

# 고속전철의 속도향상과 집전시스템



**최 강 윤**

(기계시스템부 수송기계 시스템실 선임연구원)

- '79 서울대학교 기계설계학과
- '79-'84 국방과학연구소 연구원
- '84-'87 Rutgers University(석사)
- '87-'90 Rutgers University(박사)
- '90-현재 한국기계연구소 선임연구원

**백 남 옥**

(대우중공업 철도차량연구소 선임연구원)

- '81 고려대학교 기계공학과
- '81-현재 대우중공업 철도차량 연구소  
(고속전철 국산화 및 차체설계 업무 담당)

## 1. 서 론

열차의 속도향상과 관련되어 부딪히게 되는 기술적인 문제로는 선로, 차량 및 집전의 세가지로 나누어 볼 수 있다. 이 중에 고속 집전 문제는 최근에 관심을 갖게 되었으며, 기계, 전기 및 재료 문제가 복합적으로 결합되어 있을 뿐만 아니라, 철도 고유의 기술이어서 내외적으로 자료가 부족하며 연구결과도 타 분야에 비하여 상당히 적은 편이다. 열차의 고속화에 집전이 문제가 되는 주된 이유는 열차가 집전의 한계속도인 가선에서의 파동전달 속도에 접근함에 따라 집전매개체인 판토타그래프와 가선사이의 진동에 의해 이선 현상이 발생하기 때문이다. 이선 현상이 발생하면 열차는 동력을 잃게 되며 또한 이선시에 발생하는 아크 방전에 의하여 전기적인 마모 및 통신 장애를 일으키게 된다. 집전이 열차의 속도 한계에 미친 예로서는 1981년 프랑스의 TGV가 시속 380Km 기록 달성시에 집전 시스템의 한계에 의하여 최고속도가 제한 받았다고 알려져 있다.[3] 국내에서도 경부고속전철 건설 사업과 관련하여 이선 현상과 가선계에서의 파동 전달 현상을 규명하기 위하여 가선과 판토타그래프 사이의 동역학적 해석을 수행한 바 있으나[1, 2] 실제 집전 시스템의 설계에 이용하기에는 아직 미흡한 상태로서, 보다 복잡하고 현실에 가까운 동역학적 모델개발이 필요하며 실험도 함께 병행되어야 할 것으로 생각된다. 밧데리를 동력원으로 하는 차량을 제외하고 전기를 동력원으로 하는 모든 차량은 접촉에 의하여 전기를 공급 받으며, 전기 공급방법은 일반적으로 두가지 형태로 나누어 볼 수 있다. 한가지 방법은 궤도 근방에 전기 전도 궤도를 통하여

전기를 공급해 주는 방법이며, 다른 하나는 트랙 위에 일정한 높이로 가공 전차선을 설치하여 전기를 공급해 주는 방법이다. 전차는 일반적으로 직류 전원을 사용하며 안전상의 문제로 보통 750V DC 이하의 낮은 전압을 공급한다. 가공 전차선의 경우에는 고전압의 직류나 교류를 모두 사용할 수 있으며, 고전압과 대전류를 필요로 하는 고속 전철에서는 일반적으로 가공전차선 방식이 가장 적절한 방법으로 알려져 있다. 여기서는 기존의 고속전철에 사용되고 있는 가공전차선 방식의 집전시스템에 관하여 서술한다.

고속집전시에 발생하는 가장 중요한 문제는 판토티그래프가 가선에서 분리되는 이선 현상이다. 이선 현상에 관여하는 주된 요소는 가선과 판토티그래프 사이에 작용하는 동역학적 특성과 접촉압력이며, 접촉압력은 가선과 접촉판의 마모량에 큰 영향을 미치게 된다. 여기서는 이선이 발생하게 되는 원인과 이를 줄이기 위하여 기존의 고속전철 보유국인 독일, 프랑스 및 일본에서 어떠한 개념으로 집전시스템을 설계하였는지 분석하고, 앞으로 성능이 우수한 집전시스템을 개발하기 위하여 필요한 연구분야를 조사하였다.

## 2. 판토티그래프

판토티그래프는 그 모양과 작동원리에 따라 여러가지가 있으나 일반적으로 그림 1에 보여진 세가지 형식으로 분류될 수 있다.[4] 판토티그래프의 역할은 가선의 높이 변화 또는 불균일한 형상에 대하여 접촉판과 가선 사이에 일정한 압력을 유지시켜 안정적으로 전원을 공급해 주는데 있다. 고속 주행시에 접촉압력의 변화는 집전 시스템에

수직 방향의 진동을 발생시키며 이는 접촉판과 가선이 떨어지는 이선 현상을 발생시킨다. 한편 접촉력은 특히 고속 주행시에 공기역학적 양력에 의하여 많은 영향을 받게 된다. 판토티그래프는 일반적으로 스프링과 공압장치에 의하여 상승 하강 작동을 한다.

