

# 객차용 차륜 최적관리 연구

## A Study on the Optimum Control of Wheel for Coach Car

이찬우\*

허현무\*\*

Lee, Chan-Woo

Hur, Hyun-Moo

---

### ABSTRACT

In this study, we have analyzed the optimum control of wheel for coach car in maintenance process to grasp the problem relating to this coach's wheel exchanged. So, these problems brought about decrement maintenance cost. This study were deliberated to solve problems concerning maintenance process of wheel exchanged and wheel specification in rolling stock workshops of KNR. Here, we describe some results.

---

### 1. 서론

차륜은 주행중 레일과 접촉하면서 차량이 안전하게 궤도면을 따라 주행토록 하는 중요 구성품 중의 하나이다. 그러나 차륜-레일 상호작용에 의해 마모현상이 필연적으로 발생하므로 이에 대한 저감연구 및 최적관리연구는 차량 안정성 확보, 차량유지보수비 절감 및 차량 가용성 측면에서 매우 중요하다고 볼 수 있다. 또한 차량시스템, 차량과 궤도간의 인터페이스 관련 부적합한 요소가 존재하면 차륜의 손상문제가 발생하게 된다. 이중 차량 내 제동시스템 부적합으로 답면찰상, 답면 박리 등의 문제가 발생하며, 차량의 현가계 및 궤도와와의 인터페이스 부적합관련해선 차륜의 직립 마모, 과대마모가 발생한다. 이러한 차륜손상은 차륜을 빈번하게 삭정하게 하는 요인이 되며, 이는 궁극적으로 차륜의 보수비용을 증가시키고 차량의 가용성을 저하시키게 된다.

따라서, 본 연구에서는 철도청에서 운용하고 있는 객차용 차륜에 대한 차륜규격 및 철도차량정비창에서의 차륜관리 실태를 분석하여, 차륜보수비용을 절감하고 차량의 안정적 운용가용성을 확보하기 위한 대안을 제시하고자 한다.

### 2. 철도청 차륜관리 현황

#### 2.1 철도청 차륜 교환 및 삭정 실태 분석

철도청에서 운용하고 있는 객차는 2000년도 기준 1,697량이다. 이 중 차륜교환 축수는 1,859개이고 차륜 이상 또는 원형 구현에 따른 차륜 삭정 축수는 6,587개로 객차 총 축수 6,788개에 비하면 대단히 많음을 알 수 있다. 이는 현재 철도청의 차륜관리에 따른 유지보수비용이 다른 보수품에 비해 과도하게 나타나는 것 과도 일치하는 것이다. 현재 철도청에서 시행하고 있는 차륜관

---

\* 한국철도기술연구원, 책임연구원, 정회원

\*\* 한국철도기술연구원, 선임연구원, 정회원

리 흐름도가 그림1 및 그림 2에 제시되어 있다. 현재 철도청에서의 차륜관리 흐름상 주요 문제점은 차륜교환에 대한 기준 설정 근거가 미약하고, 차륜 삭정시 획일적으로 원형기준으로 삭정되어 낭비 요인이 발생하고 있다는 것이다. 또한 차륜삭정 전후의 데이터 관리가 미흡하다는 것이다. 특히, 차륜 답면관리 기준은 주로 답면찰상, 답면박리, 플렌지 마모에 대한 기준이 획일적이고, 차륜답면 손상 원인 규명 없이 곧 바로 삭정에 들어가는 관리체계상의 문제도 큰 것으로 나타났다.

