

도시형 자기부상차량용 분기장치의 운용과 개발 현황

이종민, 조흥제, 김동성, 김재동
한국기계연구원 시스템엔지니어링연구본부 기계시스템신뢰성연구센터

Operation and Development of Switching System for the Urban Transit MagLev

Jongmin Lee, Hungje Cho, Dongsung Kim, Jaedong Kim
Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM)

Abstract - 철차륜방식의 궤도시스템과 마찬가지로 자기부상차량 시스템 역시 정해진 경로로 주행하기 위한 분기장치가 반드시 필요하고, 대차가 궤도를 감싸고 주행하는 외형적 특성으로 분기장치의 구조가 커지고 동작이 복잡해지는 특징을 가지고 있다. 본 논문은 도시형 자기부상차량 시스템에 적용가능한 분기장치 형태들을 제안하고 있으며, 한국기계연구원의 도시형 자기부상차량 시험선로에 설치된 평행이동식 분기장치에 대한 설치 사양 및 운용현황 등을 설명하고 현재 개발이 진행중인 고속동작용 다관절 굴절식 분기장치의 1/5 scale 축소모형에 대한 개발현황 및 full scale 굴절식 분기장치로 확장할 때의 적용성 등을 제안하고 있다.

1. 서론

분기장치란 차량이 정해진 행선지에 도달하도록 차량의 진행방향에 맞추어 궤도를 이동시키고 설정하는 역할을 수행하는 장치로서 다음과 같은 용도 등에 적용된다.

- 1) 차량의 출발지 또는 도착지에서 차량 전개시
- 2) 차량운행 중 정해진 경로로 진행방향 변경시
- 3) 차량운행 중 고장발생시 전체시스템의 정상운행을 위한 긴급대피시
- 4) 차량 조차장과 유지보수등 등의 진입 필요시

일반적인 철차륜 시스템과 마찬가지로 자기부상차량 시스템 역시 반드시 분기장치를 필요로 하며, 자기부상차량용 분기장치의 경우에는 대차가 궤도를 감싸고 주행하는 차량과 궤도의 외형적 특성에 의하여 분기장치의 구조와 동작이 복잡해지고 이동거리가 길어지며 대형화되는 특징이 있다. 이러한 분기장치의 특징으로 실용화에 적용가능한 모델을 개발하는데에는 많은 시간과 노력이 소요되고 개발된 시제품에 대한 반복시험을 통하여 시스템의 신뢰성 및 안정성 등을 입증해야만 한다. 이에 한국기계연구원에서는 도시형 자기부상차량 시험선로 건설시에 분기장치의 필요성을 인식하고 평행이동방식을 설치하여 운용하고 있으며 최근에는 실용화시에 적용을 목표로 고속동작용 모델의 개발을 추진하여 1/5 scale 다관절 굴절식 분기장치의 개발을 완료한 상태이며 full scale 모델로의 확장을 위하여 보완 및 개선연구를 수행하고 있다.

2. 본론

2.1 분기장치의 적용사례

현재 상전도 흡입식 자기부상차량을 개발 중에 있는 나라들 중 우리나라와 독일, 일본 등 3개국은 분기장치가 설치된 시험선로나 상용선을 보유하고 있다. 독일은 엠슬란트에 있는 시험선로에 초고속 자기부상차량에 적합한 강제급행식이 설치되어 있고, 중저속용으로는 일본의 나고야 시험선로와 아이치 국제박람회를 연결하는 상

용선에 굴절식이 설치되어 있으며 우리나라는 대덕연구단지 내 한국기계연구원 도시형 자기부상차량 시험선로에 평행이동식 분기장치가 설치되어 있다.

2.2 평행이동식 분기장치

평행이동식 분기장치는 일정한 길 이상의 직선구간과 곡선구간 거더빔을 일체가 되도록 제작·설치하여 2개의 거더빔이 직선과 곡선이 교대로 설정되도록 직선운동을 수행하는 방식이다.