### 2.1. 이선율을 줄이기 위한 판토티그래프의 설계

집전계의 불균일에 대한 판토티그래프의 동역학적 응답은 변위에 대한 판토티그래프의 관성 저항에 의하여 결정된다. 이러한 이유로 집전판은 일반적으로 보조 현가장치(subsidiary suspension)에 지지되며, 상승/하강 장치의 작동이 없이 가선 형상의 작은 불균일에 대응할 수 있게 된다. 이러한 이유로 판토티그래프의 가동부위(head)는 관성저항을 줄일 수 있도록 경량 설계되어야 하며 운동부위의 마찰저항을 최소화 시켜야 한다.

고속집전시에 발생하는 다른 문제점은 집전판 주위에 발생하는 공기역학적 양력의 문제이다. 양력은 속도 증가와 함께 증가하며 이는 판토티그래프와 가선 사이에 일정한 접촉력을 유지시키는데 장애요인이 된다. 속도에 따른 양력 보상을 위하여 미국 AMTRAK의 AEM-7 시험에 사용된 영국의 BR/BW 판토티그래프에는 양력 보상용 보조날개를 설치하였으며 양호한 시험 결과를 보여주었다.[6] 속도에 따른 공기역학적 양력의 변화에 대응할 수 있도록 판토티그래프 헤드 부분은 공기역학적으로 설계되어야 하며 풍동시험을 통하여 입증되어야 한다.

이와 더불어 판토티그래프의 작동 상태와 내린

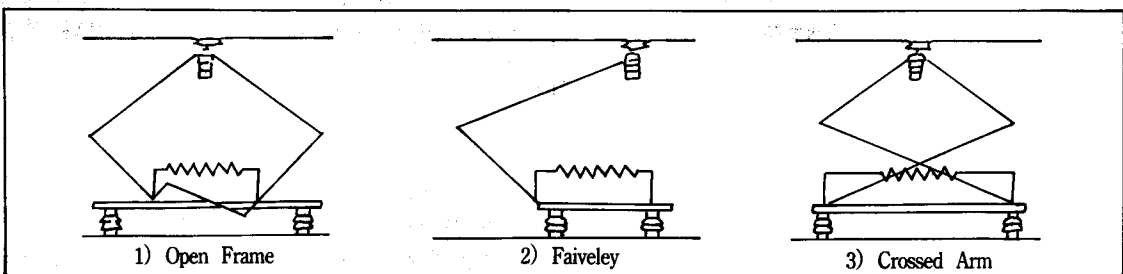


그림 1) 판토티그래프의 일반적 형식

상태에서 고속 주행시에 공기저항과 공력소음을 줄일 수 있도록 설계되어야 하며 바람과 차량의 진동등 불균일한 외부환경에 견딜 수 있도록 가볍고 견고하게 구조물이 설계되어야 한다.

### 2.2. 접촉판의 마모

접촉판의 마모에는 기계적인 요인과 전기적인 요인이 있으며 전기적 마모는 일반적인 마모와는 성격이 다르다. 속도 증가에 따라 판토티그래프와 가선 사이에 접촉압력의 변동이 심하게 되며, 판토티그래프와 가선의 접촉이 나빠지게 되는 경향이 있다. 접촉이 떨어지게 되면 아크 방전이 발생하게 되어 접촉판은 아크 방전과 발생하는 열에 의해 손상을 받고 접촉판의 마모도 많아지게 된다. 한편 순간적으로 접촉 압력이 매우 커지는 경우도 생기며 이것은 접촉판의 마모를 증가시키는 원인이 된다. 이러한 마모를 증가시키는 원인은 속도 증가에 따라 더욱 심해지는 경향이 있다. 집전판의 마모는 마찰에 의한 기계적 마모, 이선시 아크방전에 의한 순수한 전기적 마모와 온도 상승으로

증대하는 기계적 마모로 나누어 볼 수 있다 [5].

기계적 마모는 판토티그래프의 접촉 압력에 비례하며 윤활 조건에 따라 크게 달라진다. 전기적 마모는 아크방전에 의한 전극의 소모량으로 이선율이 크지 않으면 크게 문제가 되지 않으며 일반적으로 기계적 마모량 보다 매우 작다. 온도 상승으로 인하여 증가되는 마모량은 아크 방전량에 관계되지만 판토티그래프 접촉 압력과 밀접한 관계가 있다. 접촉판의 마모를 감소시키기 위해서는 접촉압력을 가능한 작게 하여야 하지만 이는 이선율을 증가시키게 되므로 적절한 접촉압력을 갖도록 집전시스템이 설계되어야 하며, 같은 접촉압력에서 집전성능이 좋고 마모량이 적은 재질이 개발되어야 한다. 현재 접촉판의 재질은 탄소봉(carbon strip)과, 동계 또는 철계의 소결합금이 사용되고 있다.