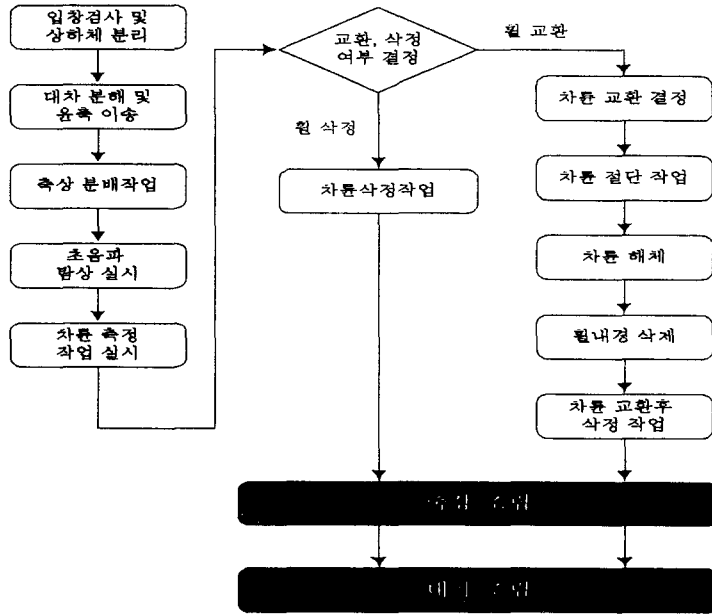


그림 1 철도청 차량정비창 차륜공정 흐름도

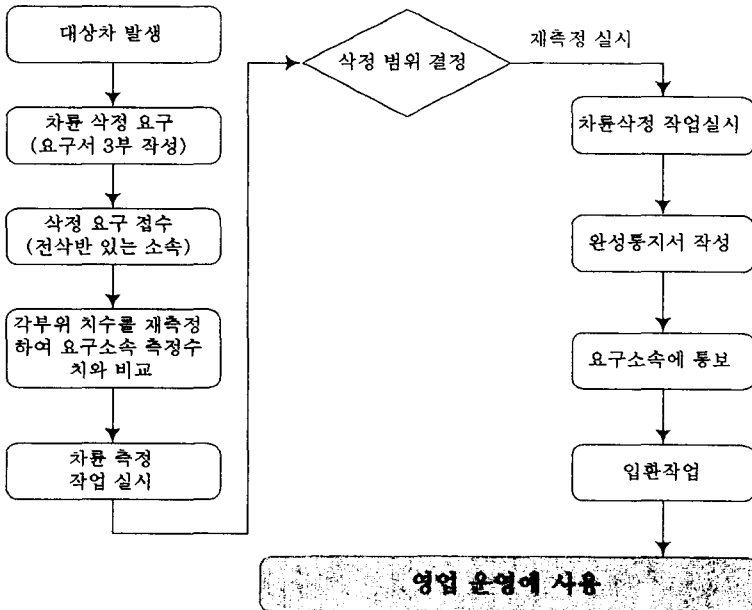


그림 2 철도청 차량사무소 차륜삭정공정 흐름도

## 2.2 철도청 차륜 품질 관리 실태 분석

철도차량의 차륜 품질관리는 1차적으로 차륜의 품질을 전체적으로 관리하는 규격에 의해 이루어진다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서도 국내에서 적용하고 차륜 규격 KS R 9221을 철도선 진국이라 할 수 있는 일본의 차륜 규격인 JIS E 5402와 유럽에서 일반적으로 적용하고 있는 UIC 812-3 (R7)를 상호 비교하여 규격상 나타나는 차이점을 우선 비교하였다. 또한 차륜의 품질 관리시 2차적인 요소로는 차륜 제작도면내지는 규격에 제시되어 있는 허용 공차에 대한 관리기준이 철도 운영처 내부적으로 어떻게 적용하는가이다. 예를 들면 차륜 직경의 허용 공차가 D +0 ~ +2mm이라 하면, 이를 원칙적으로 다 허용하느냐, 아니면, 허용 공차를 1/2로 축소하여 품질 관리를 아주 엄격하게 하느냐 하는 문제이다. 우선 각국에서 적용하고 있는 차륜 재질관련 규격을 상호 비교한 것이 도표 1에 제시되어 있다. 도표 1에서 보면 KS에서는 차륜의 화학적 성분이 C, Mn, Si, P, S, Cu의 6개항목으로 명시한 반면 UIC에서는 Cr, Mo, Ni, V과 같은 특수금속의 함유량을 명시하고 있다.

