

도표1. 시편 채취 위치 및 시편수량

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

※차분시료는 KS R 9221 RSW1에 의하며 수급원이 각기 다름(A-D사)

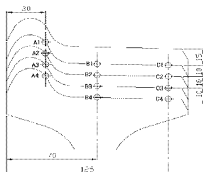


그림1. 경도시편 형상 및 압흔 위치

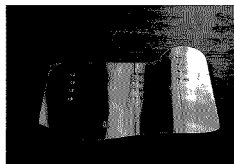


그림2. 립부 경도시험편

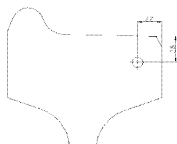


그림3. 인장시편 취득 위치(KS)

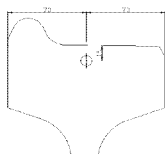


그림4. 인장시편 취득 위치(ISO)

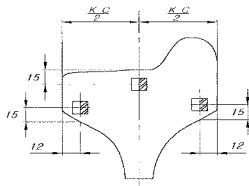


그림5. 충격시편(KS)

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 경우 Mn 상대적으로 C의 비율이 적고 Mn의 비율이 크게 나타나고 있다.

도표2. 화학성분시험 결과(%)

성분 수급원	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	0.693	0.356	0.0060	0.0004	0.039	0.130	0.009	0.056	0.000	0.0098	0.195
기준	0.57 이하	0.6~0.9	0.15 이상	0.045 이하	0.045 이하	0.35 이하	0.3 이하	0.0 이하	0.3 이하	0.05 이하		0.6 이하

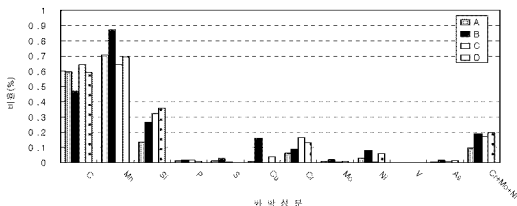


그림6. 화학성분시험 결과 비교

도표3은 기계적성질에 대한 시험결과를 나타낸다. 이 결과 역시 국내 기준치를 충족하고 있음을 알 수 있다. 그림7은 립부의 압흔위치에 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 직경이 작아

도표3. 기계적성질 시험 결과

시험 항목 수급원	인장시험						경도시험	충격시험
	인장강도 (N/mm ²) 835~960		연신율(%) 14 최소 11 최소		단면수축율 (%) 28 최소 23 최소		경도 (HB) 248~285	흡수 에너지(J) 20 이상
	#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
비고	#1 : KS R 9221 인장시험 위치 #2 : ISO 1005/6 인장시험 위치							

따라 작아지는 경향을 보이고 있으며 B, D사의 경도가 상대적으로 높게 나타나고 있다. 측정위치인 A, B, C선에 따른 경도 크기는 A사의 시료를 제외하고는 일관된 경향을 찾기가 어려웠으며, 측정위치 B선의 경우는 직경이 작아짐에 따라 경도가 작아지는 경향을 나타내고 있다.

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

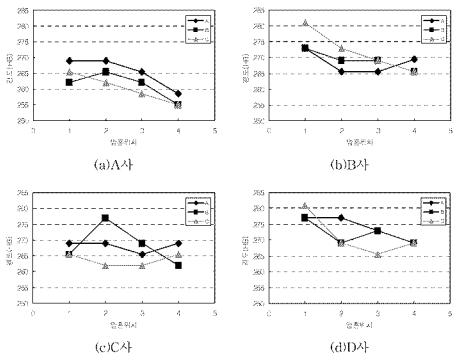


그림7. 압흔위치에 따른 경도시험 결과(기준 248~285 HB)

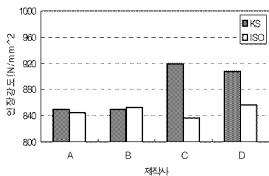


그림8. 제작사별 인장시험결과(평균)

그러나 시편시험을 통하여 구한 시험결과를 균일성 측면에서 분석하기 위해선 평균값에 의존하기보다는 통계적 분석을 위한 편차나 불확도분석을 통하여 시험결과와 편차를 분석할 필요가 있다. 따라서 각 각의 시험데이터에 기술통계 분석을 실시하였다. 측정장비, 시험자의 숙련도에 의한 불확도가 반복 시험에 따른 산포불확도 보다는 작다고 가정하였으며, 변도분포에 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 작음을 알 수 있다. 충격시험 결과를 살펴보면 C, D사의 경우가 편차가 크게 나타나고 있다. 전반적으로 보면 C, D사의 경우의 불확도가 타 시료에 비하여 큰 경향을 띠고 있음을 알 수 있다. 이러한 불확도 분석을 통하여 구한 결과를 각 시험기준지와 비교하여 보면 일부는 허용범위를 벗어났고 있음을 알 수 있다. 이에 대한 기준치 적합 유무는 기술표준원의 "측정결과와 불확도 산정 및 표현을 위한 지침"에 의할 수 있으며 본 연구에서는 각 시험결과와 균일성 분석에 한정하였다.

도표4. 시험시험결과 기술통계 분석

구분	시험항목 제외시	경도				인장강도				흡수에너지			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
평균		263.5	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
A형표준불확도		1.715	2.124	3.233	1.848	9.074	5.859	33.918	13.868	0.523	0.542	2.704	2.059
A형표준불확도(%)		0.65	0.79	1.22	0.68	1.07	0.69	4.34	1.53	2.00	2.54	12.20	8.24
확장불확도		4.5	5.6	8.6	4.9	41.1	26.5	180.8	62.8	1.4	1.4	7.2	5.5

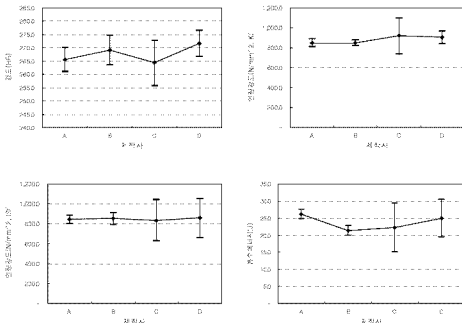


그림9. 제작사별 기계적성질 시험결과(신뢰수준 95.45%)

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 불성시험을 실시하였으며 균일성측면에서 시료별로 통계적 분석을 실시하였다. 모든 시료가 국내 규격기준은 충족하고 있으나 통계적 불확도 분석을 통하여 각 시료가 큰 편차가 있음을 알 수 있었다.

따라서, 향후 균일한 차륜재 성능 확보를 위하여 요구되는 시험항목, 그에 대한 적절한 기준치 설정 및 분석방법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료되며 차륜재 고품질화를 위한 급속차적된 d 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 wheels in rolled non-alloy steel for tractive and trailing stock", 1994
4. 허연부 외, "경제적 차륜담면관리기술 개발 3차년도 최종보고서", 철도청, 2004