### 2.3. 수리 및 조립

고속 전철의 주요 부품중에서 판토티그래프는 전

표 1) 판토티그래프의 기계적 특성 비교

Model	GPU	DSA350S	TPS203
Line	TGV-A	ICE	신간선(300계)
Electricity	25kV 2000A max	25kV 1000A	25kV 200A(PS200A)
Max. Speed (pantograph)	350 km/h max	350 km/h (design Speed)	300 km/h
Control	Pneumatic	Pneumatic(상승)	Pneumatic(상승) Spring(하강)
Weight	355kg	100kg 140kg(DSA350)	135kg (애자포함)
Contact Force	70-100N (Static)	50-140N 67.3N(평균)	49-78N 54N(평균)
비 고	<ul style="list-style-type: none"> <li>● large guidway suspension(집전판)</li> <li>● 고장진단 장치</li> <li>● Plunger Travel (150mm)</li> <li>● 513.5 km/h (1990. 5. 18)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Carbon contact strip 수명 60,000km</li> <li>● Maintenance Free Bearing</li> <li>● 406.9 km/h (1988. 5. 1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 작동범위 : 0.32-0.92 m(애자 상면에서)</li> <li>● 동계/철계 소결합금 접촉판</li> <li>● 100계 6개의 Panto</li> <li>● 300계 5개의 Panto</li> <li>● 2개를 목표</li> </ul>

가격/기계적 마모가 가장 심한 부품이며, 빈번한 수리를 요하게 된다. 이에 따라 판토타그래프는 수리 및 보수를 최소화 하고 또한 쉽게 수리 및 조립할 수 있도록 설계되어야 한다.

#### 2.4. 독일, 프랑스 및 일본의 판토타그래프

앞에서 언급된 기본 설계개념을 만족시키기 위하여 독일, 프랑스 및 일본의 고속전철에 사용되고 있는 DSA 350(S), GPU, TPS203형 판토타그래프가 어떻게 설계되었는지 조사하였다. 각각의 제원은 표 1에 나와 있다.

##### DSA 350(S) (ICE)[3, 7]

ICE에 사용되는 DSA 350 판토타그래프는 Dornier사에 의하여 개발되었으며 개발시의 요구조건은 새로운 선로에서(RE 250) 시속 300km까지 주행하며 구선에서는(RE 200, RE 160) 시속 220km까지 주행 가능하도록 하는 것이었다. 주행시에 최고 속도 범위내에서 가선의 높이 변화나 바람의 세기에 관계없이 가선과 판토타그래프 사이의 접촉압력이 평균 120N이며, 표준편차가 24N이하가 되도록 요구되었다. 이러한 요구를 만족시키기 위하여

- 가동부위 질량과 댐핑을 최소화 하고
- 가동부위의 강성이 하부 구조물의 강성보다 작게 하며
- 집전시와 비집전시(접혀진 상태)에 공력저항을 최소화 할 수 있도록 설계되었다.

DSA 350 판토는 접혀진 상태에서 높이를 줄이고 공력저항을 줄일 수 있도록 절연체가 구조물에 결합되도록 설계되었으나, 비용절감과 실용화를 위해 절연체가 구조물과 결합되지 않은 판토타그래프의 개발이 요구되어 DSA 350S(그림 2)가 개발되었다. 전체 설계는 양산을 목적으로 최적화 되었으며 이는 생산비의 1/4을 절감 시켰다. DSA 350S 판토는 DB의 접촉력 표준편차 요구량을 확실히 만족시켰으며, 이는 열차에 2대의 판토타그래프를 운용할 수 있게 하였다. 터널 내부와 대기상에서 시속 300km까지의 속도에서 두대의 판

토타그래프를 갖고 집전시험한 결과 두번째 판토타그래프에서 거의 아크방전이 없었으며, 이 경우에 두대의 동력차 사이에 설치된 고가의 15kV 연결케이블이 필요없게 되었다. DSA 350S 판토타그래프의 또다른 특징들은

- 여러 가지의 전류/전압과 형상의 변화에 최소한의 다른 부품들로 적응할 수 있도록 설계되었으며 조립과 부품 교환이 용이하도록 모%라 개념을 채택하였다. AC 또는 DC로의 변환을 위해서는 접촉판 뭉치만이 교환되면 된다.
- 기계적 조정이 필요없도록 설계되었으며 따라서 판토타그래프가 빠르고 쉽게 교환될 수 있다. 사용된 재료들은 페인팅이 필요 없으며 주베어링은 별도의 윤활이 필요 없고, 전기적 마모를 방지하도록 볼 베어링은 전기적으로 절연되어 있다.
- 접촉판의 이상 마모와 파손을 감지하는 공압으로 작동되는 고장진단 시스템이 설치되어 있다.