표 1 차륜 재질관련 KS R 9221, JIS E 5402 및 UIC 812-3 대비표

구분	규격	C	Mn	Si	P	S	Cu	기타	비고
화 학 적 성 분	KSR 9221	0.67 이하	0.6 ~ 0.9	0.15 이상	0.045 이하	0.045 이하	0.35 이하		차량 전반
	JIS E 5402	0.6 ~ 0.75	0.5 ~ 0.9	0.15 ~ 0.35	0.045 이하	0.05 이하	0.30 이하		"
	UIC 812-3 (R7)	0.52 이하	0.80 이하	0.4 이하	0.035 이하	0.035 이하	0.3 이하	Cr:0.3, Mo:0.08, Ni:0.3, V:0.05 이하	차종에 따라 다름
기 계 적 성 질	KSR 9221	인장시험(인장강도, 연신율, 단면수축율), 경도, 충격시험							
	JIS E 5402	인장시험(인장강도, 연신율), 경도(답면, 립)							
	UIC 812-3 (R7)	인장시험(인장강도, 연신율), 경도(답면, 립), 충격시험, 열처리							

또한, 기계적성질관련 시험항목에서도 KS에서는 립부의 경도만을 명시한 반면, JIS, UIC에서는 답면과 립부에 대하여 규정하고 있어서 재질의 균질성 확인이 필수 사항으로 되어있다. 또한, KS 규격과 유사한 일본 JIS에 대한 적용시 철도청에서는 품질의 2차적 관리요소인 차륜품질관리 에 대한 세부 규정이 없어서 일반적인 품질검사 항목으로 제시되어 있는 KS기준에 의하지만, 일본의 경우에는 차륜에 대한 품질관리를 차량 운영처에서 세부적으로 적시하여 관리하고 있다. 예를 들면 차륜 직경 허용 공차가 D +0 ~ 2mm 인 경우 허용 공차를 1/2정도로 낮추어 엄격하게 관리하는 등 차륜의 고품질관리를 체계적으로 하는 것이 다르다고 볼 수 있다.

### 3. 객차용 차륜 최적관리 방안

#### 3.1 차륜 삭정시 비용을 고려한 경제삭정 도입

일본에서도 국내와 마찬가지로 1992년 이전에는 차륜담면 손상 및 마모에 의한 원형재생을 위하여 획일적인 기본 담면 관리기법을 적용하고 있었다. 이로 인한 차륜담면형상 원형재생시 삭정량, 삭정회수 및 삭정시간이 증가하여 차륜수명저하 및 유지보수비 증가 등 큰 문제점이 초래되어, 차량유지보수비 절감 및 차량 가용성 증대를 통한 수입 증대를 위하여, 1992년, JR화물 關東支社 大井機關區에서는 화차에 대한 차륜삭정데이터를 축적하여 차륜담면 마모경향 및 마모추이 등을 판별 예측할 수 있도록 차륜담면관리시스템을 개발하여, 차륜계획삭정 자료로 활용하였다. 이후 일본 JR 각사에서는 차륜의 계획 삭정에 따른 문제점 등을 보완하여 차량의 동적 성능을 저하시키지 않는 범위 내에서 경제삭정이라는 개념을 도입하여 사용하고 있다. 차륜의 경제삭정에 대한 기본 요체는 바로 차륜 플랜지 두께를 원형삭정하여 재생하는데 있어서 마모된 차륜의 플랜지 두께가 23mm인 경우 이를 32mm로 재생하는데 있어서는 차륜직경이 34.2mm 삭정이 필요한데 비해 차륜 플랜지두께를 경제적인 삭정계획에 의거하여 29mm로 삭정할 경우에는 차륜직경삭정량이 26.6mm, 마찬가지로 차륜 플랜지두께를 27.5mm로 하게 되면 차륜직경삭정량이 22.8mm로 작게되어 차륜수명이 궁극적으로 증가하게 된다. 이로 인한 경제담면 적용으로 차륜삭정량이 최대 30%이상 저감되어 차륜수명을 약 30%이상 연장시키는 효과를 보고 있다는 것이다. 그림 3은 JR에서 적용중인 경제담면형상의 예이며 도표 2는 경제삭정 적용에 따른 차륜직경삭정량을 산출한 표이며, 도표 3은 경제삭정 적용에 따른 차륜비용절감효과를 나타낸 표이다. JR에서의 경제삭정 적용시 차륜수명 예측은 기존차륜의 수명이 통상 8년인 데 비하여 경제삭정개념 적용 차륜의 수명은 최대 12년까지 증가될 수 있다고 보고 있다.

