

제동디스크라이닝의 비교시험 연구(KRRI-CARS)

A Study of Comparison Test for Brake Disk Lining(KRRI-CARS)

홍용기*
Hong, Yong-Ki

정종덕**
Chung, Jong-Duk

권성태**
Kwon, Sung-Tae

Wang, Jing-Bo***

ABSTRACT

The Inter-laboratory comparison test which is demanded on the authorized test of ISO 17025 is the program to guarantee the reliability for test results of test organization. In order to apply to the field of railway, brake disk lining as one of the railway components has been selected and the comparison test is executed for the purpose of guaranteeing the reciprocal reliability for the test result of both organizations and enlarging the substantial technique exchange of both nations by the standard establishment with test procedures and test programs from now on.

1. 서론

본 연구는 철도연구원에서 수행하고 있는 기본연구사업 중 “철도안전성능시험인증제도 운영사업”과 관련하여 한·중·일 국제공동연구로 진행되는 프로젝트로서 철도제품에 대한 시험결과와 신뢰도향상과 기술력을 공유하기 위해 상호비교시험을 실시하는 것으로 여기에서는 한국철도기술연구원(KRRI)과 중국철도부과학연구원(CARS)이 비교시험(비교속련도시험)을 공동으로 실시한 제동디스크라이닝의 시험결과를 소개하고자 한다.

비교시험은 시험자간, 시험기관간, 국가간에 실시하여 시험결과와 신뢰도향상과 소급성(Traceability)을 유지시키기 위한 중요한 프로그램중의 하나로 ISO/IEC 17025규격에 의해 인정받은 국제공인시험기관은 지속적으로 추진하고 있다. 본 연구에서는 철도차량용 마찰재인 브레이크디스크라이닝을 중국의 CARS와 KRRI가 비교시험을 실시하고 그 결과를 정리한 것이다.

본 연구를 통하여 철도부품에 대한 시험기술력의 향상은 물론 아시아권의 국제기술기준을 공유할 수 있는 시험방법 및 시험절차 등을 표준화하는데 그 목적이 있으며, 동시에 철도기술발전과 철도용품의 품질향상을 위한 시험평가기술 협력체계 구축은 기관간에도 시험평가기술의 전반적인 교류를 통하여 시험결과와 신뢰성을 높이고 나아가 시험결과를 상호 인정함으로써 수출과 수입을 할 때 중복시험으로 인한 경제적 손실 및 시간적인 부담을 경감시키는 장점이 있다.

비교시험은 앞으로 한·중·일 3국이 공동연구로 지속적으로 실시해 나아가갈 계획이며, 철도시험기술의 국제화는 물론 철도제품의 국제수준의 품질확보에도 기여하게 될 것이다.

* 한국철도기술연구원 수석연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

*** 중국철도과학원, 비회원

2. 시험조건 및 방법

비교속련도 시험은 해당시험의 방법과 절차를 정하고 상호 시험을 실시하여, 시험결과에 대하여는 통계적인 방법으로 검정함으로써 향후 시험 결과의 신뢰성을 향상시키기 위한 시험의 적정성이 주목적이다. 따라서 시험결과에 대한 검정을 실시하고, 이상치가 발생한 경우 이에 대한 원인과 대책을 수립하여 이를 보완함으로써 상호시험기술의 향상과 실질적인 교류가 이루어지므로 본 연구에서는 중국과 한국에서 생산되는 대표적인 라이닝 중 각1세트(2조)씩을 선정하고 동일한 시험조건으로 양국에서 보유하고 있는 제동시험기에서 각각 1차 시험을 실시하였으며, 금년에 2차 시험을 실시하여 시험평가 기술의 향상과 국제 시험소간의 교류에도 이바지하고자 하였으며, 각각의 시험조건, 측정항목 및 방법, 시험결과 처리 및 제동시험기의 제원은 다음과 같다.

2.1 시험조건

제동디스크의 양쪽 면에 2조(1조는 2개 라이닝)의 브레이크 라이닝을 헤드에 부착하고, 압축공기로 디스크를 압착하여 제동작용이 이루어지는 구조이다.

