

철도차량용 차륜제 물성시험 분석 연구

An analysis of material test results for rolling-stock wheel

허현무*

Hur, Hyun-Moo Kwon, Sung-Tae

ABSTRACT

Railway wheel is the important element of rolling-stock in the viewpoint of running safety. Thus, the material properties of strength, fatigue crack, durability are needed, and the standards for test and criteria of wheel are established to guarantee quality of wheel. In the meantime, the suppliers for wheel in domestic are varied from domestic monopolization to diverse company of China, Russia, Czech Republic, etc. The uniform quality of wheel is important from a maintenance point of view. We collected wheel samples of diverse vendors to analyze the uniformity of wheel on the basis of korea national standard. We tested material properties and analyzed the test data statistically.

1. 서론

철도차량용 차륜은 레일과의 전동에 의하여 차량을 주행시키는 요소로서 수직력, 첨선힘, 수평력 브레이크 열화증등 복잡한 하중이 작용한다. 이로 인하여 차륜에는 마모, 칼상, 박리등 차륜의 손상이 발생하며 이에는 차량제도간 interface 부작합, 차륜 재질 특성, 차량 조향성능 및 현가계, 제동시스템 특성, 운용선로및 속도, 기후와 같은 운용조건 등 다양한 인자의 영향을 받고 있다. 따라서, 차륜에 요구되는 조건은 담면강도가 충분한 것, 내열균열성이 충분한 것, 내마모성이 높을 것, 수직 및 수평 반복하중에 대한 피로 내구성이 충분할 것이 요구되어 균일하고 안정된 품질확보를 위한 차륜제에 대한 물성시험 및 기준이 관련규격으로 제정되어 있다. 한편, 국내에서 사용되는 차륜은 공급업체가 종전 국내 독점공급 체제에서 중국, 이태리, 러시아, 체코등 다변화되고 있는 시장으로 차륜 유지관리측면에서 관입한 차륜품질 확보는 매우 중요한 사항이라 할 수 있다.

따라서, 수입원이 다각화되고 있는 국내 차륜제에 대한 품질 균일성을 분석하기 위하여 국내 철도차량용 차륜 규격에 의거한 세 물성시험을 수행하였다. 차륜 세작사별로 시료를 취하여 규격에 의거한 화학적, 기계적 물성시험을 실시하였으며 균일성측면에서 시료별로 통계적 분석을 실시하였다.

2. 차륜제 시험시험

국내에 도입되어 사용되고 있는 차륜에 대한 화학적 성분 및 기계적 성질(경도, 인장, 충격시험)을 분석하기 위하여 차륜 제작 국가별로 시료를 취하여 물성시험을 시행하였다. 총 4개국의 제작사의 차륜제에 대하여 차륜을 압수하여 각각의 물성시험방법에 따른 시험값을 채취하여 세작하였다. 도표1은 시편채취 위치 및 시편수량, 시험규격을 나타내며 그림1~그림5는 각 시험에 대한 시편채취 위치 및 측정위치를 나타낸다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

도표1. 시편 채취 위치 및 시편수량

구분	수량(개)	관련규격
경도시험	각 차륜당 2개	KS R 9221 6.2.2. a)
인장시험 #1	각 차륜당 3개	KS R 9221 6.2.2. b)
인장시험 #2	각 차륜당 3개	ISO 1005/6
충격시험 #1	각 차륜 위치당 2개	
충격시험 #2	"	KS R 9221 6.2.2. c)
충격시험 #3	"	

*차륜시료는 KS R 9221 RSW1에 의하여 수급원이 각기 나름(A-D사)

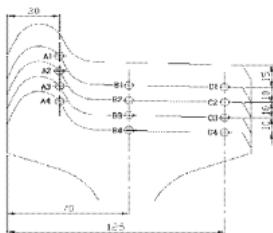


그림1. 경도시험 형상 및 암홀 위치

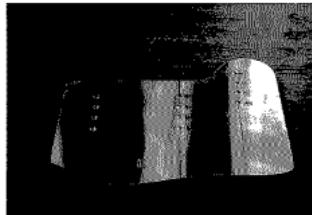


그림2. 범부 경도시험면

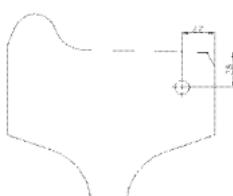


그림3. 인장시험 취득 위치(KS)

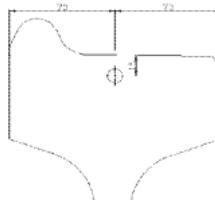


그림4. 인장시험 취득 위치(ISO)

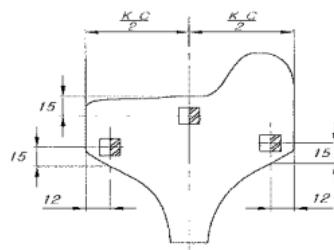


그림5. 충격시험(KS)

도표2는 화학성분을 분석한 결과이다. 기준치와 비교하여 보면 모든 시료가 국내기준을 충족하고 있음을 알 수 있다. 또한 KS에서 정한 6대 원소 이외의 성분인 Cr, Mo, Ni, V, Cr+Mo+Ni의 성분비율을 UIC규격 강종 R7기준에 비교하여 볼 때도 기준치 이내임을 알 수 있다. 그러나 그림6에서와 같이 각 성분에 대한 제작사별 성분비율에는 편차가 있음을 알 수 있으며, 특히 B사의 경우엔 상대적으로 C의 비율이 적고 Mn의 비율이 크게 나타나고 있다.

