

# 고무차륜 AGT 경량전철용 제3궤조 집전장치 특성해석

## Characteristics of 3rd Rail Type Power Collector for the Rubber-Tired AGT Light Rail Vehicle

김연수\*                      정락교\*                      박성혁\*\*                      백남욱\*\*\*  
Kim, Y.S.                      Jeong, R.G.                      Park, S.H.                      Baeg, N.U.

---

### ABSTRACT

This study was aimed to establish the acceptable contact force range between power collector and 3rd rail type conductor rail, and ramp slope for the Korean standardized rubber-tired AGT light rail vehicle. Dynamic behavior of the power collector, contact force variation and interruption in operation, were analyzed in the worst installation tolerance and various ramp slope of the conductor rail. The power collector was designed and manufactured to satisfy the Korean Standardized Specifications of the rubber-tired AGT light rail vehicle.

---

### 1. 서      론

경량전철(Light Rail Transit)의 정의는 각 나라마다 다소의 차이가 있으나, 일반적으로 중량전철(지하철)과 비교하여 적은 수송량을 가진 전기철도로서 지면, 고가구조물, 지하에 독립된 전용노선을 갖거나 기존 도로 상에 공유노선을 갖는 1량 또는 다량편성 운행이 가능한 도시형 전기철도 시스템으로 알려져 있다. 국내에서는 버스와 중량전철(지하철)의 중간 규모의 수송능력(5,000-30,000명/방향/시간)을 가지고, 유연한 노선계획이 가능하여 도시 환경친화적인 첨단 궤도교통시스템으로 정의되고 있다.<sup>(1)</sup>

기존 지하철이 국내의 자체 기술력 없이 도입되어 고장 발생시 신속한 대처가 곤란하고 유지 보수비용이 증가하는 등 일련의 시행착오가 있었다. 따라서 정부의 도시철도 건설정책이 지하철에서 건설비 및 운영 유지비가 대폭 절감되는 경량전철로 전환됨에 따라 이러한 시행착오를 반복하지 않도록 도입 초기단계에서 경량전철시스템 기술개발사업을 추진하게 되었다. 1992년에 수도권과 부산권 교통난 해소를 위해 하남시와 김해시에 경량전철 도입을 정부 시범사업으로 결정한 이후 부산, 용인, 의정부 등에서 경량전철 건설을 민자유치사업으로 추진하고 있으나 사업성 부족, 국내 기반기술 미흡 등으로 인해 사업 추진이 부진하였다. 따라서 경량전철의 국내보급 활성화와 국내 기반기술 확보를 위해 고무차륜 AGT 시스템에 대한 기술개발이 수행되고 있으며, 현재 종합시험평가를 위한 시험선의 건설이 진행 중에 있다.

일반적으로 도심지의 고가궤도에서 운행되는 고무차륜 AGT 차량시스템은 기존 지하철과는 달리 주행궤도의 측면에 설치된 제3궤조 급전선에서 전원을 공급받는다. 따라서 차량에는

---

\* 한국철도기술연구원, 도시철도기술개발사업단 선임연구원, 정회원

\*\* 한국철도기술연구원, 차량연구본부, 선임연구원, 정회원

\*\*\* 한국철도기술연구원, 도시철도기술개발사업단, 책임연구원, 정회원

지하철이나 고속철도의 판타그래프에 해당되는 제3궤조 집전장치가 설치되어야 한다. 이러한 집전장치는 차량 표준사양에 따라 설계, 제작된 바 있으며<sup>(1-3)</sup>, 차량이 운행되는 노선특성과 급전선의 설치조건 등에 따라 집전슈와 급전선의 접촉력을 설정해야 할 필요가 있다.

본 논문에서는 고무차륜 AGT 시험선의 노선특성, 급전선의 설치조건과 진입부(ramp)의 기울기에 따라 개발된 제 3궤조 집전장치의 동특성(접촉력 변화와 이선현상)을 해석하여 적합한 접촉력의 범위와 급전선 진입부의 기울기를 제안하였다.