- 1) 시험항목 : 제동시험(Brake Test를 이용한 마찰계수 시험)
- 2) 시험편 : 객차용 Brake Disk Lining 1set(2 Ea, UIC Type)
- 3) 관련규격 : UIC 541-3, KRS 2242-2427
- 4) 제동 초기온도 : 60℃ 이하(1차 시험), 40℃(2차 시험)
- 5) 측정장비 : Brake Tester
 - 관성모멘트 : 120kg · m · s²(차량중량 약 50ton)
 - 제동 압부력 : 3.2ton(1Ea → 1.6ton)

2.2 측정항목

- 1) 순간마찰계수, 평균마찰계수 및 마모량
- 2) 측정횟수 : 20회 실시(제동 초속도를 KRS 규격 적용하여 시험 실시)
- 3) 제동 초속도(km/h, Wheel Dia 860mm)
 - 65, 35, 95, 150, 65, 125, 95, 95, 35, 125, 65, 65, 150, 95, 125, 125, 35, 35, 150, 65

2.3 제동시험기의 사양

- 1) 속도제어 범위 : 50-1,600 rpm
 - 8.1-259 km/h (860mm 차륜시)
 - 안전성 : 3rpm
 - 관성모멘트 적용범위 : 40-220 kg · m · s²
 - 최대허용 토크 : 1,500kg · m
 - 최대제동 압부력 : 6ton(1Ea→3ton)
 - 제동방식 : Wheel & Disk 시험 겸용

Table 1. 디스크의 재질과 특성

Type		Standard	Test result
Tensile strength(kg/mm ²)		25 Min	28
Hardness(HB)		190-240	207
Bending test	Load(kg)	1,000Min	1,350
	Bend(mm)	5.0Min	7.4
Chemical component (%)	C	3.00-3.40	3.07
	Si	1.70-2.20	1.96
	Mn	0.60-0.90	0.74
	P	0.07Max	0.048
	S	0.12Max	0.023

3. 제동디스크라이닝 시험결과

3.1 순간마찰계수

3.1.1 KRRI에서 시험한 결과

Table 2, 3은 KRRI의 제동시험기에 의해 시험한 제동디스크 라이닝 제품 (I), (II)의 2차 시험결과로서 제동 초속도 150km/h, 125km/h, 95km/h, 65km/h, 35km/h에서의 순간마찰계수의 시험결과를 나타내었다. Fig 1, 2는 제동초속도 150km/h, 125km/h에서의 순간마찰계수를 그래프로 나타내었다.

Table 2. 제품 (I)의 순간마찰계수 시험 결과

Braking Velocity (km/h)	Instantaneous Friction Coefficient					
	start	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	stop
150	0.382	0.341	0.340	0.355	0.383	0.398
125	0.370		0.361	0.376	0.412	0.428
95	0.363			0.397	0.420	0.450
65	0.349				0.395	0.420
35	0.346					0.368

Table 3. 제품 (II)의 순간마찰계수 시험 결과

Braking Velocity (km/h)	Instantaneous Friction Coefficient					
	start	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	stop
150	0.403	0.340	0.314	0.317	0.352	0.392
125	0.391		0.366	0.364	0.395	0.455
95	0.375			0.397	0.420	0.506
65	0.359				0.411	0.488
35	0.391					0.446

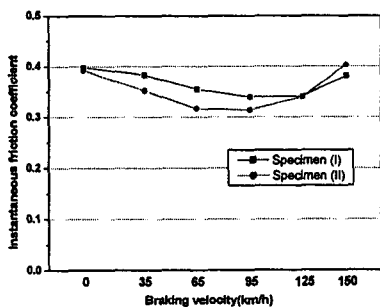


Fig. 1 제동속도 150km/h에서 제동시 제품 (I)과 (II)의 순간마찰계수

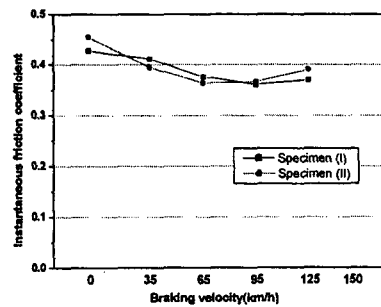


Fig. 2 제동속도 125km/h에서 제동시 제품 (I)과 (II)의 순간마찰계수

제동디스크라이닝의 마찰계수 특성에 대한 경향은 제품 (I)과 (II)가 같으나, Fig. 1, 2는 제동초속도가 150km/h일 때 35, 65, 95km/h에서 제품 (II)가 (I)보다 순간마찰계수가 낮게 나타났다.

3.1.2 CARS에서 시험한 결과

Table 4, 5는 CARS의 제동시험기에 의해 시험한 제동디스크 라이닝 제품 (I), (II)의 2차 시험결과로서 제동 초속도 150km/h, 125km/h, 95km/h, 65km/h, 35km/h에서의 순간마찰계수의 결과이며, Fig. 3, 4는 제동초속도 150km/h, 125km/h에서의 순간마찰계수를 그래프로 나타내었다.