##### GPU(TGV-A)[8, 9]

TGV-A 선에 사용되는 판토타그래프는 Faiveley사에서 개발된 GPU 판토이다(그림 3). TGV-PSE에 사용되는 AMDE가 2단의 구조물 위에 집전판이 설치된 데 비하여 GPU 판토타그래프는 1단의 구조물 위에 집전판이 대형의 원통형 프런저를 통하여 지지되어 있으며, 이에 따라 공역학적 성능이 보다 우수해졌고 구조적으로 단순화 되어 수리 보수를 용이하게 하여 주고 있다. 이 프런저 서스펜션을 통하여 판토타그래프 집전판의 동하중을 8kg 정도 경량화 하였으며 현수선의 변형, 판토타그래프의 이상 또는 돌발적인 공기저항 증가등에 효과적으로 집전할 수 있게 되었다. 또한 집전판 부위에서 과도한 마모나 파손시에 고장을 알려 주는 고장진단 장치를 설치하였다. GPU 판토타그래프는 1500V DC 또는 25kV AC에 사용될 수 있으며 2000 Amp까지의 전류를 허용하며 시속 300km 이상의 운행에 사용되고 AMDE 판토타그래프 보다 100kg 정도 무게를 감소시켰다. TGV에서는 GPU 판토타그래프를 사용하여 1990년 5월 시속 513.5km의

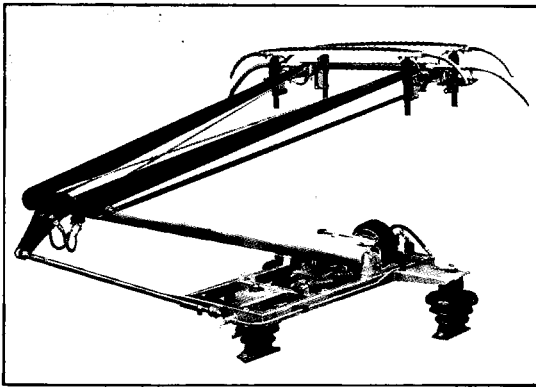


그림 2) ICE에 사용되는 DSA 350S 판토티그래프

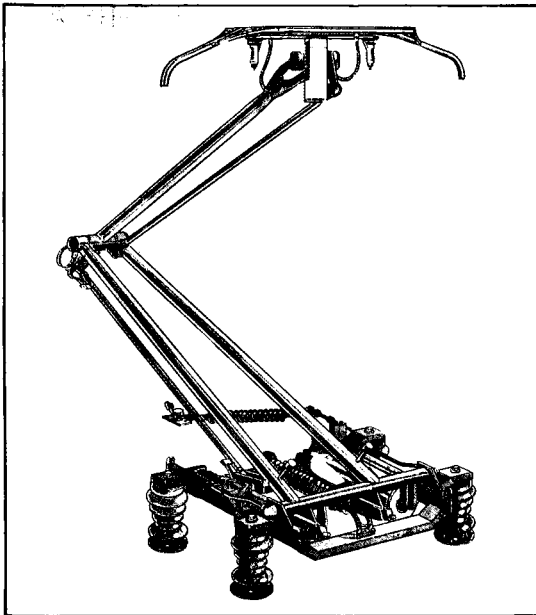


그림 3) TGV-A에 사용되는 GPU 판토티그래프

세계 기록을 수립하였다.

TPS 203(신간선)[10]

신간선 300계에 사용되는 TPS 203 판토티그래프는 Crossed Arm 형식을 취하고 있으며 스프링에 의해 상승하고 공압에 의해 하강 한다. 고속집전시에 안정된 집전을 할수 있도록 소형화 및 경량화 되었다. 접촉판의 재질은 동계 소결합금과 철계 소결합금의 두 종류가 쓰이며 현재는 주로 철계 소결합금이 쓰이고 있다.

3. 가공전차선(Catenary)

가선은 접촉선(contact wire)이 가공선(catenary cable)에 지지되어 있는 형태에 따라 여러가지 다른 형상을 갖게 된다(그림 4). 판토티그래프에 의한 접촉선에 대한 압상력은 그 점에서의 가선계의 등가 질량에 저항을 받으며, 가선계의 진동을 최소화 하기 위하여는 접촉력을 가능한 일정하게 유지해 주어야 한다. 판토티그래프 또한 관성질량을 갖게 되므로 판토티그래프의 이동 경로도 가능한 일정한 높이를 유지하여야 한다. 이러한 요구를 만족시키기 위하여는 수직 압상력에 대한 접촉선의 변위인 콤프라이언스(compliance)가 일정하도록 설계 되어야 한다.

가장 간단한 형태의 가선은 직접현가식(trolley style) 가선이며 매신저선(messenger wire)이 없이 직접 고정구에 현수되어 있는 경우이며 보통 저속운전에만 사용된다. 다음의 형태는 단순가선식(simple catenary)이며 이것은 접촉선이 현수선(catenary)으로 부터 다수의 드로퍼(dropper)를 통하여 직접 고정되어 있다. 이 경우 드로퍼의 간격은