2.2.1 구성 및 동작방법

Fig. 1에서 보이는 것처럼 평행이동식 분기장치는 기초토목부와 궤도부, 고정과 동작에 사용되는 기계장치들로 구성되어지며, 기계장치들은 크게 3부분으로 분류된다.

- 1) 간섭방지장치
- 2) 체결장치
- 3) 구동장치

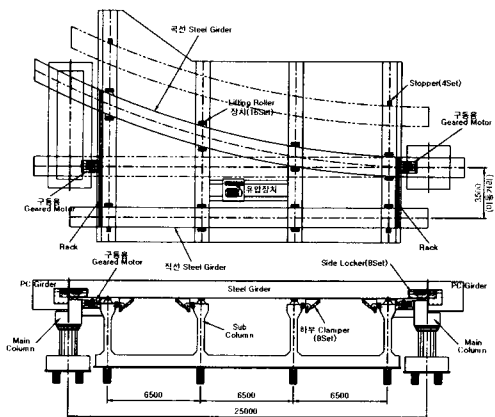


Fig. 1 평행이동식 분기장치의 구성도

간섭방지장치는 이동단 거더빔의 이동시에 고정단의 거더빔과 발생할 수 있는 간섭을 방지하기 위하여 설치된 것으로 Power Rail 절체장치만이 적용되고 있다. 체결장치는 이동단의 거더빔이 다른 구간의 거더빔처럼 교차장치에 고정된 구조물이 아니고 자중에 의해서만 토목 기초부 위에 거치된 구조물므로 차량의 통과시 발생할 수 있는 진동의 방지나 이동동작의 완료 후 수직과 횡방향단차를 최소화시키기 위하여 적용된다. 체결장치로는 이동단 거더빔의 하면을 하부 주행레일에 강제 압착시키고 거더빔의 횡방향 변형을 방지하는 하부클램프장치와 이동동작의 완료 후 이동단 궤도의 끝단부를 고정단 궤도의 끝단부와 일치시켜 수직과 횡방향단차를 최소화시키는 Side Locker 장치가 있다. 구동장치는 일체화된 2

개의 거더빔을 직선운동시켜 정해진 거리만큼 이동시키는 장치로서 토목기초구조물 위에 설치된 주행레일을 이송용 대차에 설치된 16개의 휠이 굴러가는 방식을 사용하고 있다. 이때 사용되는 구동방법은 감속기어가 내장된 전동기의 축에 설치된 피니언과 거더빔에 설치된 랙의 상호운동에 의하여 직선운동이 수행되도록 하였다. 거더빔 하부에 취부된 이송용대차는 고정시에는 주행레일과 면접촉되어 있지만 이동시에는 이송용대차의 양끝단에 설치된 휠들을 유압으로 2mm 정도 하강시켜 모든 구조물이 주행레일과 면마찰이 발생하지 않고 굴림마찰에 의하여 동작되도록 하였다.

2.2.2 동작순서

평행이동식 분기장치의 구동은 인버터를 사용하여 전동기의 가감속을 조절하고 있으며, 간섭방지장치와 체결장치들은 각 단계마다 리미트스위치의 완료신호를 받아 PLC에서 조정되도록 하고 있다. 평행이동식 분기장치에 대한 동작순서를 Fig. 2에 제시하였다.