Table 4. 제품(I)의 순간마찰계수 시험 결과

Braking Velocity (km/h)	Instantaneous Friction Coefficient					
	start	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	stop
150	0.338	0.317	0.298	0.315	0.353	0.367
125	0.334	/	0.348	0.348	0.376	0.383
95	0.340	/	/	0.374	0.386	0.378
65	0.343	/	/	/	0.370	0.371
35	0.356	/	/	/	/	0.336

Table 5. 제품(II)의 순간마찰계수 시험 결과

Braking Velocity (km/h)	Instantaneous Friction Coefficient					
	start	125 km/h	95 km/h	65 km/h	35 km/h	stop
150	0.350	0.334	0.347	0.377	0.433	0.476
125	0.343	/	0.353	0.381	0.415	0.492
95	0.346	/	/	0.373	0.407	0.525
65	0.352	/	/	/	0.396	0.516
35	0.360	/	/	/	/	0.474

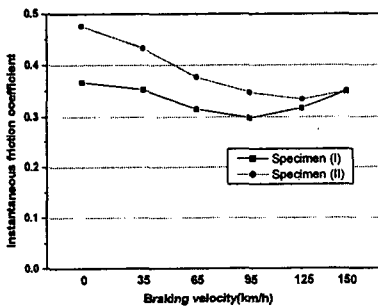


Fig. 3 제동속도 150km/h에서 제동시 제품 (I)과 (II)의 순간마찰계수

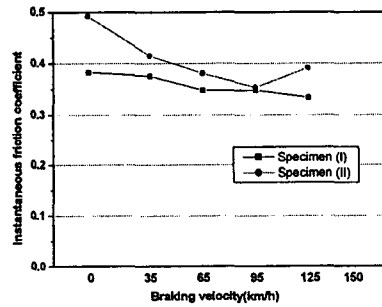


Fig. 4 제동속도 125km/h에서 제동시 제품 (I)과 (II)의 순간마찰계수

Fig. 3, 4에서 제동초속도가 150km/h일 때 35, 65, 95km/h에서 제품 (I)과 (II)의 순간마찰계수가 전체적으로 낮게 나타났다. 이는 제동디스크라이닝과 디스크의 온도의 영향으로 판단한다.

3.2 평균마찰계수

3.2.1 1차 시험결과

제동라이닝에 대한 비교시험 결과를 KS A 0004 "분석·시험의 허용차 통칙"에 따라 각각에 대하여 검정을 실시한 1차 시험결과, 시험결과의 정밀도에서는 일치성이 검정되었으나 측정값의 평균값에 대해서는 일부분에서 이상치가 발생하였다.

Fig. 5, 6에서 제품 (I), (II)를 비교해 보면 평균마찰계수의 1차 시험결과는 시험 장소에 따라 최대 0.141 정도의 차이를 나타나는 것을 볼 수 있었다. 이는 시험 방법, 온도조건 및 보유 시험기의 특성에 의해 나타난 현상으로 판단된다.

Table 6. 제품(I)의 평균마찰계수 시험 결과

Average Friction Coefficient					
Braking Velocity (km/h)	150	125	95	65	35
KRRI (A)	0.365	0.391	0.406	0.423	0.441
CARS (B)	0.316	0.312	0.320	0.300	0.300
A-B	0.049	0.079	0.086	0.123	0.141

Table 7. 제품(II)의 평균마찰계수 시험 결과

Average Friction Coefficient					
Braking Velocity (km/h)	150	125	95	65	35
KRRI (A)	0.328	0.362	0.398	0.418	0.454
CARS (B)	0.328	0.346	0.341	0.335	0.339
A-B	0	0.016	0.057	0.083	0.115

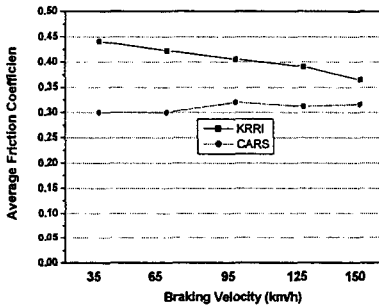


Fig. 5 제품(I)의 제동시 평균마찰계수

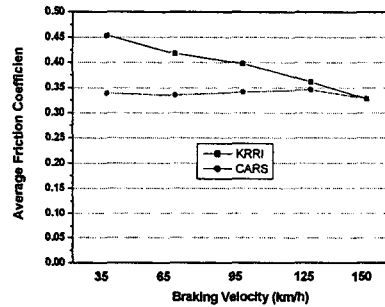


Fig. 6 제품(II)의 제동시 평균마찰계수

3.2.2 2차 시험결과

1차 시험결과에서 평균마찰계수가 다소의 차이가 발생하여 온도조건(1차 시험 : 60℃, 2차 시험 : 40℃)과 Bedding 조건(1차 시험 : CARS(90%)/KRRI(70%), 2차 시험 : 100%)을 서로 협의하여 2차 시험에 반영하여 시험을 실시하였다. Table 8, 9에서 제품 (I), (II)를 비교해 보면 평균마찰계수의 시험결과는 시험 장소에 따라 최대 0.039 정도의 차이를 나타내고 있으며, 2차 시험에서는 1차 시험에 비해 시험소간 평균마찰계수가 균일하게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

