90	0.07 Min	0.12 Min
경도 (HBS)	190~240					
굽힘성능	강도 (kg)					
	변위 (mm)	3.0 Min.				



(a) 분리형 디스크



(b) 일체형 디스크



(c) 디스크 라이닝

Fig.2 디스크 타입 및 디스크 라이닝

2-3. 시험조건 및 방법

본 시험에서 실시한 시험 방법은 기존에 새마호 등 에 주로 사용되는 브레이크 디스크라이닝 이므로 KRS(철도규격) 2242-2427다·2002에 따라 시험을 실시하였으며 제동시험기에서는 일체형 디스크와 분리형 디스크를 교체하고 동일한 디스크 라이닝으로 각각 시험을 실시하였다.

시험 조건으로는 제동시험기의 관성모멘트는 $120\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$, 디스크에 가하는 제동 압부력은 양압 3.2 ton이며 제동을 실시하는 제동 초속도(km/h) 65, 35, 95, 150, 65, 125, 95, 95, 35, 125, 65, 65, 150, 95, 125, 125, 35, 35, 150, 65의 순서에 의하여 총 20회의 제동을 체결하고 각각의 제동초속도에 대하여 순간마찰계수와 평균마찰계수를 측정하였다. 제동시의 디스크의 표면온도는 40°C 이하에서 실시 하여 온도에 따른 영향이 없도록 시험을 실시하였다.³⁾

3. 시험결과

3-1. 순간마찰계수

제동 초기 속도별 순간마찰계수 시험결과는 Table.3~7과 Fig.3~7과 같으며 전반적으로 모든 제동 초속도에서 분리형 디스크의 경우가 일체형의 디스크보다 0.023~0.040 정도까지 높은 순간 마찰계수를 가지는 것으로 나타났다.

특히 저속도 영역인 35 km/h와 고속인 150 km/h인 영역이 중간 속도대인 65, 95, 125 km/h 영역보다 0.02정도 높게 나타나는 특징을 나타내고 있다.

또한 제동을 실시하는 초기에서의 마찰계수 편차가 다소 높게 나타나는 현상으로 볼 때, 분리형의 디스크에서 조립시의 양 디스크간의 다소 이격된 간격이 디스크와 라이닝의 마찰에 대한 저항을 받으면서 제동 초기에 마찰계수가 높게 나타나는 현상으로 판단된다.

Table 3. 150 km/h 제동시의 순간마찰계수

구분		시험결과					
		제동 초기	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	경차
분리형 디스크	1	0.446	0.389	0.375	0.382	0.408	0.415
	2	0.415	0.384	0.374	0.390	0.413	0.424
	3	0.438	0.401	0.399	0.415	0.427	0.435
	평균	0.433	0.391	0.383	0.396	0.416	0.425
일체형 디스크	1	0.424	0.363	0.353	0.367	0.389	0.392
	2	0.412	0.360	0.346	0.351	0.383	0.381
	3	0.395	0.352	0.337	0.361	0.389	0.388
	평균	0.410	0.358	0.345	0.360	0.387	0.387

Table 4. 125 km/h 제동시의 순간마찰계수

구분		시험결과					
		제동 초기	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	경차
분리형 디스크	1	0.444	0.400	0.380	0.413	0.429	
	2	0.450	0.412	0.410	0.424	0.435	
	3	0.447	0.413	0.417	0.420	0.423	
	평균	0.443	0.406	0.392	0.410	0.418	
일체형 디스크	1	0.424	0.382	0.375	0.396	0.396	
	2	0.403	0.388	0.388	0.407	0.397	
	3	0.424	0.381	0.384	0.414	0.403	
	평균	0.416	0.380	0.394	0.421	0.427	

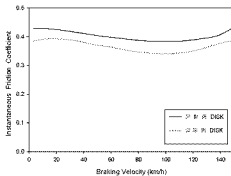


Fig. 3 150 km/h 제동시의 순간마찰계수

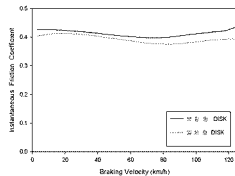


Fig. 4 125 km/h 제동시의 순간마찰계수

Table 5. 95 km/h 제동시의 순간마찰계수

구분		시험결과					평균
		제동 초기	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	
분리형 디스크	1	0.443			0.421	0.421	0.417
	2	0.460			0.438	0.443	0.431
	3	0.458			0.428	0.427	0.426
	4	0.440			0.420	0.424	0.423
	평균	0.450			0.427	0.429	0.427
일체형 디스크	1	0.405			0.389	0.388	0.384
	2	0.407			0.388	0.389	0.391
	3	0.411			0.401	0.412	0.407
	4	0.416			0.407	0.416	0.408
	평균	0.410			0.396	0.404	0.398

Table 6. 65 km/h 제동시의 순간마찰계수

구분		시험결과					평균
		제동 초기	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	
분리형 디스크	1	0.454				0.437	0.425
	2	0.447				0.432	0.423
	3	0.447				0.427	0.420
	4	0.442				0.412	0.403
	평균	0.445				0.428	0.418
일체형 디스크	1	0.407				0.412	0.394
	2	0.430				0.412	0.392
	3	0.421				0.410	0.393
	4	0.409				0.399	0.386
	평균	0.429				0.403	0.417

