

현정시법을 이용한 자기부상열차 선로용 궤도틀림 계측장치 개발

Development of Measuring Device for Track Irregularities of Magnetic Levitation Train with String Survey Method

임지훈*, 공부성*, 김기정**†, 한형석**

Jihoon Lim*, Busung Kong*, Ki-Jung Kim**†, Hyung-Suk Han**

Abstract In Magnetic Levitation Train(Maglev), cross section of track is different from common track running on rail surface, because Maglev vehicle is running upon track levitated. Therefore the measuring device for track irregularities using in common tracks cannot satisfy the accuracy of criteria for track irregularities for Maglev. In this study, the cross section of Maglev track is analyzed to find the measuring point which can describe the track precisely and designed new measuring device by String Survey Method. The device is focused on the usability and accuracy and can measure not only horizontal and vertical but also top-bottom irregularities and torsion of track.

Keywords : Maglev, Track Irregularities, String Survey Method, Measuring Device

초 록 자기부상열차의 궤도는 차량이 궤도 위를 부상하여 주행하는 형태이기 때문에 차량이 레일 위를 굴러가는 일반철도와 궤도 단면형상이 다르다. 따라서 일반철도에서 사용하는 현정시법을 이용한 궤도틀림 계측장치는 자기부상열차의 궤도 특성을 반영하지 못하여 궤도틀림 기준과 정확도를 만족하지 못한다. 본 연구에서는 자기부상열차 궤도의 단면형상을 분석하여 측정기준면을 선정하고 현정시법을 이용한 궤도틀림 계측장치를 고안하였다. 본 장치는 사용성과 정확성을 중점적으로 고려하였으며, 수평/수직 틀림뿐만 아니라, 궤간, 레일 상하단차 및 평면성 틀림도 계측할 수 있도록 추가적인 장치도 제안하였다. 개발된 장치는 기계연구원 시험선에 대해 시범계측을 수행하고 사용성을 검증하였다.

주요어 : 자기부상열차, 궤도틀림, 현정시법, 계측장치

1. 배경

열차는 그 주행 안정성이나 승차감 등이 선로의 상태에 따라 크게 좌우된다[1][2]. 특히 자기부상열차의 경우, 열차의 주행원리 및 특성상 일반철도 선로와 비교했을 때 그 기준이 엄격하고 시공 및 유지관리에 있어서 상당한 정밀도가 요구된다. 하지만 자기부상선로는 그 형상이 일반 열차와 크게 다르고 측정 위치도 일반선로와 차이가 있기 때문에, 기존의 일반철도용 궤도틀림 측정장비로는 측정에 제한이 따른다. 이에 따라 자기부상선로는 궤도틀림 측정에 있어서 전용의 측정장비를 필요로 한다.

† 교신저자: 한국기계연구원 자기부상연구팀(kkj74@kimm.re.kr)

* (주)브이테크 기술연구소

** 한국기계연구원 자기부상연구팀

2. 자기부상열차 선로

자기부상열차는 일반철도와 달리 주행장치가 선로에 직접 닿지 않고, Fig.1에서 나타내는 바와 같이, 선로의 하면과 차량의 전자석이 끌어당김으로써 부상을 하여 주행한다. 그러나 전자석과 레일간의 간격(부상공극)이 8mm에 불과하여 선로의 틀림이 차량의 주행안정성에 미치는 영향이 매우 크다. 그렇기 때문에 자기부상열차 선로는 Table 1에서 나타내는 바와 같이 궤도틀림 기준이 엄격하고, 선로 상태의 정확한 평가를 위해 그 근거가 되는 선로 궤도틀림 값을 구하는데 있어서 매우 정밀한 측정이 요구된다.