Fig. 2 평행이동식 분기장치의 동작순서

2.2.3 문제점 및 해결방안

평행이동식 분기장치는 주행시 차량과의 간섭을 고려하여 3.5m를 이동하도록 하였으나 동작시간이 100초 정도가 소요되고 시스템 자체가 차지하는 공간이 너무 크며, 자중이 120톤이나 되기때문에 구동부의 용량이 커지는 등 배차간격이 짧고 적은 공간을 점유해야하는 도심에서는 실용화 선포의 본선구간에 적용하기가 적절치 않은 시스템이다. 또한 본선구간이 복선으로 건설될 경우에는 시스템의 용적과 중량 및 기계장치류 등의 적용량이 2배로 늘어나기 때문에 더욱 적용하기가 적절치 않게되는 문제점이 있다. 이에 경량화된 새로운 형태의 고속동작형 분기장치의 개발이 필요로 되어졌으며, 동작시간과 중량, 확장성 등을 고려하여 다양한 검토를 수행한 결과 중저속형 자기부상차량에 가장 적합한 분기장치는 현재 일본에서 적용하고 있는 굴절식 분기장치와 유사한 형태라고 결론지을 수 있었고, 현재 고속동작형 다관절 굴절식 분기장치의 개발을 목표로 1/5 scale 모델에 대한 개발을 완료하여 Full scale 모델에 적용가능도록 보완과 개선연구를 수행하고 있다.

2.3 1/5 scale 다관절 굴절식 분기장치

길이가 짧은 4 개의 거더빔과 1 개의 긴 거더빔을 일렬로 배치하고 각각의 거더빔 단락부가 이송용대차 상부를 공유하도록 설치한 후 회전운동이 가능토록 관절화시켜 동작에 따라 직선과 곡선선형이 교대로 생성되도록 하는 방식이다.

2.3.1 구성 및 동작방법

Fig. 3에서 보이는 것처럼 굴절식 분기장치 역시 기초 토목부와 궤도부, 고정과 동작 등에 사용되는 기계장치들로 구성되며, 기계장치들 역시 크게 아래와 같은 3 부분으로 분류되어진다.

- 1) 간섭방지장치
- 2) 체결장치
- 3) 구동장치

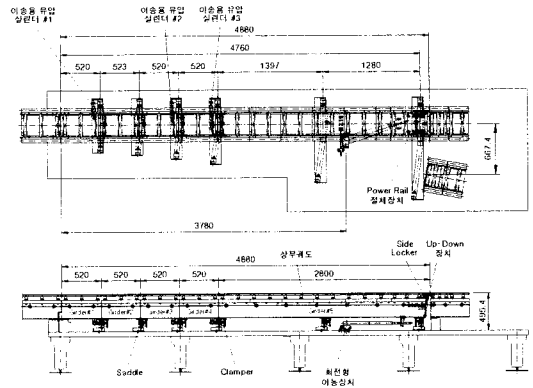


Fig. 3 1/5 scale 다관절 굴절식 분기장치의 구성도

Fig. 4는 곡선구간으로 설정된 상태의 1/5 scale 굴절식 분기장치 모델의 사진을 보여주고 있다.

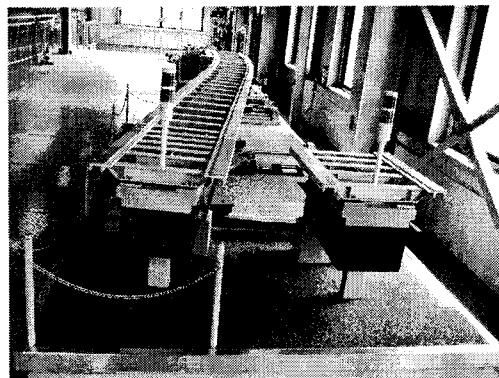


Fig. 4 곡선구간으로 설정된 1/5 scale 굴절식 모델

간섭방지장치는 이동단 거더빔의 이동시에 고정단의 거더빔과 발생할 수 있는 간섭을 방지하기 위하여 설치된 것으로 가장 끝단에 있는 거더빔과 상부궤도부에 설치되었다. 간섭방지장치로는 고정단 상부궤도부 전후진장치와 이동단 끝단 상부궤도부 Up-Down Pivot 장치, Power Rail 절체장치가 적용되어졌다. 또한 동작시에 각각의 거더빔 및 상부궤도부의 회전에 의하여 발생하는 간섭을 방지토록 하였으며 이때 Guide Rail 사이의 최대간격은 공극센서가 감지할 수 범위 이내로 제한되도록 하였다. 체결장치는 이동단의 거더빔 끝단들이 이송용대차에 체결되어 있으므로 이송용대차를 주행레일에 완전히 클램핑시켜 진동을 방지하도록 하였고 이동동작의