따라서 국내에서도 차륜삭정시 차량특성이나, 운행노선 등을 고려하지 않고 획일적으로 원형삭정을 시행하는 현행 철도차량 정비창의 차륜삭정 개념을 지향하고 차량의 안전성이 확보될 수 있는 새로운 기준안에서 차량유지보수비 절감 및 차량의 가용성을 동시에 확보할 수 있는 경제삭정 개념을 도입한 차륜 삭정 도입이 필요하다고 볼 수 있다. 또한 차륜유지보수측면에서의 주요 문제점중의 하나는 차륜삭정시 획일적인 원형삭정기준을 적용하고 있는 점이다. 철도청의 경우 동일차량 내에서 차륜직경 삭정 전후의 치수를 비교하면 삭정 전에는 차륜 직경차가 2~3mm 정도 차이가 나지만, 삭정후에는 동일차량내 8개 차륜의 직경차이는 거의 없을 정도로 삭정하고 있다. 이는 객화차 검수기준 세척에서 고속대차인 경우, 제1한도 적용시 동일대차안에서 2mm, 동일차량안에서 3mm의 직경차를 허용하고 있음에도 불구하고 동일치수기준을 적용하여, 상대적으로 마모가 적은 차륜의 삭정량을 증가시키는 결과를 초래하고 있다.

표 2 플랜지두께 23mm인 경우의 차륜담면 복원 삭정량

template종류	101 (기본담면)	102 (경제담면)	103 (경제담면)
반 경	17.1 mm	13.3 mm	11.4 mm
직 경	34.2 mm	26.6 mm	22.8 mm
비(%)	100 %	77.7 %	66.6 %

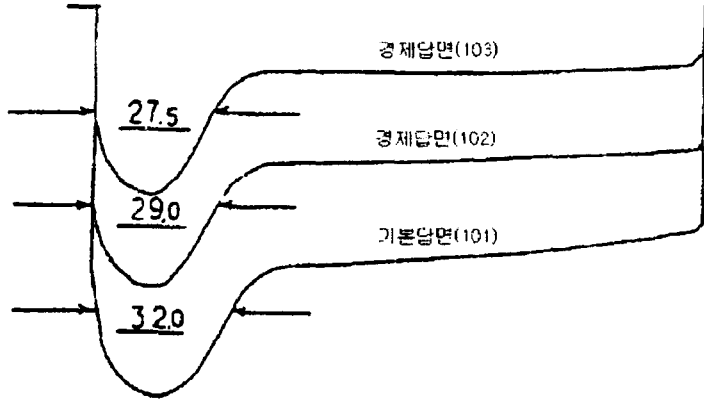


그림 3 경제적 차륜답면형상 예

표 3 차륜수명 및 경제성 비교(1량당)

구 분	계획기본 답면삭정	계획경제답면삭정 이상선도
차륜 수명	8.0년 (2.7전검)	12.0년 (4.0전검)
연간차륜대가	96,000엔	64,000엔

### 3.2 차륜 교환시 차륜 무삭정 방법 도입

1999년도 JR동해 大阪제3제작소에서는 신조 차륜에 대한 무삭정 실용화 연구를 행하였다. 이때 신조차륜 답면삭정 공정을 생략하기 위하여 규정, 궤도단락, 승차감, 차상기기측면에서 검토를 행하였다. 물론 차륜 무삭정화 경우에도 「신간선전철검사표준」 등의 규정을 준수하지 않으면 안 되므로 차륜에 관한 사항(차륜직경·좌우차륜의 직경차)를 검토하였다. 규정상 차륜 직경은 [설계치수 + 2mm]가 허용되고 있었는데, JR동해 大阪제3제작소에 차륜을 납품하는 제작사 출하시의 치수 한계 목표치를 [설계치수 + 0.5mm]로 하였다. 이를 통하여 JR 동해 300계 차량에 적용되는 신규 차륜 392매의 동일축 차륜경 직경 허용차 0.5mm를 초과한 차륜이 없어서, 모든 차륜이 설계치수의 범위 내에서, 검수규정에서 제시하고 있는 동일축 직경차 한도내이므로 무삭정인 채 윤축조립을 행함으로 차륜 교환시, 신규 차륜이라 하더라도 동일축 차륜경 직경차 허용공차를 벗어남으로 인해 발생하는 차륜삭정을 실시하지 않음으로 유지보수비 절감 및 윤축조립시간 단축 등을 달성하였다.