## 2. 제3궤조 집전장치

### 2.1 설계 요구사항

차량의 안정적인 전원공급을 위해서 제3궤조 집전장치는 동하중이 감소될 수 있는 경량구조이면서 집전슈의 이선과 마모가 최소가 되도록 설계되어야 한다. 또한 크기와 설치위치가 표준사양에서 규정한 차량한계 내에 있어야 한다. 따라서 고무차륜 AGT 차량시스템에 설치되는 집전장치는 다음과 같은 설계 요구사항이 만족되도록 개발되었다.

- 이선현상과 집전슈 마모의 최소화(집전슈 수명은 20,000km 이상)
- 차량 운행 중에 발생하는 충격과 진동의 흡수
- 집전슈와 급전선 사이의 접촉력 변화의 최소화
- 서지로부터 차량 전기장치의 보호
- 용이한 유지보수(용이한 설치)
- 소형, 경량 구조

### 2.2 집전장치의 설계

그림 1과 같이 집전장치는 설계 요구사항과 대차의 구조를 고려하여 차량한계 내에서 설치될 수 있도록 설계하였다. 집전슈의 크기는 집전용량과 차량의 수직변위를 고려하여 급전선을 벗어나지 않도록 설계되었다. 특히 집전슈 브라켓과 이를 지지하는 링크는 관절형태로 설계하여 이선과 접촉력 변화를 최소화할 수 있도록 하였다.

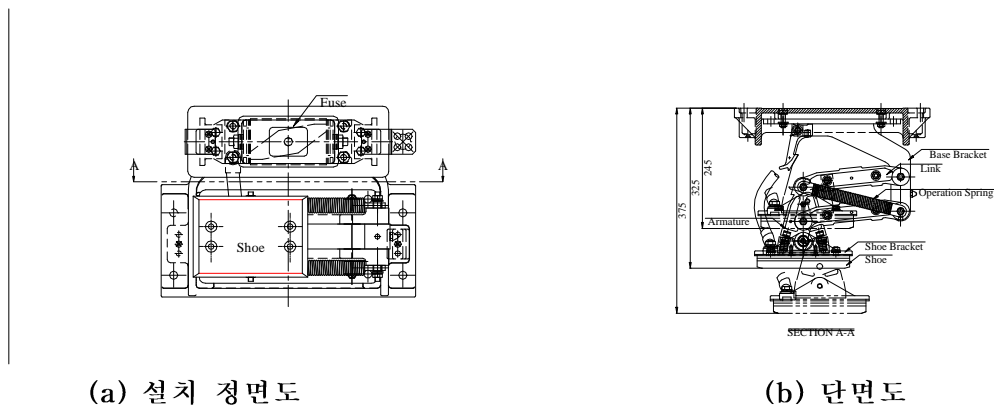


그림 1 제3궤조 집전장치의 설계도

### 2.3 운영환경

그림 2는 고무차륜 AGT 시험선의 선형과 급전선의 설치위치를 보여준다. 급전선의 진입부(ramp section)는 역 A에서와 같이 급전선의 설치위치가 바뀌어야 하는 부분과 분기기가 설치되는 부분에서 위치하게 된다. 역에서의 급전선 진입부는 차량의 속도가 0에 가까우므로 집전슈의 이선이 거의 발생하지 않지만, 그림 2에 표시된 진입부와 같이 차량의 주행부에 설

치될 경우 진입부의 기울기가 집전장치의 동특성에 큰 영향을 미치게 된다. 그림 3은 급전선의 진입부 형상을 보여준다.

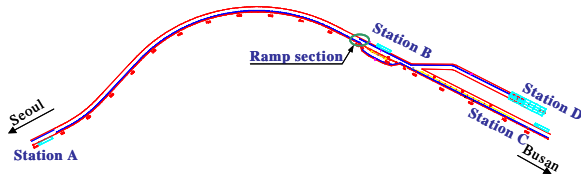


그림 2 제3궤조 급전선 설치위치

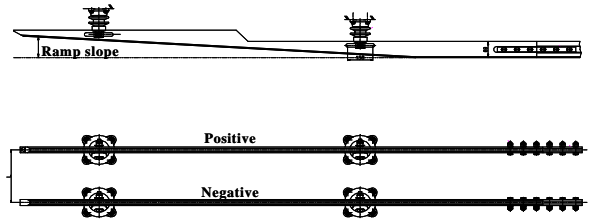


그림 3 제3궤조 급전선의 진입부 형상

### 3. 동특성 해석

#### 3.1 집전장치의 모델링

그림 1과 같이 설계된 제3궤조 집전장치에 대해 상용 동특성 해석 S/W인 RecurDyn을 이용하여 동특성 해석을 수행하였다. 그림 4는 이를 위한 모델링을 보여주며, 표 1은 집전장치 구성요소의 물성치를 보여준다.

