

## 자기부상철도 분기기 신뢰성 향상 방안 연구

## Study on the Improvement of Reliability for Urban Maglev Turnout

서일\*<sup>†</sup>, 양성용\*, 황종균\*\*Il Seo\*<sup>†</sup>, Sung-yong Yang\*, Jong-Kyun Hwang\*\*

**Abstract** Maglev articulated girder switch is a turnout system that moves at a constant angle to change the path of the train. If an error is detected on the turnout career change or direction can cause derailment of trains as well as trains crash. The signal failure cases in the traditional wheel-on-rail system occupies a large proportion, in the case of magnetic levitation railway turnout using an electrical sensor also operates a high probability of train delays and accidents due to signal failure. In this paper, analyzing the failure case of the railway and urban maglev switches and then we present the position of the turnout detection methods for improving the reliability of the magnetic levitation railway switch.

**Keywords** : Urban Maglev, Articulated Girder Switch, Reliability, Position detection

**초 록** 자기부상철도 분기기는 일반철도 분기기와는 다르게 굴절식 거더가 일정 각도로 이동하여 열차의 진로를 바꿔주는 분기기 시스템으로 분기기 진로의 설정이나 방향 검지에 오류가 발생할 경우 열차의 탈선뿐만 아니라 추락에 의한 대형사고의 발생 가능성이 크다. 또한 일반철도 분기부에서 발생하는 장애사례를 살펴보면 신호장애가 많은 비중을 차지하고 있으며 분기기 위치 검지에 전기적 센서를 사용하는 자기부상철도 분기기의 경우도 신호 장애로 인한 운행지연 및 사고 발생 확률이 높다. 본 논문에서는 일반철도 분기기와 자기부상철도 분기기의 장애발생 사례를 분석하고, 이를 통해 신호장애를 감소시키고 신뢰성 향상을 위한 자기부상철도 분기기의 위치검지 개선 방안을 제시하고자 한다.

**주요어** : 자기부상열차, 굴절식 거더분기기, 신뢰성, 위치검지

## 1. 서 론

도시형 자기부상열차 시범노선에 적용하기 위해 자기부상열차의 진로를 변경할 수 있는 굴절식 거더 형태의 자기부상철도 분기기가 국내에서 개발되었다. 기존 일반철도의 경우 레일두부에서 지면까지 약 17cm 정도에 불과하나 자기부상열차의 경우 분기기구간에서 탈선시에 약 2m 의 높이에서 추락에 의한 2차 사고의 발생 가능성이 크다. 또한, 철도 분기부에 발생하는 장애사례를 살펴보면 신호장애에 의한 운행지연 및 사고의 발생 확률이 높으며 인천 자기부상열차 시범노선의 분기기 역시 초기설치 불량에 의한 장애를 제외하면 신호장애가 높은 비중을 차지하고 있어 이에 대한 개선안이 필요하다. 본 논문에서는

† 교신저자: 대전광역시도시철도공사 연구개발원(westone1@nate.com)

\* 대전광역시도시철도공사 연구개발원

\*\* (주)대명엔지니어링

일반철도와 자기부상철도 분기기의 장애사례를 분석하고 이를 토대로 자기부상철도 분기기의 신뢰성 향상을 위해 굴절식 거더 분기기의 위치검지 개선 방안에 대하여 제안한다.

## 2. 본 론

### 2.1 철도분기기의 장애사례 분석

#### 2.1.1 한국철도공사 선로전환기 장애 발생 사례

한국철도공사에서 발생한 분기기 관련 고장 사례는 1996년부터 2005년까지의 자료를 기초로 분석하였다. 한국철도공사에서 발생하는 신호제어설비의 장애발생은 신호기, 선로전환기, 궤도회로, 전원장치, 연동장치, 기타로 분류할 수 있으며 텡레일의 밀착을 위해 사용되는 밀착검지기는 크게 기계식 밀착검지기 2종과 최근에 고속선 및 일반선에 가장 많이 사용되는 근접식 밀착검지기가 있다. 근접식 밀착검지기는 자기부상열차 분기기에 적용된 근접센서를 사용하여 운용하고 있다.