국내에서도 규정상 차륜 직경은 [설계치수 + 2mm]가 허용되고 있고, 신품 차륜 입고 품질검사시 적용하는 기준은 1999년 이전의 일본과 동일하다고 볼 수 있다. 따라서 국내에서는 현재 신품 차륜을 교환한다 할 지라도 동일축 차륜 직경차 허용치를 만족 시키기 위해 윤축 조립과 동시에

신품 차륜 삭정을 시행하고 있다. 이에 따라 차륜 삭정 및 윤축장치 조립시간 증대 등으로 인해 유지보수비가 커지므로 신품 차륜의 품질 검사기준 치수공차를 현행 기준보다 1/2 정도로 낮추어 신품 차륜 교환시 무삭정 공정 개념을 도입하여, 원가절감을 이룩하고, 신품 차륜의 품질 향상을 달성토록 제도 개선이 필요하다. 이를 위한 공정 개선안을 그림 4에 제시하였다.

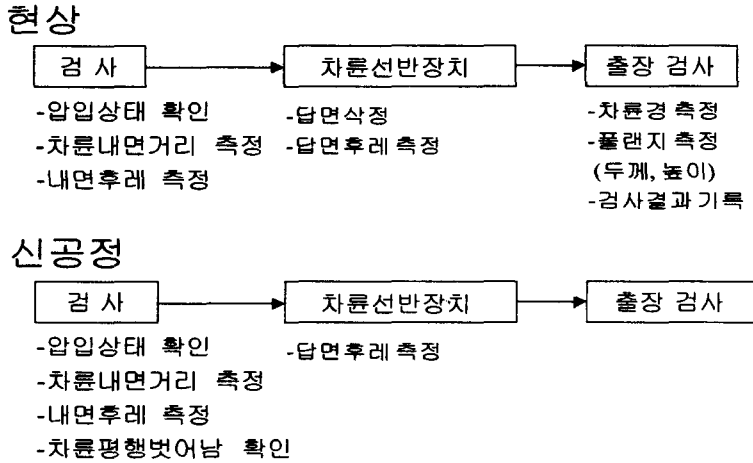


그림 4 차륜 무삭정화에 따른 신구공정 비교

### 3.3 차륜 규격에 대한 국제적 수준 제고

차륜규격관리 측면에서의 국제적 수준 제고는 매우 중요하다. 현재 철도청의 차륜 도입선은 국내 차륜제작사의 경쟁력 저하로 국내 차륜 제작·수급이 거의 이루어지지 않고 있는 실정이고, 현재는 철도청에서 사용하고 있는 차륜 도입선이 중국, 러시아, 체코등 다변화되어 있다. 이들 다변화된 국가를 통하여 제작 수급되는 차륜의 품질관리는 국내에서 적용되고 있는 차륜관련 규격에 의해 관리되어진다. 현재, 철도청에서 적용하고 있는 KS R-9221 대비 JIS E-5402 및 UIC 812-3 O에 대한 규격을 비교해 보면 차륜관련 주요 치수에 대하여는 거의 유사한 면을 가지고 있다. 그러나 차륜의 품질을 결정해주는 화학성분 및 기계적성질시험에 있어서는 KS R-9221이 JIS E-5402 및 UIC 812-3 O에 비하여 차륜품질 유지측면에서 개선해야 할 사항이 있음을 알 수 있다. 특히 화학적 성분에 있어서 KS R-9221은 화학적성분(C, Mn, Si, P, Cu등)구성, 그 자체는 JIS E-5402와 유사하지만 JIS E-5402에서는 강도와 밀접한 영향이 있는 C 함유율을 0.6~0.75로, 탄성율에 영향을 주는 Si에 대하여 0.15~0.35, 연신율 및 충격값에 영향을 주는 Mn에 대한 함유율을 0.5~0.9로 하는데 비하여, KS R-9221은 Mn에 대한 함유율이 0.6~0.9로 유사하고, 탄소 C는 0.67이하, Si에 있어서는 0.15이상으로 규정되고 있어 인장강도 및 탄성율에 기준치가 명확치 않음을 알 수 있다. 또한 UIC 812-3 O에서는 KS R-9221과 화학적 성분(C, Mn, Si, P, Cu등)에 대해서는 유사한 측면이 있지만, 경도에 영향을 주는 Cr이 0.3이하, 표면을 곱게하고 윤활작용이 가능케하는 Mo이 0.08이하, 내마모성 및 내충격성을 강하게 해주는 Ni 0.3이하, V 0.05이하로 명시하고 있다. 기계적 성질에 있어서도 KS R-9221은 인장시험(인장강도, 연신율, 단면수축율), 경도, 충격시험으로 분류하는데 비하여, JIS E-5402에서는 인장시험(인장강도, 연신율), 경도(답면, 립)으로, UIC 812-3 O에서는 인장시험(인장강도, 연신율), 경도(답면, 립), 충격시험, 열처리 등으로 되어 있어 항목상 유사한 것으로 나타나지만, 내용상으로는 제품의 균질성을 평가할 수 있는