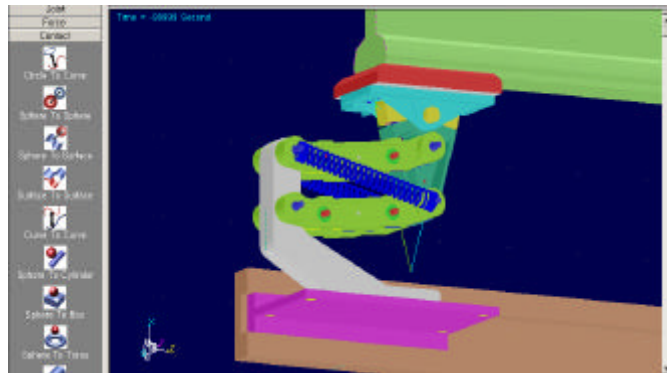


그림 4 제3궤조 집전장치의 동특성 해석 모델링

표 1 제3궤조 집전장치의 구성요소의 재질 및 중량

Components	Material	Mass (kg)
Base bracket	Aluminum (Al 5052)	3.23
Link	Aluminum (Al 5052)	0.264
Armature	Aluminum (Al 5052)	0.6
Shoe	Metalized Carbon	1.45
Shoe bracket	Aluminum (AC4C)	0.54

#### 3.2 급전선의 모델링

급전선은 주행궤도의 측면에 설치되므로 상하, 좌우방향의 설치공차가 존재하게 된다. 차량 주행방향의 좌우방향 설치공차는 집전장치의 동특성에 큰 영향을 미치므로 엄격하게 관리되어야 하며, 상하방향 설치공차는 집전수와 급전선이 서로 어긋나지 않는 범위 내에서 관리되어야 한다. 그림 5는 급전선의 설치조건을 보여주며, 좌우방향의 최대 설치공차는  $\pm 5\text{mm}$ 이다. 또한 그림 6은 급전선의 고정용 기둥이 3m 간격으로 설치되므로 좌우방향 설치공차를 고려한 최악의 설치조건을 보여준다.

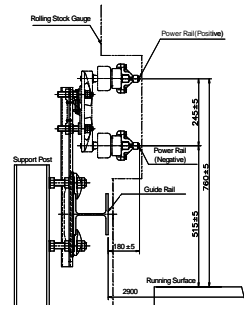


그림 5 급전선의 설치조건

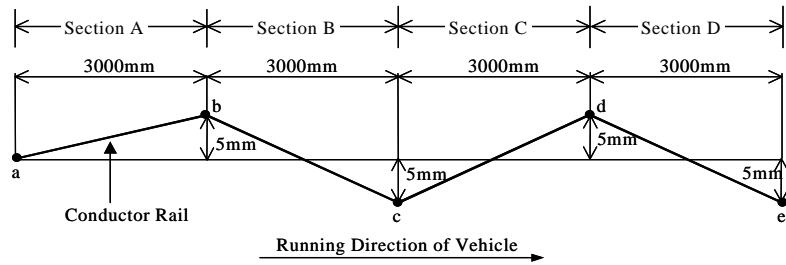
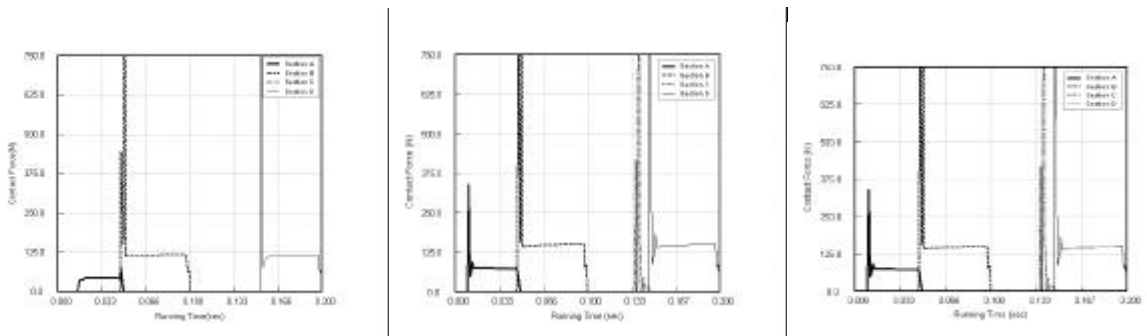


