

고속선 궤도관리를 위한 궤도틀림 구간 예방보수 방안에 관한 연구

A Study for Preventive Maintenance of Rail Deterioration

남덕희*†, 서보필*, 최광민**, 강인석**, 심광섭**, 김기동***

Duk-Hee Nam*†, Bo-pil Seo*, Kwang-Min Choi**

Inseok Kang**, Kwang-Sub Shim**, Ki-Dong Kim***

Abstract Purpose of this study is to find out the golden time and predict the time required for maintenance of deterioration high-speed railway. The maintenance work for train track is very important as it influences passengers' safety and quality of riding. The operation implemented on right timing increases the efficiency of maintenance and safety level for operators as well as the safety of passengers. This study explains how to analyze the trend and utilize the data collected from track inspection car. The result of this study is planned to be used to set up the maintenance schedule of KTMSYS.

Keywords : Rail Management, Preventive Maintenance, KTMSYS, Measure Data

초 록 본 논문의 목적은 고속선 궤도의 효과적인 유지보수를 위하여 궤도의 적절한 보수 작업일을 예측하는 것이다. 궤도 보수작업은 고속선 이용 승객의 승차감과 안전에 많은 영향을 미치는 매우 중요한 업무이다. 적절한 시기에 수행되는 작업은 승객의 승차감과 안전뿐만 아니라 작업 수행과 궤도 관리의 효율성을 높여준다. 본 논문은 궤도 검측차량의 검측 데이터를 활용하여 궤도틀림의 추세를 분석하고 이를 활용하는 방안에 대하여 기술하였다. 본 연구의 결과는 고속선 궤도관리 시스템(KTMSYS)의 일정계획 수립 업무에 활용될 예정이다.

주요어 : 궤도관리, 예방보수, KTMSYS, 검측데이터

1. 서 론

고속선 궤도의 유지보수를 위한 작업은 인력과 장비를 통하여 이루어지며, 이는 궤도품질 향상 및 승객의 안전과 승차감에 직접적인 영향을 미친다. 궤도의 마모 및 틀림 현상은 여러 가지 복합적 요인으로 인하여 끊임없이 이루어 지고 있고, 적절한 시기의 보수가 이루어 지지 않을 경우 고속선 운행의 품질뿐 아니라 승객의 안전에도 큰 위협이 된다.

현재 철도공사 시설사업소는 연간 작업계획과 월간작업계획, 주간작업계획 그리고 일간 작업계획을 수립하여 궤도의 작업시기를 미리 정의하고 이를 통하여 체계적인 보수작업 업무를 수행한다.

† 교신저자: (주)휴니드 테크놀로지스(stir0221@huned.com)

* (주)휴니드 테크놀로지스

** 한국철도공사

*** 강원대학교

그러나 현행의 ”고속철도선로정비지침” (2005.08.11)에서는 사후보수 기준치만 정의되어 있고 궤도틀림의 진전을 추적하기 위한 표준편차 규정은 주의 기준까지만 정의하고 있다[1]. 검측차량의 검측데이터를 활용하는 사후 보수의 경우 빠른 시일 내에 점검 및 보수작업이 수행되어야 하고, 보수구간의 발생량이나 발생시기를 미리 예측하기 어려우므로 효율적인 작업수행에 어려움이 있다. 뿐만 아니라 월간계획은 2주전에 향후 한달간의 계획이 수립되므로 빠른 시일내에 점검 및 작업이 완료되는 검측데이터 보수대상 개소를 월간 계획에 적용하는 것은 사실상 불가능 하다.

효율적이고 효과적인 유지보수 계획이란 결국 한정된 자원을 이용하여 적절한 시기에 더 많은 작업을 수행하는 것이라 할 수 있다[2]. 검측데이터를 활용하여 근시일 (1~2주)이 아닌 근시일 이후의 궤도 상태를 미리 예측할 수 있다면 월간 계획 수립에 대한 효율적인 운용이 가능할 뿐만 아니라, 보수작업의 효율성을 높이고, 궤도 틀림 진전을 사전에 방지하여 궤도품질 향상에 기여할 수 있다.