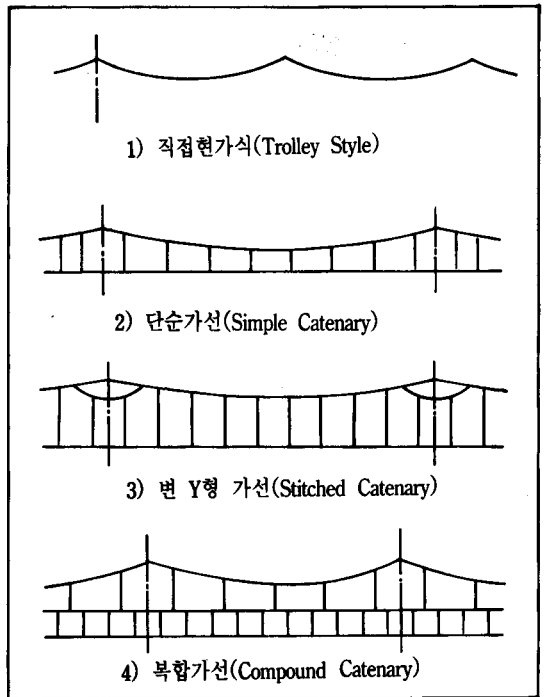


그림 4) 가선의 형상

접촉선의 콤프라이언스를 균일하게 하고 처짐을 최소화 할 수 있도록 정하여 지지만, 고정구 부근에서 가선계 콤프라이언스의 감소는 피할 수 없게 되며, 이러한 부위는 경점(hard spot)이라 불리운다. 경점 부근에서는 판토프래프의 튜(bounce) 현상이 발생하기 쉽고 이선을 유발시킨다. 이러한 이유로 설계변경된 형태가 변 Y형 가선(stitched catenary)이다. 변 Y형 가선에서는 고정구 부근에서 접촉선이 보조 현수선(auxiliary catenary)으로 부터 지지되며 이는 지지점 부근에서의 콤프라이언스를 증가시켜 준다. 균일한 콤프라이언스를 얻기 위한 보다 개량된 형태의 가선형식은 복합 가선식(compound catenary)이며 이 경우에 접촉선은 현수선으로 부터 지지되는 보조현수선으로부터 보다 많은 드로퍼선으로 지지되어 있다. 위에서 설명된 여러가지 형태의 가선 방식은 광범위하게 사용되고 있으며, 일반적으로 같은 장력이 작용될 때 복합가선식이 고속 주행시에 가장 좋은 결과를 주고 있지만 경제적인 측면에서 가능하다면 단순한 형태의 가선 형식을 취하는 것이 당연하다.

### 3.1. 가선의 설계

이선율을 줄이고 가선과 판토프래프의 진동감을 줄이 위하여 가선은 가능한한 균일하고 작은 콤프라이언스를 갖도록 설계되어야 한다. 그리고 가선에서의 한계속도인 파동 전달 속도를 증가시키기 위하여는 가선에 작용하는 장력을 크게 할 필요가 있다. 열차의 고속화와 관련된 가선계의 설계 변천은 가선계에 균일한 콤프라이언스를 유지하고 장력을 크게 하는 과정이라 할 수 있으며 이는 단순한 형태의 가선으로 부터 보다 복잡한 형태의 가선으로의 변천 과정과 같다고 할 수 있다. 가선 시스템의 기계적 특성은 정적인 특성과 동적인 특성에 의하여 설명될 수 있으며 이러한 기계적 특성은 경간 길이, 보조현수선의 길이, 장력 및 드로퍼의 간격 등에 의하여 결정되며 이러한 설계 요인은 설치 비용과 밀접한 관계가 있으므로 적절한 설계 변수를 택하여야 한다. 가선계의 우수한 기계적 특성은 접촉선과 판토프래프 접촉

판에서의 낮은 이선율과 마모를 의미한다. 가선계의 정적 기준은 균일한 콤프라이언스를 의미하며 판토프래프의 운동을 억제할 수 있도록 가능한한 낮아야 한다. 스펠에 대한 최대값과 최소값 사이의 편차를 비균일성 계수로 정의하며[11]

$$u = \frac{e_{max} - e_{min}}{e_{max} + e_{min}}$$

$e_{max}$  : 스펠 중앙에서의 콤프라이언스

$e_{min}$  : 지지점에서의 콤프라이언스

가능한 낮은 비균일성을 얻기 위하여는 가선전체에 인장력이 높아야 하고 스펠 길이는 짧아야 한다.

가선의 동적 특성을 판단하는 중요한 요소는 접촉선에서의 파동의 전달 속도이며 이는 가선계가 허용할 수 있는 열차의 이론적 최대속도가 된다.

$$c = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

T=장력

$\rho$ =단위 길이당 밀도

열차의 운행과 함께 접촉선의 마모도 함께 일어나며 이에 따른 인장력을 보상해 줄수 있는 가선계 설계를 고려해야 한다. 환경오염에 의한 화학적 부식을 최소화 할 수 있도록 내부식성 재료를 사용하여야 하고 가선과 가선 고정 기구들에서 전기적 마모를 억제할 수 있도록 설계/설치 되어야 한다.