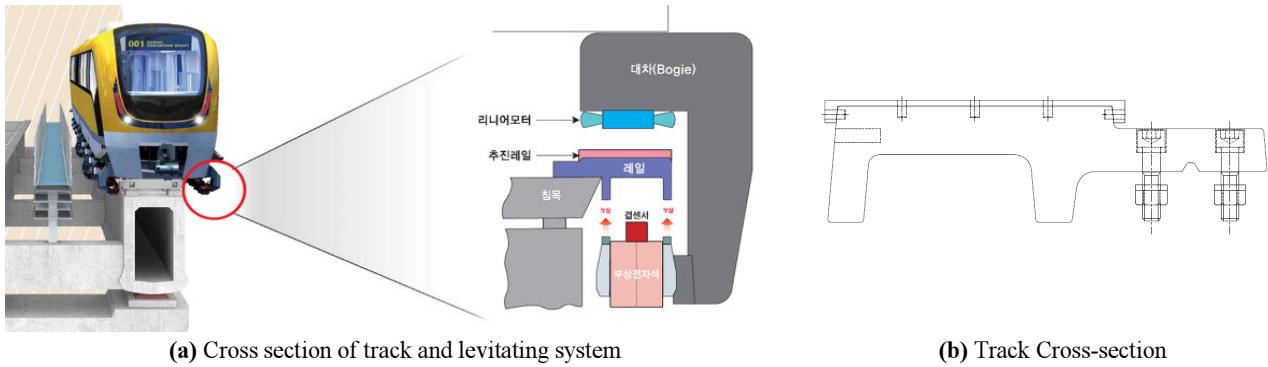


Fig. 1 Cross section of Track and levitating of Malgev

Table 1 Type and criteria of track irregularities for Malgev

구분	정의	개념도	기준
궤간	좌우 양 레일간의 간격 틀림		±4mm
길이 및 면방향	레일 기준선에서 임의의 10m 현에 대한 종거 측정. 레일의 수평, 수직방향에 대한 상대적인 직진성 틀림		±5mm (10m 현 기준)
이음매 단차	레일간 이음매에서 수직 및 횡방향 단차	수직방향 단차 	±1mm
		횡방향 단차 	±1mm (설치시 ±0.5mm)
레일 상하 단차	직선부에서 레일의 설치기준에 대한 좌우레일 간 연직방향 높이의 차		±4mm
좌우 평면성	편측레일의 레일기준면과 일치하는 직선과 상대측 레일과의 높이를 레일 기준면에서 측정한 값		±2mm

3. 기존의 궤도틀림 측정

3.1 기존의 계측장비 및 방법

기존의 궤도틀림 측정에는 일반적으로 ‘고마’ 라고 불리는 계측장치가 활용된다. 고마는 Fig.2-(a)와 같이, 두께 20mm의 목편 혹은 금속조각으로, 이를 이용하여 다음에서 설명하는 방법을 통하여 궤도의 길이방향 및 면방향 틀림을 측정할 수 있다.

궤도틀림의 측정방법으로 고마를 이용한 현정시법이 이용되고 있다. Fig.2-(b)와 같이, 선로 위에 10m 간격으로 2개의 고마를 설치하고 그 위에 처지지 않을 만큼 충분한 장력(3kgf 이상)이 가해진 실을 거치한다. 두 고마의 중앙부(5m 지점)에서 정밀한 자를 이용하여 실과 레일간의 간격을 측정한다. 이를 5m마다 반복적으로 수행함으로써 각 점간의 정밀한 상대값을 계측할 수 있고, 이를 통해 전체적인 선로의 틀림 상태를 파악할 수 있다[5].

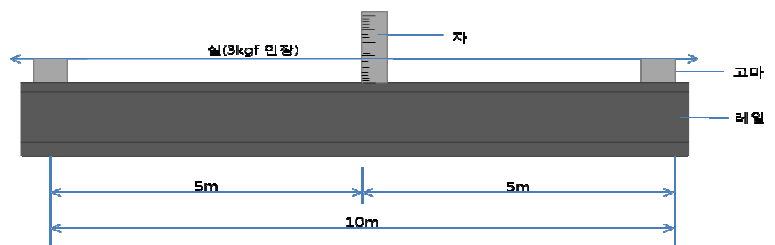
3.2 기존 궤도틀림 측정방법의 적용

일반철도의 경우, 궤도틀림의 기준점이 레일 상면이기 때문에 고마를 이용한 현정시법으로 쉽게 측정이 가능하지만, 자기부상열차는 선로 형상이 일반철도와 크게 다르고 선로 내부에 기준점이 존재하기 때문에 기존의 방법으로는 측정이 불가능하고, 현재는 측정기준점이 아닌 선로 상면을 기준으로 하여 계측을 실시하고 있다.

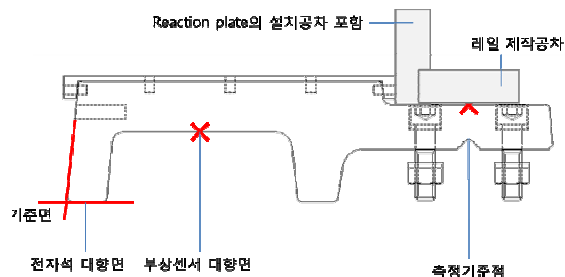
그러나 레일 상면에 설치된 Reaction plate(추진레일)는 레일에 비해 가공정밀도가 매우 떨어져 그 위에서의 측정은 불가능하다. 그래서 Fig.2-(b)와 같이, 레일의 고정부 상면에서 측정을 실시하고 있으나, Reaction plate와 고마 간의 간섭, 레일과 Reaction plate의 형상 차이에 따른 설치 공차 등으로 인해 기존의 고마로는 정확한 계측이 불가능하다.



