미국철도협회의 차륜/레일 접촉상태 차상 자동검측 기술 개발 현황

AAR's R&D Status on An Automated Measurement System for Wheel/Rail Contact Condition Inspection

정홍채*

Chung, Heungchai

ABSTRACT

The geometry of wheel and rail profiles is the primary contributor to wheel and rail interaction. These profiles interact to influence truck steering, vehicle lateral stability, wheel/rail wear and surface damage. Maintaining good control of the profiles is one of the keys to ensuring preferred wheel and rail interaction. Transportation Technology Center, Inc., Pueblo, Colorado, is developing an automated measurement system for wheel/rail contact condition inspections supported by AAR(Association of American Railroads). The system uses a modified version of WRTOL™ (Wheel/Rail Tolerances)--software that performs extensive analysis of wheel and rail contact conditions

1. 서 론

차륜과 레일의 단면형상은 차륜과 레일의 상호작용에 대한 연구에 있어서 매우 중요한 역할을 한다. 이 단면형상 들은 대차 조종, 차량 측 방향 안정성, 차륜/레일의 마모 및 표면 손상 등과 상호 영향을 미친다. 차륜과 레일의 상호 작용을 원만하게 하는데 핵심이 되는 것의 하나가 그 단면 형상 들을 좋은 조건으로 잘 유지하는 것이다. 미국 콜로라도 주의 푸에블로 시에 위치한 TTCI(교통기술센터: Transportation Technology Center Inc.)에서는 미국철도협회(AAR-Association of American Railroads)지원으로 차륜/레일 접촉상태를 차상에서 자동으로 검측하는 기술을 개발하고 있는데, 이 장치는 차륜과 레일의 접촉상태를 광범위하게 분석할 수 있는 소프트웨어인 WRTOL™ (Wheel/Rail Tolerances)의 개정판을 사용하고 있다.

2. 차상에서의 실시간 차륜/레일 단면형상 측정장치

2.1 장치 개요

실시간으로 측정할 수 있는 장치로 널리 보급되어 사용되고 있는 차륜의 접촉상태를 조사함으로서 차륜/레일 접촉상태를 분석하는 개념을 보다 더 확대하게 되었다. 이 장치는 차륜과 레일의 접촉이 원활치 못하여 발생하는 차량 hunting, 플랜지 타오름 탈선(flange clime derailment), 레일 전복(rail rollover) 및 구름 접촉피로(RCF: Rolling Contact Fatigue) 등을 미리 예측하여 차륜과 레일의 접촉상태를 체계적으로 폭 넓게 조사하고 평가 할 수 있는 매우 가치 있는 도구이며 또한, 궤도 유지보수 여부를 결정하는데 유용하게 활용되며, 현재 일반적으로 사용되고 있는 수동 측정이나 측정 후 분석하는 방법보다는 차륜/레일 접촉상태 진단에 있어서 훨씬 더 효과적이고 효율적방법이다.

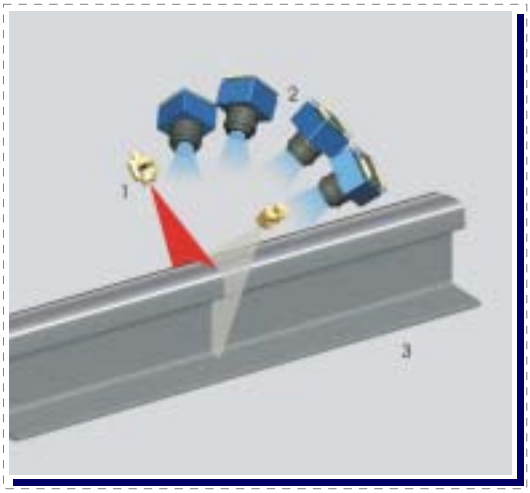


그림 1. An illustration of one of the laser systems measurement boxes contain two lasers and four cameras.

* 한국철도기술연구원, 철도시스템안전연구본부, 정회원
E-mail : hchung@krri.re.kr
TEL : (031)460-5201 FAX : (031)460-5279

이 장치를 개발함에 따라 실시간으로 차륜/레일 접촉 상태 조사가 가능하게 되어 차량의 성능을 저하하게 하는 원인이 되는 차륜/레일 접촉이 불량한 지점을 파악할 수 있게 되었고 아울러, 체계적이고 다양하게 평가한 결과들은 레일 삭정기 형판을 설계하는 데에도 이용할 수 있게 되었다.