Table 1 Fault of Signal Device

구 분	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	최근 5년 평균치
신호기	1	3	-	6	1	6	-	3	3	2	2.8
선로전환기	13	4	5	8	5	25	14	7	16	14	15.2
궤도회로	7	4	2	9	5	18	10	11	5	13	11.4
전원장치	5	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1.6
연동장치	12	13	1	4	11	12	14	9	-	12	9.4
기타	6	3	5	4	7	12	17	13	17	15	14.8
계	43	28	11	32	31	5	57	54	43	57	43.2

#### 2.1.2 근접식 밀착검지기 장애 사례 분석

한국철도공사 성북사업소 구내에서 발생한 근접식 밀착검지기 장애발생건수는 센서와 제어부 포함 설치수량 109개 중 25건(22%)이 발생하였고, 그중에 센서는 19건(76%), 제어부는 6건(24%)의 장애가 발생하였다. 장애의 발생 원인을 보면 낙뢰 및 이상전압에 의한 것이 8건(32%), 기기불량이 17건(68%)으로 나타났다. 그리고 전자부품이 노상에 항상 노출되어 외부 온도변화와 강우, 강설의 영향을 직접적으로 받음으로써 전자부품의 기대수명을 저하시키고, 유지보수 비용이 증가하는 것으로 조사되었다.

## 2.2 자기부상철도 분기기 장애사례 분석

인천 자기부상열차 시범노선에 분기기가 설치된 이후 2012년 12월부터 2013년 11월까지 발생한 장애사례 현황을 토대로 자기부상철도 분기기의 장애발생 원인에 대해 분석하였다.

Table 2 Fault of Incheon Maglev Turnout

구분	2012	2013								계
	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8~11월	
장애횟수	4	2	6	5	3	2	2	4	10	38

총 38건의 장애발생 사례 중에 원인이 불명확한 사례를 제외한 나머지 사례들에 대해 원인별로 분석을 하였다. 클램프모터와 구동모터의 경우 초기 설치불량에 의한 클램프 기어박스의 베어링 파손 및 고정나사 풀림 등의 장애사례가 발생하였고, 기후변화에 대한 대책이 미비하여 겨울철 강설에 따른 구동모터의 결빙으로 동작불능의 사례가 발생하였다.

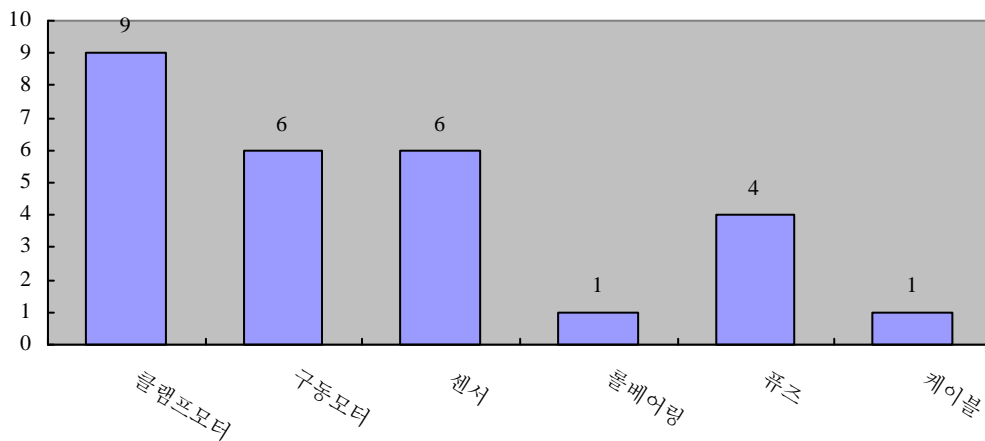


Figure 1 Failure cause of the Urban Maglev Turnout

클램프모터와 구동모터의 초기 고장을 제외하며 위치센서의 장애가 가장 많이 발생하였으며 위치센서의 고장원인은 센서가 고정된 프레임 및 분기기 등이 겨울철에 온도변화에 따른 신축으로 감지범위를 벗어나면서 동작오류가 발생하였고, 장애 원인을 알 수 없는 오류가 발생하는 경우가 많았는데 이는 한국철도공사의 장애사례에서 살펴본 것처럼 낙뢰 및 이상전압에 의한 위치센서의 오동작인 것으로 판단된다. 인천 자기부상철도 분기기의 경우 분기기 1개소당 총 33개(3way 분기기 기준)의 근접센서가 설치되어 굴절식 거더의 위치검지 및 클램프의 쇄정과 해정 등을 검지하는 중요한 역할을 수행하고 있으나 분기기 1개소당 설치된 근접센서의 수량이 많아 고장발생의 확률 또한 증가하게 된다.