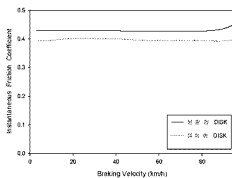


Fig. 5. 95 km/h 제동시의 순간마찰계수

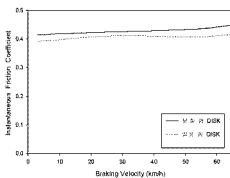


Fig. 6. 65 km/h 제동시의 순간마찰계수

Table 7. 35 km/h 제동시의 순간마찰계수

구분		시험결과					평균
		제동 초기	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	
분리형 디스크	1	0.430					0.403
	2	0.451					0.437
	3	0.439					0.438
	4	0.460					0.436
	평균	0.445					0.429
일체형 디스크	1	0.399					0.387
	2	0.403					0.383
	3	0.421					0.404
	4	0.408					0.390
	평균	0.408					0.391

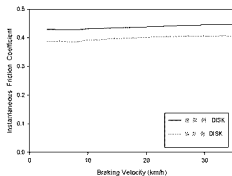


Fig. 7. 35 km/h 제동시의 순간마찰계수

일반적으로 마찰계수는 마찰면의 온도가 상승하는 경우 마찰계수가 저하되는 특징이 있으며 주철제를 주로 사용되는 담뿔제동에서는 크게 나타나고 있다. 따라서 마찰계수가 측정시 고려되어야 할 주요한 요인중에서 제동 초기의 디스크의 온도가 중요하며 각가의 규격에서는 이를 반영하고 있다. 따라서 본 시험시 제동 체결 후 다음 제동까지 충분히 냉각하여 제동 초기의 작전 디스크 온도 범위는 통상적인 국내의 60℃보다 낮은 40℃이하로 냉각하여, 본 시험에서는 온도에 따른 마찰계수 변화 요인은 고려하지 않았다.

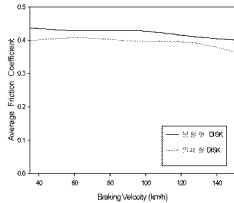
3-2. 평균마찰계수 및 마모량

Table 8과 Fig 8은 속도별 평균마찰계수 시험결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 모든 속도대에서 분리형 디스크의 경우가 일체형의 디스크보다 순간마찰계수와 동일한 경향으로 수치상으로는 약 0.018~0.037정도 높은 평균마찰계수를 나타내고 있다. 따라서 이와 같은 현상도 순간마찰계수의 시험결과와 유사한 것으로 판단된다.

또한 제동시험 전,후 브레이크 디스크 라이닝의 중량을 측정하여 마모량을 비교한 결과, 마찰계수의 경향과 유사한 일체형 디스크의 경우 39.4 g, 분리형은 46 g으로 마모량에서도 분리형이 더 많이 발생하는 것으로 나타났다.

Table 8. 평균마찰계수

구분	분리형 디스크	일체형 디스크
150 km/h	0.401	0.386
125 km/h	0.412	0.394
95 km/h	0.429	0.398
65 km/h	0.428	0.408
35 km/h	0.437	0.400



4. 결론

일반적으로 마찰력에 영향을 미치는 요인은 마찰재의 성분, 마찰속도, 마찰재의 형태, 마찰재의 압력, 마찰재 온도, 기타 제동반경 등에 의하여 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 앞의 여러 요인 중 브레이크 디스크라이닝의 상대적인 디스크의 형태가 마찰계수에 미치는 변화 요인으로 작용하는지를 조사하기 위하여 일체형과 분리형의 디스크를 대상으로 동일 디스크 브레이크 라이닝으로 실험제동 시험을 실시하였다.

실험제동시험기에 의하여 제동시험을 실시한 결과, 순간마찰계수와 평균마찰계수 모두 분리형이 높은 경향을 나타내었는데, 순간마찰계수의 경우는 0.023~0.040 정도로 차이가 있었으며 특히 제동 초기에 많은 차이가 발생하고 고속도보다는 저속도에서 그 차이가 많은 것으로 조사되었다. 평균마찰계수의 경우에도 0.018~0.037 정도 분리형이 높게 나타났으며, 마모량에서도 분리형이 높게 나왔다. 이는 제동을 실시하는 초기에서의 마찰계수 편차가 다소 높게 나타나는 현상으로 볼 때, 분리형의 디스크에서 조립시의 양 디스크간의 다소 이격된 간격이 디스크와 라이닝의 마찰에 대한 저항을 받으면서 마찰계수가 높게 나타나는 현상으로 판단된다.

참고 문헌

1. 한국철도기술연구원 (1997), "열차 제동거리 관련 참고 자료", 한국철도학회 2003년도 추계학술대회 논문집, pp.12.
2. KRS 2242-2427다 (2002), "버서먼 디스크 브레이크 라이닝"
3. 홍용기, 정종덕, 권성태, Wang J. B. "제동디스크라이닝의 비교시험 연구(KRRI-CARS)", 한국철도학회 2003년도 추계학술대회 논문집, pp.363.