2. 본 론

2.1 궤도 유지보수 수행 프로세스

고속선 궤도의 보수대상을 선정하기 위하여 현재 적용하고 있거나 추후 적용 가능한 프로세스 및 데이터는 다음과 같다. 먼저 EM-140k, Roger-1000k, 선로점검차, 진동가속도, 레일 탐상차, 수동레일탐상등을 통한 검측 데이터의 보수대상 개소 및 주의 개소등이 있다. 다음으로 열차순회 점검, 자갈마모현황, 취약개소 관리, 기장치적등을 통한 점검 및 관리를 통한 데이터들이 있다. 해당 데이터들은 모두 사후 보수에 적용할 수 있는 데이터들이다.

현재 철도공사 경부고속선 1단계 유지보수를 위해 사용되고 있는 KTMSYS(한국형 고속선 궤도 관리시스템)는 1m 템핑주기를 관리하고 궤도 틀림진전예측을 수행하는 기능이 있다. 1m 템핑주기는 일정 단위구간에 대한 평균 템핑기간의 주기를 관리하는 것이고, 틀림진전 예측은 검측차량의 로우데이터를 기반으로 1회 검측마다 미리 정의된 구간의 궤도상태를 대표하는 TQI를 산출해 누적하는 예측방법이다[3]. 해당 기능을 통하여 각 구간의 주기를 예측하거나 틀림진전예측을 통하여 예방보수를 수행할 수 있다. 하지만 1m 템핑주기의 경우 템핑 주기가 짧고 반복적으로 수행되는 구간에 대한 예측효과는 우수하나 템핑이 반복적이고 수시로 이루어지지 않는 구간의 관리에 대한 한계가 있고, 틀림진전 예측 역시 정확한 예측이 가능하고, 알고리즘 검증 및 효과에 대한 많은 연구가 이루어졌다는 이점이 있으나 보수대상의 관리구간이 너무 길다는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 1m템핑주기와 틀림진전예측의 한계를 보완하기 위한 새로운 방법의 예방보수 방안에 대하여 기술 하였다. 아래의 ‘Table 1’은 위에서 언급한 현재 적용하고 있거나 추후 적용 가능하다고 판단되는 보수대상 선정 프로세스 및 데이터에 대하여 정리한 것이다. 해당 프로세스 및 데이터를 통하여 궤도유지보수의 일정계획 및 보수작업 업무를 수행할 수 있다.

Table 1 Properties of materials

Classification	Title	Type
검측 데이터	EM-140	사후관리 데이터
	Roger-1000k	
	선로점검차	
	레일탐상차	
	수동레일탐상	
점검 및 관리 데이터	진동가속도	사후관리 데이터
	열차순회	
	자갈마모현황	
예측 데이터	기장지적	예방보수 데이터
	틀림진전예측	
	1m 텀핑주기	
	예방보수구간 예측	

2.2 예방보수 구간 예측 수식

2.2.1 단위 구간내 평균 검측값

현재 종합검측차량의 검측데이터는 25cm단위로 측정되고 있으며 해당 검측 위치는 검측차량의 탑승자에 의하여 결정된다. 검측차량 탑승자는 검측차량 운행시에 일정구간을 단위로 검측 위치를 입력하고, 해당 위치를 기준으로 검측데이터가 작성 된다. 따라서 검측 데이터와 해당 데이터가 측정된 위치는 매번 약간의 오차가 발생하며, 이는 각 구간 검측데이터의 이력 데이터를 통하여 추세를 분석하는데 많은 문제를 발생한다.

본 연구는 해당 문제를 해결하기 위하여 검측 데이터를 단위 구간으로 균집하고, 각 단위구간의 평균값을 활용하여 각 검측 위치의 오차를 상쇄하기 위한 방안을 마련하였다. 아래의 수식(1)은 각 검측 데이터 단위구간의 평균값을 계산하기 위한 식이다. 단위구간의 길이 F 는 예측값의 정확성을 향상시키기 위한 변수로 활용한다.

$$S_f = S \text{단위구간내 검측구간}(1 \leq f \leq F, F = \text{단위구간내 총 검측구간 갯수})$$

$$V_{sfn} = S \text{단위구간내 } n \text{차수 } f \text{지점검측값} \tag{1}$$

$$n = \text{검측차수}(1 \leq n \leq N)$$

$$\bar{V}_{sfn} (n \text{차수 } s \text{단위구간내 검측값 평균}) = \left(\sum_{f=1}^F V_{sfn} / F \right)$$

2.2.2 검측값의 평균 변화량

s단위 구간의 검측 평균값 산정 후 각 차수간 일별 변화량의 평균을 계산한다. 종합검측차량의 경우 검측시 검측일 정보를 함께 제공하므로 해당 데이터를 활용하여 날짜의 간격을 정의한다. 가중치 x 는 예측값의 정확성을 향상시키기 위한 변수로 활용한다.