### 3.2. 독·불·일의 가선 시스템

독일 ICE용 고속가선 시스템 RE 250[11, 15]

독일연방철도(DB)는 1965년 Munich와 Augsburg 사이에 시속 200km/h의 고속열차 운행을 시작하였으며 1984년 새로 건설된 고속철도에 Re 250형 가공 전차선 시스템의 설치를 착수하였다. 1988년 ICE는 Wurzburg와 Hannover 사이의 한 구간에서 시속 406.9km로 열차 주행 속도에서의 세계기록을

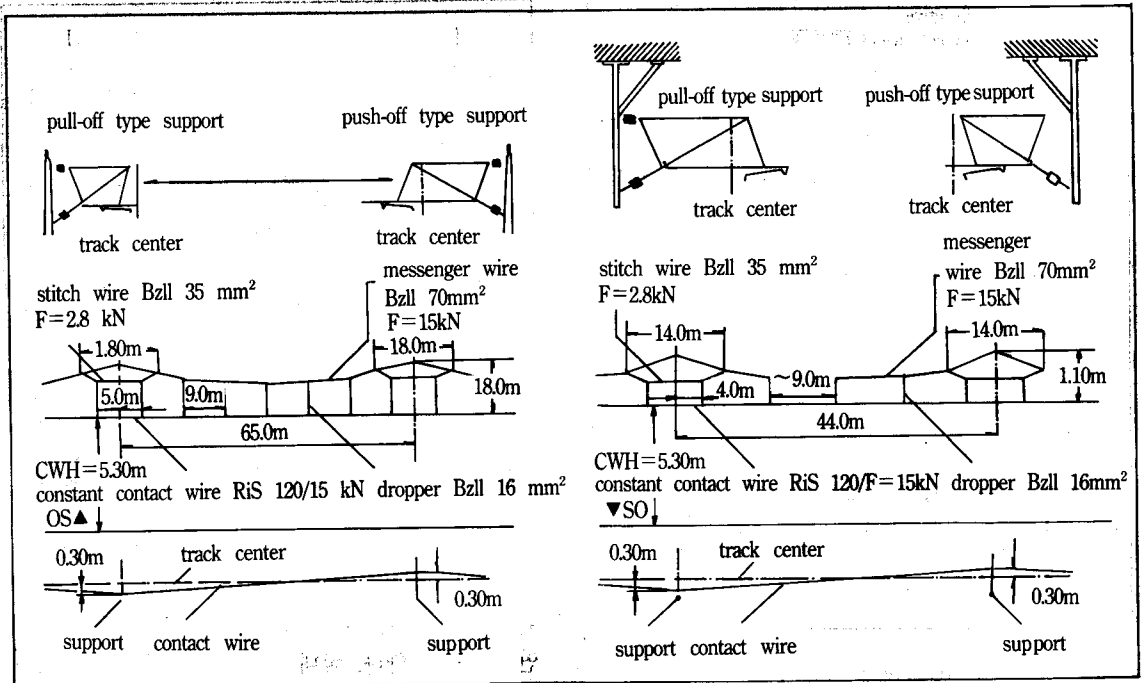


그림 5) RE250 가선형식(좌: 대기중, 우: 터널 내부)

달성하였으며 1991년 6월에 시속 250Km 급의 ICE 열차 운행을 개시하였다.

RE250형 가선은 DB와 Siemens, AEG Westinghouse 및 ABB에 의해 설계되었으며 접촉선과 지지점 주위에 스티치선(stitch wire)을 갖는 하나의 매신저선으로 이루어진다. 드로퍼선은 전자기 잡음을 방지하기 위하여 기계적 기능과 전기적 기능이 완전히 분리되도록 제작되어 있다. RE 250 가선계의 제원은 그림 5에 나와 있으며 기계적 특성치는 표 2에 나와 있다. RE 250에서는 프리 새그(presag)는 고려되지 않고 있으며 보수가 필요없는 가선계에 대한 요구 때문에 가선 고정용 외팔보와 고정장비들은 알루미늄 합금으로 제작되어 있으며, 콘크리트 마스트는 미리 응력을 가하여 원심주조 방법으로 제작되어 있다.

프랑스 TGV용 가선 시스템[12]

TGV-A의 25kV 가선계는 1981년 TGV-PSE의 380 km/h 세계기록 달성시의 가선형식으로 부터 유도되었으며 TGV-PSE와 다른점은 접촉선의 면적과 장력이 150mm²과 20 kN으로 증가되었으며 스티

치선(stitch wire)이 제거 되었다는 점이다(그림 6). 따라서 가선계의 설계가 한층 단순해졌으며 스티치선의 장력 조절 장비들이 불필요 하여졌고 지지점 부근에서의 콤프라이언스가 감소 하였다. 가선의 압상량의 감소는 속도 증가와 함께 더 커졌으며(표 2) 따라서 TGV-A의 가선계는 TGV-PSE 가선계 보다 바람에 의한 가선의 진동이 훨씬 더 감소되었다. 스티치선의 제거에 따른 지지점에서의 콤프라이언스 보상을 위하여 마스트에서의 고정장비들은 접촉선에 더 많은 입상량을 허용할 수 있도록 설계변경 되었다(그림 6) (TGV-A; 40 cm, TGV-PSE; 24cm).