경도 부문에 있어서 KS R-9221에 있어서는 답면 25mm 지점 상태에서 시편을 채취하여 시험토록 되어 있어서 표면과의 답면 25mm에 대한 경도의 균질성을 확인할 수가 없다. 특히 여러 국가로 다변화 되고있는 차륜 수급원에 따른 차륜 품질 균질성 확보를 위해, 국내 적용 중인 차륜관련 규격을 보완 할 필요가 있다. 예를 들면 UIC 812-3 O에서 제시하고 있는 화학적 성분 및 기계적시험 값, 그리고 열처리 방법 등을 준용토록 제도개선이 이루어질 필요가 있다.

### 3.4 차량 운용조건에 부합한 최적 대차시스템 및 차륜답면형상 개발

차량 운용조건에 부합한 최적 대차시스템 및 차륜답면형상 개발은 경제적인 차륜관리 방안의 필수요건으로, 차륜 플랜지마모와 같은 차륜손상을 최소화하기 위한 근본적인 방안중의 하나라 할 수 있다. 이를 위해서는 차량 현가계특성, 운행속도, 주운용노선 등에 적합한 차륜답면형상 개발이 이루어 져야 한다. 특히 대차시스템의 현가계는 차륜마모관계에 있어서 가장 중요한 요소이므로, 운용 노선별, 적용차량의 최적 대차시스템 개발이 지속적으로 이루어 져야 하며, 동일 현가계를 갖는 대차에서의 차륜 마모 특성은 차륜답면형상에 따라 달라지므로 일방적인 차륜답면형상 제시 보다는 국내 운용속도(150~200km/h) 및 운용선로 조건에 적합한 표준대차를 개발하여, 차륜마모 및 차량 운동특성을 최적으로 할 수 있는 차륜답면 형상을 구현하는 것이 매우 바람직 하다고 볼 수 있다. 외국에서도 차륜답면형상 개발에 대해서는 각 국의 선로조건, 운용조건, 차량특성 등을 고려하여 지속적으로 시행하고 있으므로 철도청에서도 현재 운행되고 있는 차량뿐만 아니라 향후 신조되는 차량에 있어서도 국내 운용선로 및 운용조건에 적합한 최적 대차시스템 및 차륜답면형상 개발을 통하여 경제적인 차륜관리가 도출되어야 할 것이다.

## 4. 결론

본 연구에서는 차량이 주행 중 레일과 접촉하면서 안전하게 궤도면을 따라 주행토록 하는 중요 구성품 중의 하나인 차륜의 최적관리 연구를 행하였다. 연구 대상은 철도청에서 운용하고 있는 객차용 차륜에 대한 차륜규격 및 철도차량정비창에서의 차륜관리 실태를 분석하여, 차륜보수비용을 절감하고 차량의 안정적 운용가능성을 확보하기 위한 대안을 네가지로 제시하였다.

첫째, 차륜삭정시 비용을 고려한 경제삭정 도입

둘째, 차륜 교환시 차륜 무삭정 방법 도입

셋째, 차륜 규격에 대한 국제적 수준으로 제고

넷째, 차량 운용조건에 부합한 최적 대차시스템 및 차륜답면 형상 개발 등을 제시하였다.

본 연구를 통하여 철도청 또는 철도운영처에서 현재 펼치고 있는 차량유지보수비 절감 및 차량성능 향상에 조금이나마 도움이 됐으면 한다.

## 후기

본 연구는 철도청 철도기술연구개발사업으로 수행되었으며 관계자 여러분에게 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 허현무, 이찬우 등, “차륜답면최적관리시스템개발 연구보고서”(2002), 한국철도기술연구원
2. 馬場 六義 등, “車輪踏面無削正の實用化について”, R-m(2001.1), pp. 56~59