

비접촉방식 레일마모 측정기술 연구

Study on non-contact rail profile wear measurement technology

김창용*[†], 이응석*, 안수용*

Chang Yong Kim*[†], Eung Seok Lee*, Soo Yong An*

초 록 철도차량이 운행하는 레일은 차륜과 접촉하며 마찰이 발생하며, 지속적인 운행으로 레일 헤드에 마모가 발생하게 된다. 선로유지관리지침에 따라 레일의 수직마모와 편마모를 주기적으로 측정한다. 현재 운용되고 있는 레일마모 측정장비는 검측차를 사용하는 수기측정과 궤도검측차량을 운행하여 측정하고 있다. 본 연구에서는 레일헤드 200°를 둘러싸는 링가이드를 따라 레이저센서가 일정하게 이동하며 레일헤드표면의 변위 값을 스캔한다. 이동한 각도와 변위 값을 2차원 좌표로 도출하였으며, KR60레일 단면도면과 비교하였다. 본 연구를 통해 레일헤드 약 200° 범위의 마모량을 단시간에 비접촉 정밀 측정하여 레일의 마모량을 정량적으로 측정하고 가시화하여 쉽게 비교할 수 있다.

주요어 : 철도레일, 마모측정, 변위센서, 비접촉측정, 유지보수

1. 서론

수도권 인구증가 및 지방도시의 교통서비스 개선, 온실가스 저감 등 복합적인 요소로 철도의 필요성은 점차 증가하고 있다. 레일의 마모량은 철도통행량과 비례하고, 레일의 마모량은 다양한 정보를 가지고 있어 운행선로 레일의 마모량을 측정하여 열차 운행의 안전성 및 환경적 요소에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 정우태[1]는 레일두부 표면의 연마작업에 따른 레일마모영향을 분석하였으며, 남진근[2]은 열차의 가속·감속이 레일마모에 미치는 영향을 연구하였고, 윤천주[3]는 도시철도의 곡선구간과 직선구간의 마모량을 분석하고 미세먼지 발생량을 예측하였다. 레일의 마모를 측정하는 방법으로 디지털게이지를 이용한 수기측정과 레일검측차량의 운행으로 자동 검측하는 방법이 있다.

본 연구에서는 레이저 변위센서를 사용한 비접촉 스캔방식의 마모측정 기술을 연구하였다. 레일헤드 중심 270° 범위로 제작된 링가이드에 레이저변위센서와 스텝모터를 연결하여 자동으로 레일표면을 정밀스캔하고 변위 값을 좌표로 도출하였다. KR60 표준레일 도면과 측정된 레일마모량을 가시화하고 기준위치에 대한 편차값을 비교하였다.

2. 설계 및 제작

Fig.1은 본 논문에서 개발된 레일마모 측정장치다. (a)는 지름 222mm, 각도 270°의 링가이드이며, (b)는 레이저 변위센서로 측정 범위 ±15mm, 샘플링 500μs~4000μs, 반복정밀도 6μs, 정밀도 0.1% of F.S.의 성능을 가지고 있다. (c)는 스텝모터이며, 링가이드와 기어로 연결되어 변위센서가 링가이드를 정밀하게 이동할 수 있게 설계하였다.

[†] 교신저자: (주)이에스엘하이텍 기술팀
(cykim@eslhittech.com)

* (주)이에스엘하이텍 기술팀

3. 레일 측정 및 이론

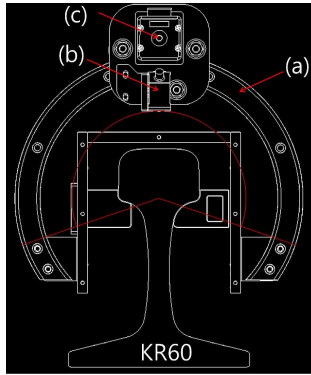


Fig. 1 Rail Profile Wear Measurement Equipment Design.

3.1 측정

측정에 사용된 레일프로파일은 KR60규격으로 제작된 프로파일이다. 레일마모측정장치 일체를 레일프로파일에 고정하고 변위센서는 링가이드 마모측면에서 반대편으로 이동하며 측정하였다. 스텝모터에 의해 링가이드를 1초에 11.12°를 이동하며 변위값은 100ms 간격으로 저장하였다. 측정 유효각도는 203.68°로 레일헤드 하단까지 측정하였다. 1회 스캔 시간은 약 19초 소요되었다.

3.2 이론

측정된 변위값과 변위센서의 각도를 다음 식과 같이 X, Y 좌표로 도출하였고,

$$X = \cos(\theta) \times l$$

$$Y = \sin(\theta) \times l$$

다음 식과 같이 선형보간 하였다.

$$X_x = \frac{X_1 - X_0}{\theta_1 - \theta_0} \times (\theta_x - \theta_1) + X_0$$

$$Y_x = \frac{Y_1 - Y_0}{\theta_1 - \theta_0} \times (\theta_x - \theta_1) + Y_0$$

여기서 X(mm)는 레일헤드 중심으로부터 수평거리, Y(mm)는 수직높이, θ (deg)는 변위센서의 측정 각도이며, l(mm) 레일의 변위값이다. Fig.2는 위와 같이 산출된 레일의 좌표를 KR60 규격단면도와 비교한 모습이다. 그림에서 45°를 나타내는 지점은 레일레간 내측 R13, 측마모 위치를 비교하였다.

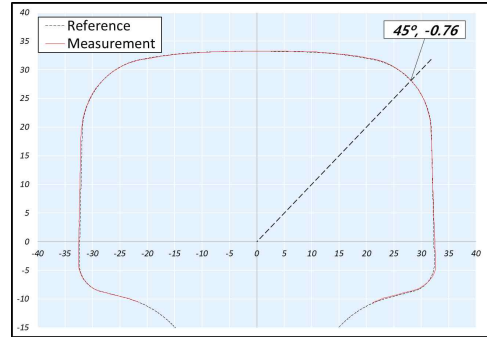


Fig. 2 Comparison of measured values of KR60 standard rail and test rail.

4. 결론

본 연구에서는 철도 레일프로파일의 마모량을 비접촉 방식으로 신속하게 측정하는 기술을 연구하였다. 기존에 사용되는 레일마모측정방법보다 빠른 20초내의 스캔시간과 레일의 단면 형상을 가시화하여 KR60규격레일 단면과 비교하고, 측마모위치의 편차를 나타냈다. 본 연구의 기술로 레일의 마모량을 빠르고 정확하게 측정하고 간편하게 비교할 수 있으며 향후 연구에서는 개발장치의 캘리브레이션기술 개발과 현장 마모 레일 측정으로 정밀도 향상 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] W.T. Jeong, J.Y. Hong, H.I. Kho, H.W. Lee (2021) Rail Surface Quality Analysis According to Rail Grinding on Operational Railway Track, *Journal of the Korean Society for Railway*, 24(10), pp. 852-860.
- [2] J.G. Nam, K.E. Kim, Y.G. Lee, B.H. Min, S.H. Chung (2015) The Analysis of the Effect of Acceleration and Deceleration of a Train on the Rail Wear in Urban Railway, *Proceedings of the KSR Conference*, pp. 1375-1383.
- [3] C.J. Yoon, H.G. Ko, M.S. Bang, H.B. Kwon (2018) An Analysis of the Rail Wear Measurements for the Prediction of Particulate Matter Emission in Urban Railway, *Journal of Korean Society for Urban Railway*, 6(4), pp. 339-350.