신간선의 가선시스템[13, 14]

1964년 개통된 동해도 신간선의 경우 합성 콤파운드 가선 형식을 취하고 있으며 접촉선, 현수선 및 보조현수선에 각각 1000kg의 장력을 가해주고 있으며, 드로퍼선에 합성소자를 부착하여 접촉선에 균일한 콤프라이언스를 주도록 설계되었다. 합성 콤파운드에 의해 집전성능은 향상되었으나 전반적으로 가선이 부드러워져서 강풍시에 가선의

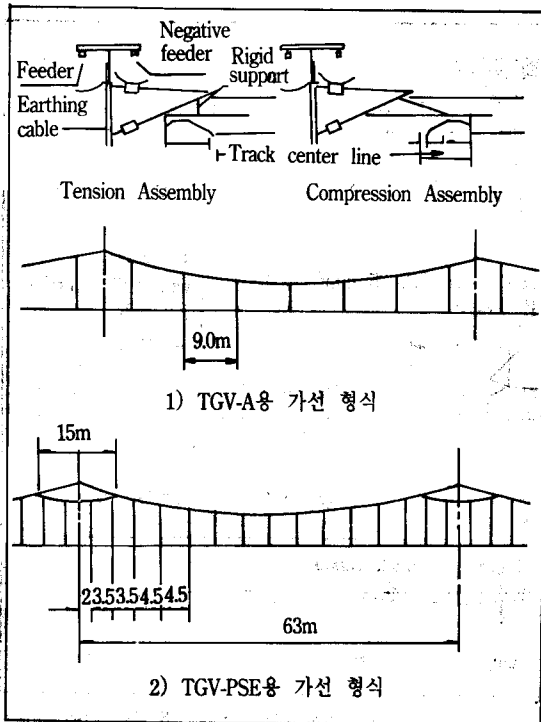


그림 6) TGV용 가선행식

진동으로 인하여 문제를 일으키게 된다. 이러한 연유로 산양 신간선에서는 철저한 무보수와 고속화(250km/h)를 전제하여 헤비 콤파운드 가선행계를 개발하게 되었으며 그 이후 신간선의 표준 가선행계로 채택되었다. 헤비 콤파운드 가선에서는 접촉선의 면적을 110mm<sup>2</sup>에서 170mm<sup>2</sup>으로 늘렸으며 장력 또한 1500kg으로 증가시켰다. 현수선과 보조 현수선도 각각 180mm<sup>2</sup>, 2500kg과 150mm<sup>2</sup>, 1500kg으로 증가시켜 장력의 총합이 5500kg이 되었다. 이렇게 하여 가선행계의 탄성계수는 지지점에서 630kg/m, 경간 중앙에서 310kg/m가 되어 합성 콤파운드 가선의 160kg/m에 비해 훨씬 강해졌다. 헤비 콤파운드 가선을 택한 결과 판토타그래프에 의한 동압상량은 종전에 비해 1/2~1/3로 감소하였으며 200km/h 주행시에 이선율은 1% 이내로 감소하였고 6~8개의 판토타그래프에 의한 집전시에도 가선의 진동은 많이 감소되었다.

표 2에 독일의 RE 250, 프랑스의 TGV-A와 TGV-PSE용 가선, 일본 신간선에 채용된 헤비 콤파운드 가선과 합성소자 콤파운드 가선의 일반적 사양이

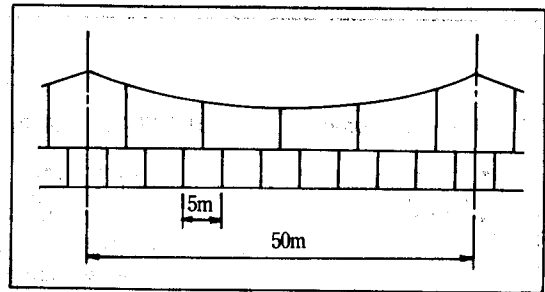


그림 7) 신간선의 헤비 콤파운드 가선행식

나와 있다.

#### 4. 고속전철의 집전과 관련된 연구방향

이선율을 줄이고 가선과 접촉판의 마모를 줄일 수 있는 기계적 성능이 우수한 집전시스템 개발을 위해서는 기계, 재료 및 전기분야가 복합적으로 연구되어야 한다. 국내에서 고속전철의 성공적인 운행과 개발을 위하여 집전 시스템 분야에서 앞으로 아래의 분야에 대하여 연구되어야 할 것으로 생각된다.

- 가) 가선행계의 정적 설계 시스템 개발 :  
가선행계에 가능한한 균일한 콤프라이언스를 얻을 수 있도록 경간거리, 가선행계의 단면적, 장력, 드로퍼선의 간격, 스티치선의 길이 및 장력이 주어졌을 때 콤프라이언스를 계산하고 또는 역으로 콤프라이언스의 요구 조건이 주어질 때 적절한 설계변수를 계산해 낼 수 있으며, 강도를 고려하여 주어진 조건에서 고정구들의 치수를 계산할 수 있는 전산 프로그램의 개발이 필요하다.
- 나) 가선/판토타그래프의 동적 해석 :  
판토타그래프의 고속 집전시 가선행계와 결합되어 나타나는 진동현상을 규명하여 운행전에 이선율과 마모량을 예측할 수 있는 동역학 해석 프로그램의 개발이 필요하며 실험에 의한 증명을 할 수 있도록 실험장치 및 실험방법의 개발이 필요하다.
- 다) 판토타그래프의 공역학적 설계 :  
열차의 속도와 바람의 영향에 민감하지 않은 집전판의 공역학적 설계와 소음을