(a) Koma



(b) Scheme of String Survey Method



(c) Application in Malgev Railway

Fig. 2 Present track irregularities measurement device and application for Maglev track

4. 자기부상열차 선로용 궤도틀림 계측장비

4.1 개요 및 특징

본 연구에서는 자기부상열차 선로 특성에 맞게 고마를 개선하는 방향으로 계측장비를 개발하였다. 자기부상열차 선로용 궤도틀림 계측장비는 Fig. 3에서 나타내는 바와 같이, ‘기준블록’ 및 ‘측정블록’의 두 종류로 구성되어 있으며, 각각 2개, 1개씩 총 3개 1세트로 활용한다. 기준블록과 측정블록은 각각 기존의 측정방법에서의 고마와 자의 역할을 한다. 본 계측장비는 선로의 측정기준면에 마그네틱 베이스를 이용하여 장착하고, 기존의 고마와 달리 길이 및 면방향 틀림뿐만 아니라 레일 상하 단차, 궤간의 측정이 가능하며 측정방법은 다음과 같다.

4.1.1 길이 및 면방향 틀림

기준블록을 10m 간격으로 설치하고 그 중앙지점에 측정블록을 설치한다. 기준블록 위에 충분한 장력이 가해진 실을 거치하고, 실의 위치에 맞게 측정블록 상부의 스테이지 블록을 조절 후 스테이지블록의 눈금을 읽어낸다. 이때 측정된 수평방향의 값을 길이방향 틀림, 수직방향의 값을 면방향 틀림 값으로 한다.

4.1.2 레일 상하 단차

측정블록의 반대편에 기준블록을 설치하고 양 블록 상부에 레벨바를 거치한다. 레벨바 상부에 레벨러를 설치하여 레벨바의 각도를 측정하여 그 값이 0(곡선구간에 대해서는 설계값)이 아닐 경우 측정블록의 높이를 조절하여 0에 맞춘다. 이때 조절한 값을 레일 상하단차 값으로 한다.

4.1.3 궤간

레일 상하단차와 같이 설치하여 레벨바 상의 눈금과 블록 눈금간의 차이를 자 등의 측정기구를 이용하여 측정하고 측정된 거리와 레일의 제작공차를 고려하여 궤간을 산출한다.

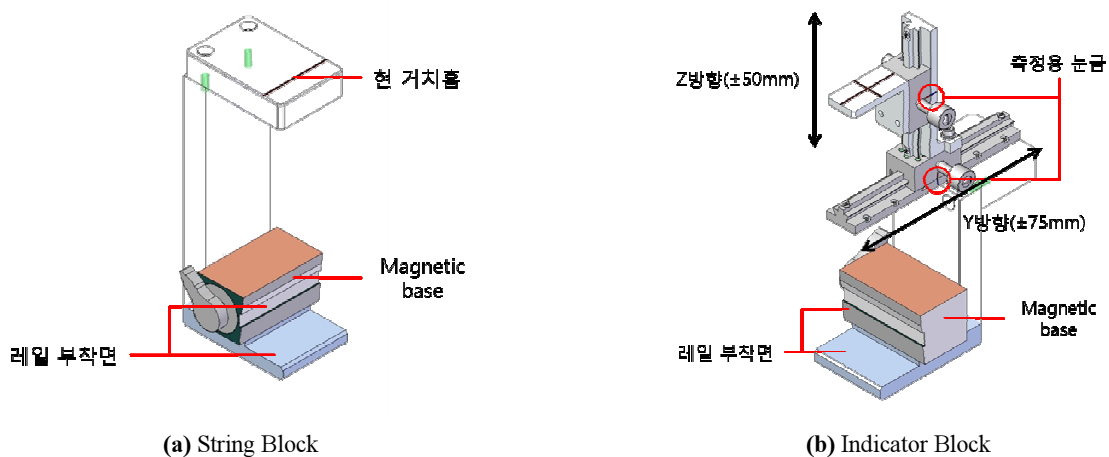


Fig. 3 Measuring Device for Track Irregularities in Malgev track

4.2 자기부상열차 선로계측 사례

자기부상열차 선로용 궤도틀림 계측장비를 이용하여, 대전 기계연구원 시험노선의 일부구간에 대하여 선로계측을 실시하였다. 대상구간은 직선구간(P44~P48) 일부로 하여 계측하였으며, 내외측 레일 모두에 대하여 길이 및 면방향 틀림 계측을 실시하였다. 계측범위는 100m구간을 측정하였으며 그 결과는 Table 3 및 Fig. 4에서 나타내는 바와 같다.