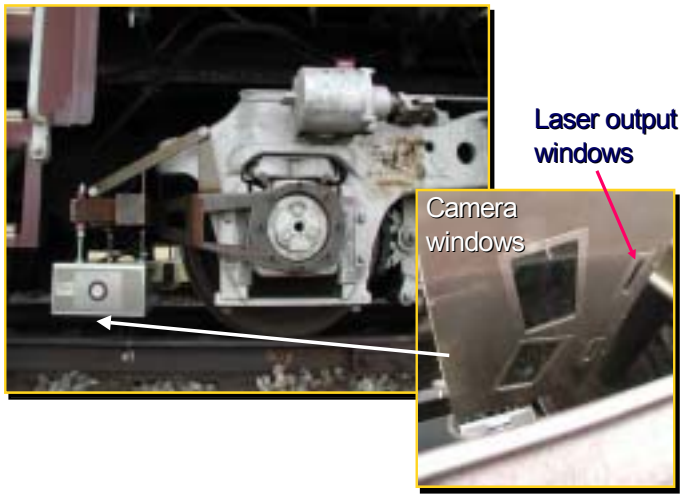
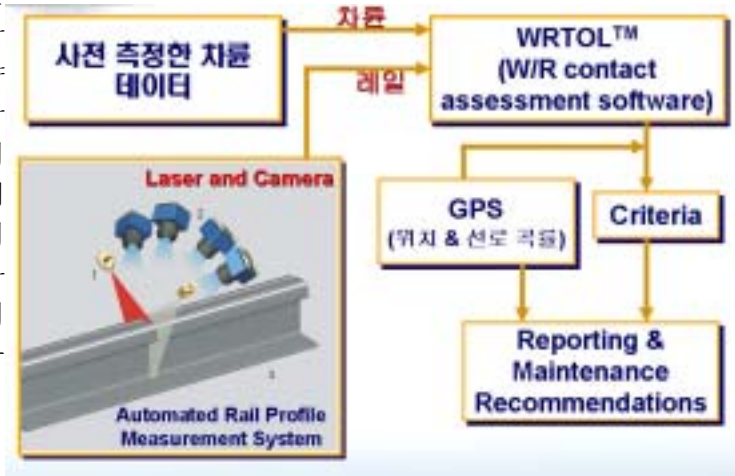


그림 2. The boxes installed in front of the leading truck

2.2 장치 구성

이 장치는 레일단면형상을 동적으로 측정하는 장치로서 두 개의 측정 상자로 구성 되어있는데 하나는 전기장치 캐비닛이고 또 다른 하나는 컴퓨터 워크스테이션이다. 각 측정 상자에는 완전한 레일의 단면형상을 측정하기 위한 두 대의 레이저와 네 대의 카메라가 들어 있다(그림 1). 이 상자들은 그림과 같이 시험차량의 앞쪽에 있는 대차 앞에 장착되어있다(그림 2). 레일의 단면형상은 차량이 궤도 위를 운행할 때 측정되며 그 형상은 레이저 장치로부터 데이터 분석 컴퓨터 장치로 전송된다. 데이터 분석 장치는 3개의 이중처리 서버로 구성되어 있는데 그 서버는 데이터를 받거나, 단면형상을 분석하고 그리고 데이터베이스에 진행 중인 데이터와 미리 측정한 데이터를 저장하는 일 등을 한다.



2.3 측정방법 및 분석

차륜을 사전에 측정하여 database를 만 들고 이 database를 통해 입력된 윤축시스템과 접촉하는 레일 단면형상을 이 장치로 측정하여 분석을 한다(그림 3). 차륜 database는 열차가 검수선을 통과할 때 측정하거나 일반적으로 많이 사용되는 차륜들의 단면형상에 대한 자료들로 만들어져 있다(그림 4). 차륜 데이터베이스에는 100개가 넘는 윤축시스템에 관한 자료가 있으며 추후 확장을 위한 무제한 공간을 가지고 있다.