표 2) 가선의 기계적 특성 비교

	RE250 (ICE)	TGV		신 간 선	
		Atlantique	PSE	Heavy Compound <sup>3</sup>	Composite
열차속도(km/h)	300	300	270	220	
Contact Wire					
Material	CuAg0.1	CuRi	CdCu	Hard Copper	Hard Copper
Cross Section(mm <sup>2</sup> )	120	150	107	170	110
Tension	15kN	20kN	14kN	1500kg	1000kg
Height	5.3m	5.1m	4.9m	5.0-5.3m	
Catenary					
Material	BzII	BzII	BzII	Zn Plated Steel	CdCu
Cross Section(mm <sup>2</sup> )	66	65	65	180	80
Tension	15kN	14kN	14kN	2500kg	1000kg
Aux. Catenary(stiche wire)					
Material	BzII		BzII	Hard Copper	CdCu
Cross Section(mm <sup>2</sup> )	34	없음	35	150	60
Tension	2.8kN		4kN	1500kg	1000kg
Length	18m				
Compliance(mm/N)					0.64
Mid of Span	0.6[0.4] <sup>2</sup>	0.485	0.57	0.33	
On Supports	0.5[0.35] <sup>2</sup>	0.202(T)~ 0.215(C)	0.38(T)~ 0.41(C)	0.16	
Dynamic uplift(mm)		59(270km/h) 78(300km/h)	100(270km/h) 126(300km/h)	30(220km/h)	
가선단위질량(kg/m)		2.03	1.83	4.436	
Wave Prop. Speed(km/h) <sup>1</sup>	427	441	412	355	417
Span(m)	65[44] <sup>2</sup>	63	63	50	50
Stagger Width	%20	%15 <sup>4</sup>			
Presag	없음	1/1000	1/1000	1/1000	
Electricity	15kV, 16.66Hz	25kV, 50Hz	25kV, 50Hz	25kV, 60Hz	25kV, 60Hz
비고					
1. at contact wire	2. at tunnel			3. 동해도, 산양 신간선 4. 3경간 1/2 cycle	

줄일 수 있는 판토품 구조물 설계 및 설계확인을 위한 풍동시험이 필요하다.

- 라) 판토품의 경량 구조물 설계 : 열차의 고속 주행시에 안정된 집전을 하고 공력 소음을 줄이기 위해서는 바람과 차체의 진동에 견딜 수 있는 경량의 튼튼한 구조물 설계를 하여야 한다.
- 마) 접촉판의 내마모성 재료 개발 : 집전장치 부품 중 가장 교환이 많은 부품은 접촉판이며, 보다 경제적인 운용을 할 수

있도록 내마모성 접촉판의 개발이 필요하다.

- 바) 고장 진단 장치 : DSA 350S와 GPU 판토에서는 접촉판의 이상 마모나 파손을 감지할 수 있는 고장 진단 장치가 부착되어 있다. 안전하고 신뢰성 있는 고속전철의 운용을 위해서는 고장진단 장치의 개발이 필요하다.
- 사) 이외에 수리 및 보수를 줄일 수 있도록 베어링 부위의 절연기술, 연결부위에 전기

적 마모를 방지할 수 있는 체결 기술 등의 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 최연선, 고속전철 Catenary/Pantograph계의 동특성 해석, 1990, 대우중공업 기술보고서
- [2] 김양한 외, 고속전철 집전장치에 관한 기본연구, 1991, 국가특정연구 결과 발표회 논문집(고속전철 관련연구), 고속전철기술개발 지원단
- [3] High Speed Pantograph for the DB's ICE, Dornier
- [4] H. I. Andrews, Railway Traction, 1986 Elsevier.
- [5] 고속철도의 연구, 일본국철 철도기술연구소 감수.
- [6] J.A. Peters, R.P. Washburn, P.E. Kovacs, J.W. Grebenc, AEM-7 Electric Locomotive Testing at the Transportation Center, 1981, FRA/DOT
- [7] T. Rahn, H. Hochbruck, F. Moller : Editors in Chief, ICE, High-tech on Rails, 1991, Hestra-Verlag
- [8] The New Current Collection by Faiveley(Catalogue)
- [9] P. Boissonnade, R. Dupont, The Electric Traction Fixed Equipment and Current Collection
- [10] 신판신간선, 신간선운전연구회
- [11] Horst Lohman, 독일연방철도의 고속현수선 시스템 RE 250, 1991, 독일하이테크 박람회, 서울.
- [12] The Atlantic TGV : Track, Signalling, Catenary Equipment, Telecommunications.
- [13] 산양신간선, 철도계평론사(일본)
- [14] Akira Sugimoto, Power Feeding Systems for High Speed Trains, 1989 고속전철 심포지움, 서울.
- [15] 406.9 km/h Power Transmission in the Record Run of DB's ICE, 1988, Siemens.