Figure 2 Failure of Detecting Sensor

### 2.3 위치검지센서의 신뢰성 향상 방안

인천 자기부상철도 분기기의 신뢰성 향상을 위해 장애발생의 확률이 높은 위치검지센서의 개선 방안에 대하여 검토하였으며 센서의 신뢰성을 높이기 위해 기존 일반철도 분기기에서 신뢰성이 입증된 회로제어기를 근접센서 대신 적용하는 방안과 근접센서 대신 회로제어기를 적용할 경우 전체센서의 설치 수량 변화에 대해서도 분석하였다.

#### 2.3.1 지상부 쇄정센서 개선안

자기부상철도 분기기의 지상쇄정부는 각 거더의 이동을 클램프 핀에 의해 최종적으로 쇄정하여 열차의 운행 또는 기타 하중에 의해 분기기가 이동하지 못하도록 분기기 거더를 고정시키는 역할을 한다. 지상부 쇄정센서 개선안은 지상쇄정부에 설치된 근접센서를 대신하여 회로제어기를 슬라이딩 방식으로 적용하여 클램프 핀의 쇄정과 해정을 감지한다.



Figure 3 Interlock Sensor

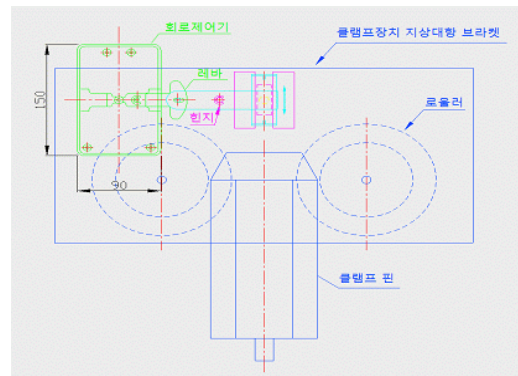


Figure 4 Improvement Proposal I

#### 2.3.2 클램프 감지센서 개선안

클램프 감지센서는 클램프 핀의 전진과 후진 동작을 감지하여 클램프의 이동거리를 제한함으로써 모터 및 클램프의 과손을 방지하는 역할을 한다. 클램프 감지센서 개선안은 클램프 상부에 톱니기어를 적용하여 회로제어기와 연결하는 방식으로 기존에 설치된 클램프 감지센서 3개를 회로제어기 1대로 대체하는 효과가 있다.



Figure 5 Detecting Sensor

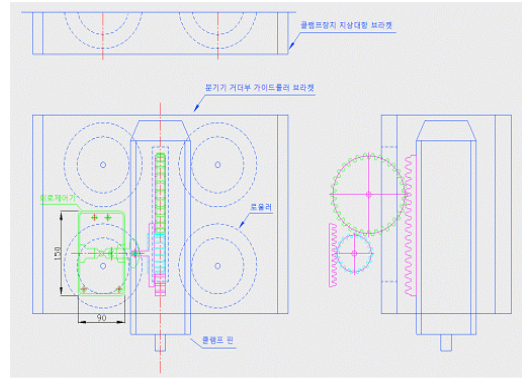


Figure 6 Improvement Proposal II

### 2.3.3 거더위치 확인센서 개선안

거더위치 확인센서는 각 거더의 끝단에 설치되어 거더의 굴절각도와 굴절한도를 정하여 관절이 파괴되는 것을 방지하고 분기방향이 올바르게 설정될 수 있도록 가이드 역할을 한다. 거더위치 확인센서의 개선안은 회로제어기를 분기기 기초부에 설치하여 회전축을 이용하여 거더의 이동을 감지하는 방안으로 회로제어기와 거더의 감지부에는 열선 등을 설치하여 강설에 따른 오동작을 방지하고, 기타 이물질이 삽입되지 않도록 보호용 케이스 등의 설치가 필요하다.