그림 3 WRCI(Wheel/rail contact inspection) system overview

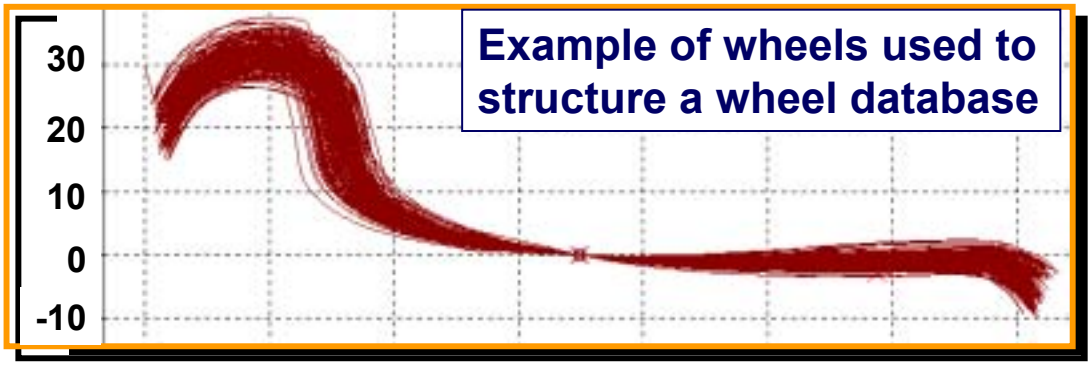


그림 4. A graphic representation of common wheel shape distribution using a generic group of wheels.

자료 분석 장치는 각 윤축시스템을 측정한 양쪽레일에 두고 접촉 매개변수(contact parameters)들을 계산한다. 윤축시스템을 측 방향(오른쪽 또는 왼쪽)으로 플랜지에 깊게 접촉할 때까지 조금씩 이동하여 각각의 레일과 차륜 접촉위치에서 접촉응력, 접촉각, 차륜의 구름반경변위(RRF: Rolling Radius Difference)를 계산하고 또한 접촉점이 두 지점인 경우도 계산이 가능하다.

레일/차륜 접촉 진단 criteria는 다음을 포함한다.

- ○ 접촉각(Contact angle) - 플랜지 타오름 위험 표시(indication of flange climb risk)
- ○ 곡선부의 안쪽 레일 접촉지점(Low rail contact position) - 레일 전복 표시(indication of rail rollover)
- ○ 곡선부의 바깥쪽 레일 일치성(High rail conformity) - 대차 조종 표시(indication of bogie steering)
- ○ Conicity - 고속 측 방향 안정성 표시(Indication of high speed lateral stability)
- ○ 구름 반경 차(Rolling radius difference) - 대차 조종 표시(indication of bogie steering)
- ○ 접촉응력(Contact stress) - 구름 접촉피로위험 표시(indication of RCF risk)