도표2. 화학성분시험 결과(%)

성분 수증원	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Mo	Ni	V	As	Cr+Mo+Ni
A	0.598	0.709	0.316	0.0112	0.0144	0.006	0.061	0.006	0.030	0.000	0.0036	0.097
B	0.471	0.873	0.264	0.0166	0.0281	0.163	0.087	0.018	0.082	0.000	0.0143	0.187
C	0.643	0.643	0.322	0.0154	0.0026	0.000	0.165	0.003	0.005	0.000	0.0064	0.173
D	0.594	0.633	0.356	0.0060	0.0004	0.039	0.130	0.009	0.056	0.000	0.0008	0.195
기준	0.57~ 이하	0.6~ 이하	0.15~ 이상	0.045~ 이하	0.045~ 이하	0.35~ 이하	0.3~ 이하	0.0~ 80이하	0.3~ 이하	0.0~ 이하	0.0~ 0.05	0.6~ 이하

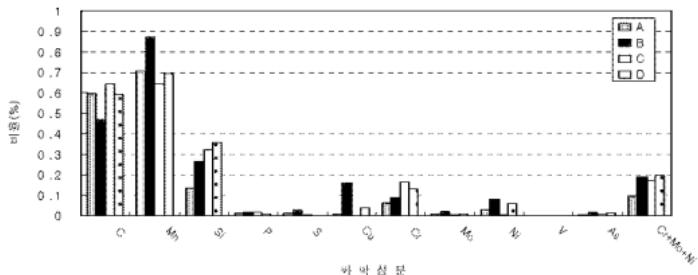


그림6. 화학성분시험 결과 비교

도표3은 기계적성질에 대한 시험결과를 나타낸다. 이 결과 역시 국내 기준치를 충족하고 있음을 알 수 있다. 그림7은 뛰어부의 압축위치에 따른 경도분포를 나타낸 시험결과이다. 2개의 시편을 대상으로 한 시험결과 모두 국내 허용기준내에 있음을 알 수 있다. 각 제작사에 따라 상대적으로 비교하여 보면 A사의 경도가 전반적으로 적강이 작아

도표3. 기계적성질 시험 결과

시험 항목 수증원	인장시험						경도시험 (HB) 248~285	충격시험 흡수 에너지(J) 20 이상		
	인장강도 (N/mm ²) 835~960		연식율(%) 14 최소 11 최소		단면수축율 (%) 28 최소 23 최소					
	#1	#2	#1	#2	#1	#2				
A	850	844	23	22	43.6	42.2	265	26		
B	850	852	20	18	33.6	35.4	269	21		
C	919	836	23	21	47.1	46.4	264	22		
D	907	857	22	22	50.9	50.8	272	25		
비교	#1 : KS R 9221 인장시편 위치 #2 : ISO 1005/6 인장시편 위치									

점에 따라 작아지는 경향을 보이고 있으며, B, D사의 경도가 상대적으로 높게 나타나고 있다. 즉 정위치인 A, B, C선에 따른 경도 크기는 A사의 시료를 제외하고는 일관된 경향을 찾기가 어려웠으며, 측정위치 B선의 경우는 적강이 작아점에 따라 경도가 작아지는 경향을 나타내고 있다.

그림8은 인장강도 시편 채취위치에 따른 인장강도 시험결과의 평균값을 나타낸다. ISO규격의 시편위치에서 채취한 시편의 시험결과는 비교적 균일한 반면 KS규격의 시편위치에서 채취한 시편의 시험결과는 편차가 상대적으로 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

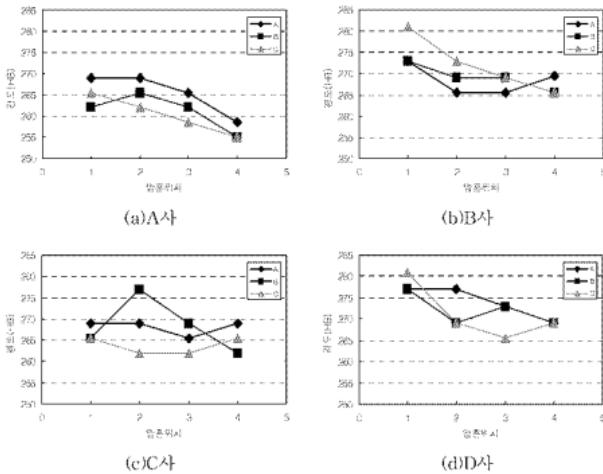


그림7. 암호위치에 따른 경도시험 결과(기준 248~285 HB)