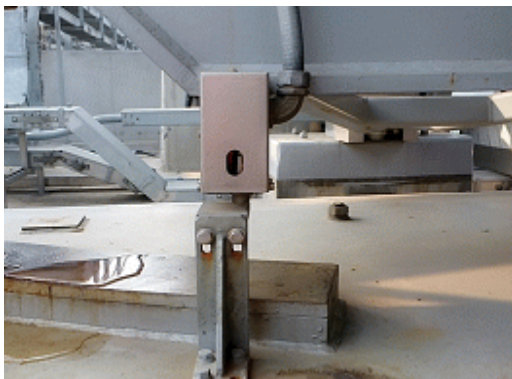


Figure 7 Positioning Sensor

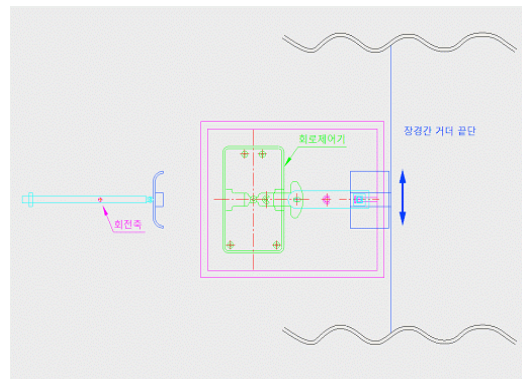


Figure 8 Improvement Proposal III

## 2.4 기존분기기와 개선안의 센서 설치수량 비교

자기부상철도 분기기에 설치되는 근접센서는 개발 초기에 안전성을 확보하기 위하여 필요수량보다 과다하게 적용되었으며 필요보다 많은 센서는 분기기 운영에 신뢰성을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 앞서 살펴본 센서 개선안을 적용시 변화되는 센서의 개수에 대하여 비교해 보았다. 적용방안 I은 지상부 쇄정센서와 클램프 감지센서를 회로제어기 1대로 일원화시키는 방안이며 적용방안 II는 지상부 쇄정센서를 2.3.1의 개선안대로 적용하고 클램프 감지센서 3개를 회로제어기 1대로 대체하여 센서를 감소시키는 방안이다. 두개의 방안 모두 거더위치 확인센서는 장경간 끝단에만 적용시켜 단경간 거더에도 적용했던 거더위치 확인센서를 없애고 근접센서의 설치수량을 감소시키는 방안으로 적용해 보았다.

**Table 3** Comparison of sensor quantity

구 분	지상부 쇄정센서	클랩프 감지센서	거더위치 확인센서	합 계
현재(3-WAY)	12 개	12 개	9 개	33 개
적용방안 I	-	4 개	3 개	7 개
적용방안 II	12 개	4 개	3 개	19 개

자기부상철도 3-WAY 분기기의 성능 개선을 위하여 기존의 근접센서 대신에 회로제어기를 활용한 개선안 적용 시 센서의 수량은 현저히 감소가 가능하나 두 개의 적용방안 모두 현장 테스트를 통한 검증과 보완은 필수적이다. 따라서 향후 지속적인 테스트를 통해 좀 더 안정적이고 효율적인 적용안을 도출하여 자기부상철도 분기기에 적용해야 할 것이다.

### 3. 결 론

국내 기술로 개발된 자기부상철도 분기기는 인천시범노선에 적용되었으나 상용화를 위해서는 개선되어야 할 부분이 많다. 본 논문에서는 자기부상철도 분기기의 근접센서 대신에 기존 철도 분기기의 회로제어기를 활용한 개선안에 대하여 제시하였다. 개선안은 근접센서 오류에 의한 장애를 감소시켜 자기부상철도 분기기의 신뢰성과 안전성 향상에 기여할 것으로 예상된다.

### 참고문헌

- [1] S.Y. Yang, I. Seo, J.G. Hwang, (2014) Switch for the improvement of magnetic levitation research for improving maintainability, *2014 Autumn Conference of the Korean Society for Railway*
- [2] J.H. Yoo, M.H. Shin, (2007) A study on the Prevention of Malfunction by Developing Mechanical Sensing device of Railway Point, *2007 Spring Conference of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*