Table 8. 제품(I)의 평균마찰계수 시험 결과

Average Friction Coefficient					
Braking Velocity (km/h)	150	125	95	65	35
KRRI (A)	0.360	0.387	0.407	0.390	0.359
CARS (B)	0.326	0.357	0.368	0.360	0.343
A-B	0.034	0.030	0.039	0.030	0.016

Table 9. 제품(II)의 평균마찰계수 시험 결과

Average Friction Coefficient					
Braking Velocity (km/h)	150	125	95	65	35
KRRI (A)	0.338	0.385	0.415	0.418	0.421
CARS (B)	0.338	0.378	0.390	0.396	0.393
A-B	0	0.007	0.025	0.022	0.028

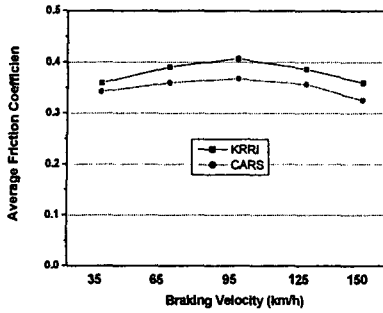


Fig. 7 제품(I)의 제동시 평균마찰계수

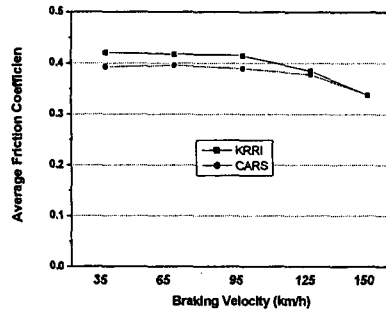


Fig. 8 제품(II)의 제동시 평균마찰계수

4. 결론

1차 시험에서 비교시험한 결과는 중국에서의 시험결과와 한국에서의 시험결과가 많은 차이를 보여 양국이 모여 서로 협의하여 분석한 결과 시험환경 조건인 온도조건에 따라서 평균/순간마찰계수 값이 달라짐을 알 수 있었다. 2차 시험을 실시하기 전에 협의하여 수정된 시험조건인 온도조건과 Bedding 조건을 적용하여 2차 시험을 실시한 결과 동일제품(Specimen)의 비교시험결과는 양국이 유사한 결과를 얻었다.

마찰계수의 변화 요인은 냉각조건(풍량)에 따라서도 차이가 발생할 수 있다. 이러한 마찰재의 냉각 속도는 제동시험시 풍량과 형식(흡입, 배출)에 따라 영향이 미치므로 향후 시험시에는 이러한 조건을 동일한 조건으로 시험함이 바람직하다. 또한 신뢰성 있는 시험결과 값을 얻기 위해 디스크와 라이닝 재질의 균질성이 유지되어야 하며, 고속도용 시험장비에 저속도용 시편을 사용하므로써 시험결과 값에 영향을 미치므로 결과 값의 불일치성이 나타난다. 따라서 시험결과와 신뢰성과 적합성을 평가하기 위하여 온도 측정 개소에 대한 명확한 정의가 요구되며 규격 제정시에도 직접적인 고려 대상이 되어야 할 것으로 판단된다.

그러므로 본 시험을 바탕으로 향후, 마찰재 시험시 양국간 상이한 온도측정 개소 및 냉각조건과 시험대(일체형, 분리형)등에 대한 시험조건과 환경을 고려하여 시험방법을 마련하고 지속적인 비교 속련도 시험을 수행하여 얻어진 자료를 토대로 하여 표준절차서를 개발하고, 시험기술의 향상에 기여하고자 한다.

참고문헌

- 1) KSA 0004, "분석/시험의 허용차 통칙", 1997.
- 2) ISO/IEC 17025, "General requirement for the competence of testing and calibration laboratories", 1999
- 3) UIC 541-3, "디스크브레이크 및 디스크패드의 벤치시험 일반조건"
- 4) KRS 2242-2427, "비석면 디스크 브레이크 라이닝"
- 5) "Research Report of China Academy of Railway Sciences", CARS