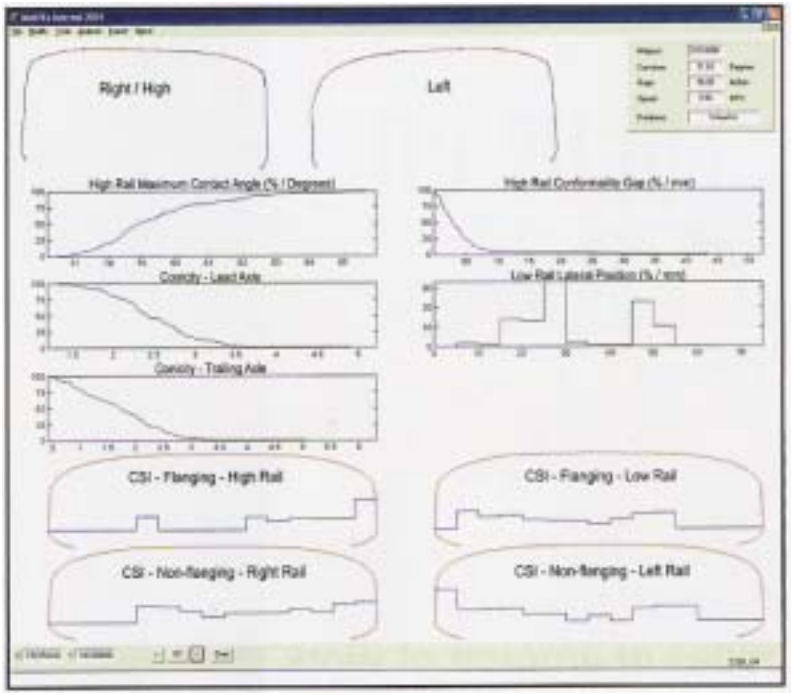


그림 5. Display window for the current measurement analysis results display

두 개의 컴퓨터 화면으로부터 현재 측정된 양쪽 레일의 단면형상에 대한 접촉 진단 결과(그림 5)와 측정한 거리 전체의 결과(그림 6)들을 볼 수 있다. GPS를 이용하여 레일의 위치를 정하고 궤도 곡률반경을 결정하였다. 궤도의 어떤 일정부분 이라도 조사하여 진단보고서를 발행할 수 있고, 진단에 의거하여 사전에 결정한 criteria를 초과하는 부분에 대해서 유지 보수를 실시할 것을 제안할 수 있다.

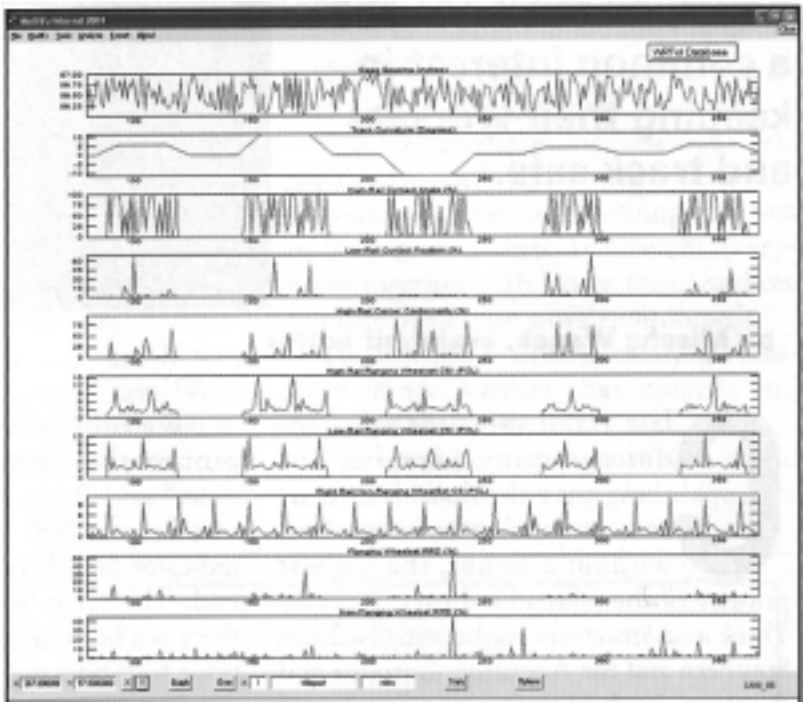


그림 6. Display window for the exceedence percentages along track

3. 결 론

multiple data process를 사용하여 10 feet(3m) 간격으로 처리하는 실시간 데이터 분석이 가능한 최고 운행속도는 47mph(75km/h) 인데, 필요시 컴퓨터 알고리즘을 개선하거나 컴퓨터 성능을 높이면 더 빠른 속도에서

의 분석도 가능 할 것이다. 만약 실시간으로 데이터를 분석할 필요가 없다면 이 장치로 운행속도 150mph(240km/h) 까지도 레일 단면형상 측정이 가능하다. 측정 후에 분석한 결과는 그림 5나 6과 같이 실시간으로 측정한 결과와 동일한 결과를 나타낸다. 측정치의 정확성은 수동으로 측정한 값과 비교하여 입증 되었다. 현재 TTCI에서는 궤도의 기하학적인 형상 변화량과 대차의 동적거동이 측정에 미치는 영향에 대해 검토하고 있는데, 이 장치는 궁극적으로 궤도 결함 측정 장치와 연계할 계획으로 있다.

후 기

본 발표문은 저자가 2005년 8월부터 1년간 미국교통센터(TTCI)에서 연구연가기간 동안 객원연구원으로 참여한 연구과제에 대한 개요를 일부 정리 발표한 것임

참고문헌

1. R. Thompson, H. Wu, W. Lundberg(2005), “An Automated Measurement System for Wheel/Rail Contact Condition Inspection,″ RT&S(Railway Track and Structures)