완료 후 수직과 횡방향단차를 최소화시키기 위하여 이동단의 상부케도부 끝단을 고정단의 상부케도부 끝단과 체결시키기 위하여 Side Locker를 적용하였다. 구동장치는 짧은 길이로 제작된 거더빔은 이동거리가 짧기 때문에 유압실린더를 각각의 거더빔 하면에 직결하여 정해진 거리만큼 이동되도록 하였고 긴 길이로 제작된 거더빔은 유압실린더와 래프 피니인, 링크를 사용해서 유압실린더의 작은 스트로크로 긴 거리의 이동이 가능한 회전운동이 수행되도록 구성하였다. 이송용대차의 동작케적이 원운동을 수행하므로 주행레일 역시 산출된 동작케적에 따라 주행용 휠이 이탈되지 않도록 설치하였고, 이송용대차에 설치된 휠은 회전운동을 충분히 감당할 수 있도록 자동조심되는 구조로 하였다.

2.3.2 동작순서

1/5 scale 굴절식 분기장치의 구동은 유압시스템을 사용하고 간섭방지장치와 체결장치들은 공압시스템을 사용하고 있다. 간섭방지장치와 체결장치들은 각 단계마다 근접센서의 완료신호를 받아 Fig.5와 같은 동작순서에 의하여 동작되도록 PLC로 조정하고 있다.

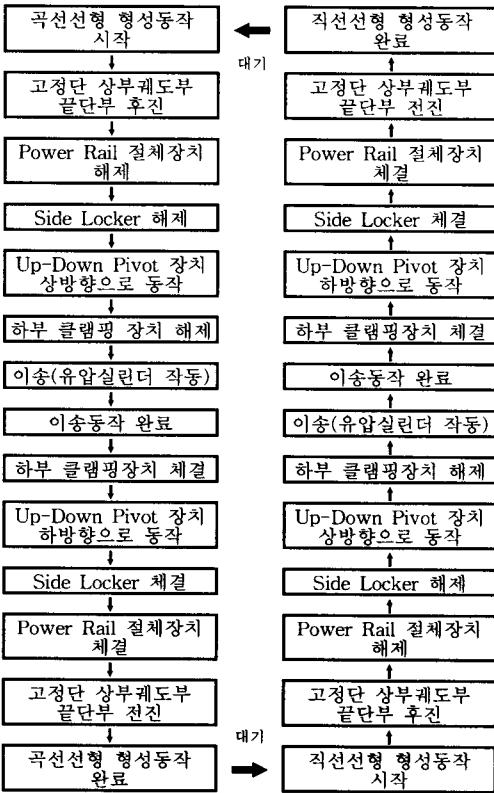


Fig.5 1/5 scale 굴절식 분기장치의 동작순서

2.3.3 평행이동식과 굴절식 분기장치의 비교

위에서 설명한 평행이동식 분기장치와 굴절식 분기장치의 장단점 및 기타 사항들을 비교하여 표1에 제시하였다.

표 1 평행이동식과 굴절식 분기장치의 비교

항목	평행이동식	굴절식
장점	<ul style="list-style-type: none"> 구조 단순 제작비 저렴(상대적) 	<ul style="list-style-type: none"> 중량 작음 동작시간이 짧음 확장성 큼
단점	<ul style="list-style-type: none"> 중량 과다 동작시간 많이 소요 확장성 적음 	<ul style="list-style-type: none"> 구조 복잡 제작비 고가(상대적)

표 1 평행이동식과 굴절식 분기장치의 비교 [계속]