그림 6 급전선의 최악 설치조건

### 3.3 해석결과

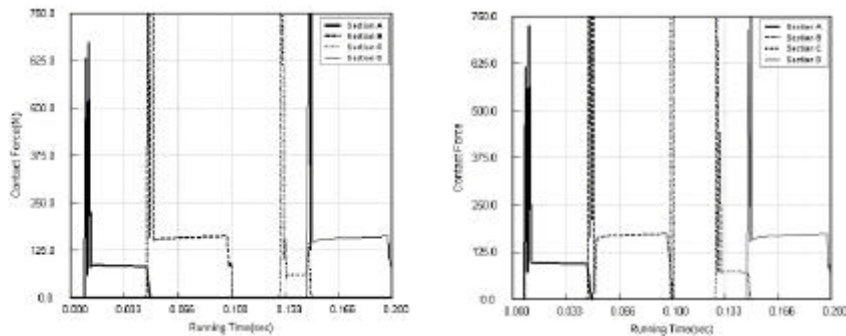
상용 동특성 해석 S/W인 RecurDyn을 이용하여 그림 6과 같은 급전선의 최악 설치조건에서 집전슈와 급전선 사이의 초기 접촉력 변화에 따른 동적 접촉력 변화와 이션현상을 해석하였다. 초기 접촉력은 각각 70N, 90N, 100N, 113N, 125N으로 하였고, 집전장치는 대차의 사행동 없이 직선구간을 60km/h로 주행하는 것으로 가정하였다. 또한 집전슈와 급전선 사이의 마찰계수는 0.2로 가정하였다. 그림 7은 초기 접촉력의 크기에 따른 집전슈의 동적 접촉력 변화를 해석한 결과이다. 집전장치가 그림 6의 점 b, c, d를 지날 때 집전슈에 큰 충격력이 발생하였다. 또한 점 b, d과 같이 차량을 기준으로 급전선의 바깥방향 설치공차는 이션현상에 큰 영향을 미치지 않았지만, 점 c와 같이 급전선의 안쪽방향 설치공차는 집전장치의 관성으로 인해 큰 이션현상을 일으키는 것으로 분석되었다. 또한 초기 접촉력이 증가하면 이션현상은 감소하지만, 초기 접촉력 100N 이상에서는 이션현상 감소율이 감소하였다. 초기 접촉력이 과대하게 증대되면 마모로 인해 집전슈의 수명이 감소하므로 급전선의 최악 설치조건에서의 집전장치 동특성을 고려한 초기 접촉력은 90~120N이 타당할 것으로 분석되었다.



(a) 초기 접촉력 70N

(b) 초기 접촉력 90N

(c) 초기 접촉력 100N



(d) 초기 접촉력 113N

(e) 초기 접촉력 125N

그림 7 급전선의 최악 설치조건에서 초기 접촉력 변화에 따른 동특성 해석결과

그림 8은 그림 3과 같은 급전선 진입부 기울기의 크기에 따른 집전슈의 동적 접촉력 변화를 해석한 결과를 보여준다. 진입부의 기울기는 각각 1/16, 1/20, 1/30, 1/40, 1/50이며, 진입부가 시험선 상에서 2°분기기가 설치되는 부근이므로 차량의 최고 주행속도는 30km/h로 하였다. 집전슈와 급전선의 초기 접촉력이 90N, 급전선 진입부 기울기가 1/16일 때 최대 이선시간은 0.0215 초, 1/20일 때 0.019 초, 1/30일 때 0.0102 초, 1/40일 때 0.00256 초, 1/50일 때 0.0 초의 결과를 얻었다. 따라서 초기 접촉력이 90N일 때의 진입부 기울기는 1/30 이하이어야 하며, 만약 1/16 진입부를 사용할 경우 차량을 20km/h 이하로 주행시켜야 한다.