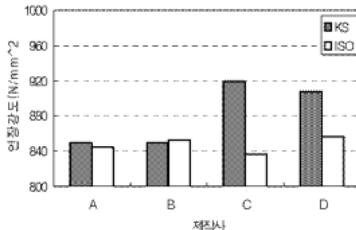


그림8. 제작사별 인장시험 결과(평균)

그러나 시험시험을 통하여 구한 시험결과를 균일성 측면에서 분석하기 위하여 평균값에 의존하기보다는 통계적 분석을 위한 편차나 불확도분석을 통하여 시험결과의 편차를 분석함이 바람직 할 것이다. 따라서 각각의 시험데이터에 기술통계 분석을 실시하였다. 측정장비, 시험자의 숙련도에 의한 불확도가 반복 시험에 따른 산포불확도 보다는 작다고 가정하였으며, 면도분포에 근거한 A형표준불확도 분석방법을 적용하였고 신뢰수준 95.45%의 신뢰구간을 적용하였다. 도표4는 시험데이터에 대한 통계적 분석결과이며 그림9는 이에 대한 분포선도이다.

경도는 D사의 평균값이 다소 크게 나타났으며 C사는 편차가 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 인장강도는 KS규격의 시험편인 경우 C사의 편차가 가장 크게 나타나고 있고, ISO 시험편인 경우엔 C, D사의 편차가 값을 알 수 있다. 층적시험 결과를 살펴보면 C, D사의 경우가 편차가 크게 나타나고 있다. 전반적으로 보면 C, D사의 경우의 불확도가 타 시료에 비하여 큰 경향을 의고 있음을 알 수 있다. 이러한 불확도 분석을 통하여 구한 결과를 각 시험기준치와 비교하여 보면 일부는 혜용범위를 벗어나고 있음을 알 수 있다. 이에 대한 기준치 적합 유무는 기술표준원의 “측정 결과의 불확도 산정 및 표현을 위한 지침”에 의할 수 있으며 본 연구에서는 각 시험결과의 균일성 분석에 한정하였다.

도표4. 시편시험 결과 기술통계 분석

구분	시편장부 제작사	경도				인장강도				흡수에너지			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
평균		265.5	269.2	264.3	271.7	850.0	850.0	919.3	907.0	26.2	21.3	22.2	25.0
표준편차		3.834	4.750	7.230	4.131	15.716	10.149	69.140	24.021	1.169	1.211	6.047	4.604
A형표준편차도		1.715	2.124	3.233	1.848	9.074	5.859	39.918	13.868	0.523	0.542	2.704	2.059
A형표준편차도(%)		0.65	0.79	1.22	0.68	1.07	0.69	4.34	1.53	2.00	2.54	12.20	8.24
최상불확도		4.5	5.6	8.6	4.9	41.1	26.5	180.8	62.8	1.4	1.4	7.2	5.5

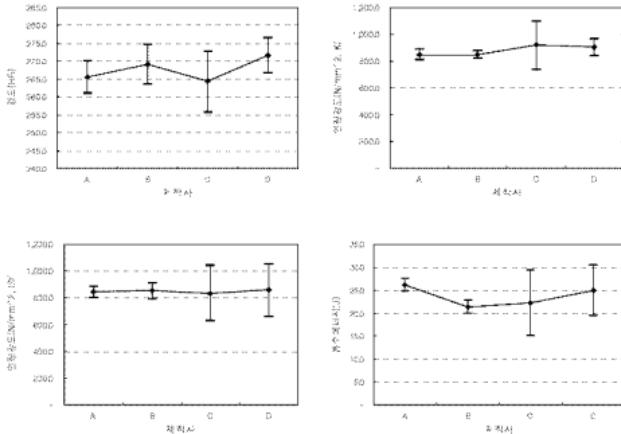


그림9. 제작사별 기계적성질 시험결과(신뢰수준 95.45%)

3. 결론

수입원이 다각화되고 있는 국내 차륜재에 대한 품질 균일성을 분석하기 위하여 국내 철도차량용 차륜 규격에 의거한 제 불성시험을 수행하였다. 차륜 제작사별로 시료를 채취하여 규격에 의거한 화학적, 기계적 성능시험을 실시하였으며 균일성측면에서 시료별로 통계적 분석을 실시하였다. 모든 시료가 국내 규격기준은 충족하고 있으나 통계적 불확도 분석을 통하여 각 시료간 큰 편차가 있음을 알 수 있었다.

따라서, 향후 관입한 차륜재 성능 확보를 위하여 요구되는 시험항목, 그에 대한 적정한 기준치 설정 및 분석방법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료되며 차륜재 고품질화를 위한 금속학적인 연구도 병행되어야 할 분야라 사료된다.

참고문헌

1. “측정결과의 불확도 산정 및 표현을 위한 지침”, 기술표준원
2. KS R 9221 “철도차량용 차륜”, 2000
3. ISO 1005/6 “Technical specification for the supply of solid steel for tractive and trailing stock”, 1994
4. 협회부 외, “경제적 차륜납면관리기술 개발 3차년도 최종보고서”, 철도청, 2004