항목	평행이동식	굴절식
동작방법	<ul style="list-style-type: none"> 평행직선운동 	<ul style="list-style-type: none"> 설정평면상 곡선운동
동작시간	<ul style="list-style-type: none"> 100초 	<ul style="list-style-type: none"> Scale 모델 : 10초 Full scale : 25초 이내 (목표치)
자중	<ul style="list-style-type: none"> 120톤 	<ul style="list-style-type: none"> 40톤(Full scale 예상치)
거더빔 수량	<ul style="list-style-type: none"> 직선-곡선 각 1개씩 	<ul style="list-style-type: none"> 직선 짧은 것 4개 직선 긴 것 1개
구동장치	<ul style="list-style-type: none"> Geared Motor 래프 & 피니인 	<ul style="list-style-type: none"> 유압실린더 회전형 링크장치
체결장치	<ul style="list-style-type: none"> 거더빔 Side Locker 구조물 하부 Clamper 	<ul style="list-style-type: none"> 상부케도 Side Locker 주행레일 Clamping
간섭방지장치	<ul style="list-style-type: none"> Power Rail 절체장치 	<ul style="list-style-type: none"> 고정단 상부케도 전후진 Up-Down Pivot 장치 Power Rail 절체장치
주행레일	<ul style="list-style-type: none"> 일직선형상 	<ul style="list-style-type: none"> 동작케도에 맞추어
이송대차	<ul style="list-style-type: none"> 바퀴굴림 유압하강식 	<ul style="list-style-type: none"> 바퀴굴림 곡선추종 자동조심

2.4 Full scale 굴절식 분기장치 적용계획

1/5 scale 굴절식 분기장치를 Full scale 모델로 확장하기 위하여 수행중인 보완과 개선연구는 신뢰성과 동작안정성 확보에 기반을 두고 수행중이며 가장 핵심적인 내용들은 아래와 같다.

- 1) 유압실린더의 동작속도 vs. 거리를 동조화
- 2) 유압실린더 동작에 대한 가감속 패턴 확립
- 3) 공압시스템을 사용한 장치의 유압시스템화
- 4) Up-Down Pivot 장치와 Side Locker 장치 일체화
- 5) 유압시스템과 센서시스템의 이중화
- 6) 복선구간에 대한 확장안 마련 등

위와 같은 사항들에 대하여 보완과 개선연구를 완료한 후 연구결과를 기반으로 한국기계연구원의 도시형 자기부상차량 시험선로 내에 Full scale 모델에 대한 제작·설치 및 반복시험을 통하여 실용화시에 적용가능한 수준의 경량화된 고속동작형 굴절식 분기장치를 개발할 계획이다.

3. 결 론

상진도 흡인식 자기부상차량시스템의 시범사업 및 실용화에의 관심이 높아져 가고 있는 현재 상황에서 자기부상차량의 궤도시스템 중 가장 중요한 서브시스템 중의 하나인 분기장치는 다른 서브시스템과는 달리 아직까지도 실용화에 적용할 수 있는 기술수준에 도달해 있지 못한 상태이다. 자기부상차량용 분기장치를 실용화노선에 적용할 수 있는 수준의 신뢰성과 안정성을 확보하기 위해서는 수많은 인력과 시간, 비용이 투입되어야 하므로 고속동작형 다관절 굴절형 분기장치에 대한 연구개발을 시급히 선행한 후 시험선로 상에서 Full scale 모델에 대한 반복적인 시험과 개선을 통하여 실용화에 적용가능한 모델을 확립해야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] G. Schwindt, P. Gaede, "The Bending Switch", Transrapid MagLev System, pp.32-35, 1989
- [2] 岩谷 満, 鈴木 敬一, "分岐装置", 磁氣浮上鐵道の 技術, pp.157-159, 1992
- [3] 기본사업보고서, "자기부상열차 요소기술 개선 및 최적화 연구 2단계 3차년도", 한국기계연구원, 2005. 2.