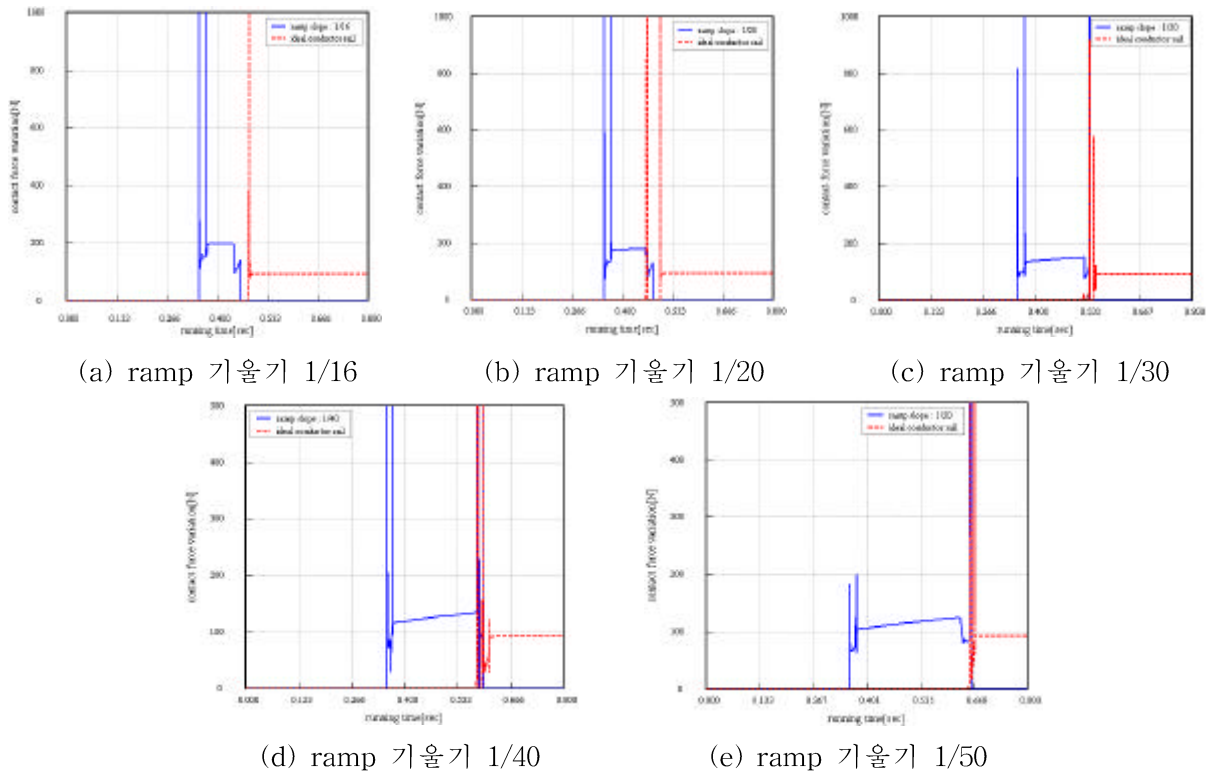


그림 8 급전선 진입부에서의 동적 접촉력 해석결과

#### 4. 결 론

고무차륜 AGT 차량시스템에 설치된 제3궤조 집전장치, 시험선의 노선특성과 급전선의 설치조건을 이용하여 동적 접촉력 변화와 이선현상을 해석하였다. 직선선로 상의 급전선 최악 설치조건에서 집전장치 동특성을 고려한 결과 초기 접촉력은 90~120N이 타당하였다. 또한 시험선의 분기기 설치부위의 진입부 기울기는 1/30 이하로 해야하며, 1/16을 사용할 경우 차량 속도를 20km/h 이하로 감소시켜야 한다.

#### 참고문헌

- [1] Korea Ministry of Construction and Transportation, "Korea Standardized Specifications for Urban rail Vehicle (Governmental Announcement 1998-58)," pp.103-113, 1998.
- [2] RTRI, Characteristics of Conductor Rail and Pantograph(Japanese), pp.213-255, 1993.
- [3] R.G. Jeong, Y.S. Kim, S.H. Park, B.S. Lee, K.H. Choi, "A Development of the Third Current Collecting Shoe for the Light Rail Transit," journal of the Korea Society for Railway, Vol.3, No.4, pp.185-193, 2000.