D_n = 검측차수 n 의 이전검측차수와의 날짜 간격(일단위)

x = 가중치(계절, 최근데이터등)

$$P_s(S\text{구간 각 차수별 일별 검측값 변화량합계}) = \left(\sum_{n=1}^{N-1} \frac{(\bar{V}_{sfn+1} - \bar{V}_{sfn}) * x}{Dn} \right), \quad (2)$$

단 n 과 $n+1$ 사이에 보수가 없어야 함

$$\bar{P}_s(S\text{구간 일별 검측값 평균 변화량}) = \left(\frac{P_s}{N-1} \right)$$

2.2.3 각 검측구간 별 보수 요구일 정의

s구간 검측값의 일별 평균 변화량 산정 후 해당 변화량을 최근 검측데이터의 검측값에 적용한다. 각 차수별 검측데이터의 위치데이터는 위에서 설명한 것과 같이 측정오차로 인하여 그 연관관계를 분석하기가 어렵다. 그러나 단위구간의 평균값을 통하여 산정된 검측값의 일별 변화량은 해당 단위구간에 속하는 각각의 검측데이터의 해당 위치에 각각 적용할 때 예측의 정확도가 더 높게 나타난다. 따라서 s단위구간내 각각의 검측데이터인 f구간 측정값에 s구간 일별 검측값의 평균 변화량을 적용한다.

Li = 보수 한계치

$$Ld_f(f\text{구간 보수 한계치까지 남은 기간(일단위)}) = \left(\frac{Li - V_{sfn}}{P_s} \right),$$

단 $n = N$ (최근 검측차수)

(3)

Fd = 최근 검측일(검측차수 N 의 검측일)

$$f\text{구간 보수 완료 요구일} = Fd + Ld_f$$

위의 식을 통하여 각 검측구간 각각의 보수 완료 요구일을 산정하게 된다. 이렇게 산정된 각 구간의 완료 요구일은 추후 시설사업소의 월간계획 작성 시 활용될 수 있다.

3. 결 론

현재 고속선 궤도관리 현장에서는 보다 효율적이고 안정적인 궤도유지보수 업무 프로세스를 정착하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 궤도관리 업무에 예방보수 프로세스를 적용하는 것 역시 그 노력 중 하나라 할 수 있다.

본 연구의 내용은 추후 KTMSYS(한국형 고속선 궤도 관리시스템)의 궤도유지보수 일정계획 모듈을 통하여 구현될 예정이며, 현재 해당 기능에 대한 구현과 시험이 진행 중이다. 본 연구의 내용을 바탕으로 예측에 대한 정확성과 효과를 분석하고 현장 적용을 위한 현실적인 업무 프로세스를 구축할 예정이다.

이는 궤도유지보수 작업의 효율성 뿐만 아니라 보수대상선정과 작업실적관리까지 이루어지는 궤도유지보수의 전반적인 업무를 전산화하고 해당 데이터들의 체계적 관리를 가능하게 한다는 것만으로도 많은 의미를 가질 수 있다[4].

예방보수와 사후보수의 적절한 운용을 통하여 보다 효율적이고 체계적인 궤도 유지보수 업무 프로세스가 정립될 수 있도록 본 연구를 발전시켜 나아갈 것이다.

참고문헌

- [1] Min-Chul Jeong, Kun-Woo Kim, Won-Woo Lee, Jung-Sik Kong (2012) Prediction for Progress of Track Irregularity of High-speed Railway Track Based on Time-Series Analysis, 한국철도학회 학술대회, 2012년 춘계, p. 1348-1353
- [2] Duk-Hee Nam, Ki-Dong Kim, Sung-Uk Lee, Sung-Soo Kim (2010) “Railway Track Maintenance Scheduling Using Artificial Bee Colony,” 한국철도학회논문집, 13(6), pp.601-607
- [3] Sang-hyun Park, Bo-pil Seo, Il-sik Jeon, Kwang-sub Shim (2015) A Study for Improvement of Deterioration Prediction Alogorithm, 한국철도학회 학술대회, 2015년 추계, p. 129
- [4] Duk-Hee Nam, Chulmo Yang, Bo-Pil Seo, Imgu Cho et al. (2015) Computerization of Reporting System for Maintenance of High-Speed Railway Track with Application of KTMSYS, 한국철도학회 학술대회, 2015년 추계, p. 130