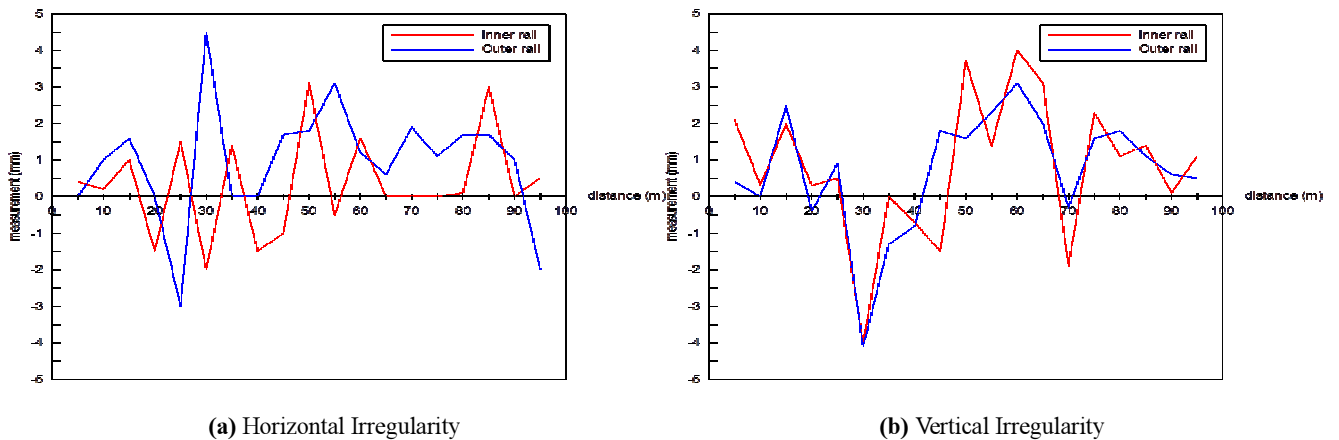


Fig. 4 Result of Measurement in Test Line of KIMM

5. 결론

본 연구에서는 현정시법을 이용한 자기부상열차 선로용 궤도틀림 계측장비를 개발하였고 시험을 통해 그 사용성을 검증하였다. 측정값의 신뢰성에 대해서는, 인천공항 시범노선에서 일부 구간에 대하여 기존의 계측방법을 통하여 궤도틀림 계측을 실시한 결과가 있기 때문에, 추후 동일 구간에 대해 본 궤도틀림 계측장비로 계측을 실시하여 그 값을 비교하여 본 계측장비의 효용성을 검증할 것이다.

본 계측장비를 활용하게 될 경우, 자기부상열차 선로에 대하여 효과적인 유지보수가 가능해지고, 그에 따라 차량의 승차감 및 안정성 확보가 가능해질 것으로 보인다.

후기

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2013년도 인천공항 자기부상철도 선로구조물 성능평가 사업의 지원으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 엄범규, 김종오, 양경탁, 이희성 (2008) 곡선부 통과 열차의 주행안전성 평가에 관한 연구, 한국철도학회 2008년도 춘계학술대회, 대구, 한국철도학회 논문집 제10권 제6호 2007년, pp. 492-498.
- [2] 박도영, 한형석, 신병천 (2008) 도시형 자기부상열차 실용화 사업현황 및 차량-궤도 상호 작용, 대한토목학회지 Vol. 56, pp16-22.
- [3] 서일, 이경복, 장석균, 백진기 (2013) 자기부상열차 선로시설물 점검시스템 개발을 위한 연구, 한국철도학회 2013년도 춘계학술대회, 강원도, 한국철도학회 논문집, pp1372-1377.
- [4] 서사범 (2009) 승차감 향상을 위한 궤도 관리, 대한토목학회지 Vol. 57, pp. 64-69.
- [5] 신병천, 김원중, 박도영, 백진기, et al. (2011) 도시형자기부상열차 실용화사업 소개, 철도저널, 제14권 제2호, pp.4-88.