

전기철도 전차선로 지지물 강관주와 강관빔의 연결부 검토

Consideration on joint steel poles and beams for cartenary lines

송중호*
Song Joong Ho

조근철**
Cho Keun Chul

ABSTRACT

Existing of angle assembly and angle beam joint examination with steel pole and steel beam of assembly existing anglerather then excellent enumerate,joint of beanding moment examination and economical existing show, in the futher, angle beam rather then steel I beam with all change.

(국문 요약)

종래의 앵글 조립재와 철주빔의 연결방법을 검토하고 강관주와 강관빔의 연결시 종래의 앵글보다 우수한점들을 열거하며 연결부분의 모멘트등을 검토하여 경제적인면등의 우수성을 보여줘 장래에는 조립빔보다 강관빔으로 교체하는 것이 철도의 경제적인면이나 유지보수적인측면에서 유리함을 보여준다. 종래의 수계산에 의존하거나 외주에 의거하여 계산되어졌으나 마이다스아이티사의 CIVIL 프로그램을 응용하여 계산한다면 충분히 자체적으로도 강도계산이 이루어질수 있다. 전단력과 허용인장응력, 허용휨압축응력, 허용전단응력등을 충분히 검토한다면 머지 않아 자체적으로 강도 검토를 할수 있고 불필요한 외주비용을 줄이며 안전진단측면에서도 비용이 절감될것이다.모델링을 통해 전철주의 작용부재력, 휨응력, 전단응력을 검토하고 이에따라 합성응력을 검토하여 강관주의 안전성을 보여준다. 또한 연결부의 사용볼트 및 볼트 허용인장강도, 전단강도, 축력, 전단력, 모멘트등도 검토하고 나아가 전철주 기초의 base plate 연결부위도 검토한다.

* 서울산업대학교 교수, 정회원

** 서울산업대학교 석사과정, 학생

1.서론

전기철도란 전기를 주동력으로 하는 전기차를 운행하여 여객 및 화물 수송을 하는 철도를 말한다. 전기철도는 변전설비,급전설비(전차선로),부하설비(전기차)로 구성되며 이 가운데 전기차의 집전장치와 접촉전력을 공급하기위한 전차선등의 가선설비를 이루는 전차선로중 전차선로지지물의 강관주검토와 강관주와 강관빔을 연결하는 부위의 강도검토를 통해 점차 고속으로 운행되는 고속철도의 운행속도향상 및 경제적인측면에 기여함에 목적을 둔다. 강관주와 강관주연결부검토를 통해 기존의 H형강과 사각철주로 이루어진 빔구조보다 강관주와강관빔의 연결사용이 더욱 경제적인을 부각시켜 점차 건설되는 철도에는 강관주와 강관빔의 사용으로 대체되어야한다는 것을 말한다.

2.본문

2.1 강관빔과 연결부위 검토의 필요성

열차가 고속으로 달리면 지지물에 영향을 주게 된다. 현재 H형강주를 사용하거나 조립철주를 사용하고 있으며 장력부위나 인류주,그리고 역구내에서만 강관주와 강관빔을 연결하여 사용하고 있다. 장래성을 고려한다면 경제적이고 강하며 유지보수 측면에서 유리한 강관주와 강관빔으로 바뀌어야한다. 이에따라 강관주와 강관빔을 연결하는 연결부위를 검토하고 강관주자체강도를 검토하여 앞으로의 가능성과 경제성등을 파악한다.

2.2 열차속도와 조인트성능 검토

열차속도를 높이기위해선 공기저항을 줄여야한다. 이에따라 고속철도 차량은 유선형으로 설계되어졌으며 한쪽미의 특징까지도 가미한 부드러운 곡선으로 처리했다. 공기저항을 많이 받는 차량기들은 커버로 감싸 안아 저항을 줄였고 차량과차량을 연결하는 틱새,유리창과 차체 표면간의 단차도 줄이고 차체표면차체도 매끄럽게 페인팅하여 공기와 차체표면간의 마찰저항까지도 줄이려고 노력했다. 길이에 비해 유난히 가늘어 보이는 차체도 차량의 단면적을 줄여 공기저항을 줄이려는 시도의 결과이다. 기존의 열차가 차량마다 두 대의 대차를 가지고 있는데비해 TGV형 차량은 객차와 객차 사이에 한개의 대차만을 사용한 소위 판절대차 타입을 택한 것은 차체의 무게를 되도록 가볍게 하기위한 여러대책중에서도 가장 대표적인 것이며 열차속도를 향상시키키 위한 대책인 것이기도 하다. 열차속도를 높이기위해서 이런노력들이 기술여지고 있는가운데 지지물들은 어떤 대책을 수립하고 있는가?

전기철도중 전차선로에 해당되는 지지물설계중 우선적으로 결정해야 하는 것이 전차선의 지지경간과 그 장력이다. 전차선로의 지지경간 및 그 장력은 풍압등에 의해 전차선이 한쪽으로 치우칠때 전기운전에 지장을 주지 않도록 선정해야한다. 전차선을 지지하는 인접지지물간의 중심간 거리를 고려해야하고 풍압에의한 횡진동,신호기위치,교량,터널등의 위치, 기상 및 전기차의 운전조건(전차선높이,편위,구배)등을 고려하여 전차선의 허용 최대 편위와 팬터그래프의 유효폭에 의해 결정된다.허나 이러한 조건일지라도 장애가 일어날 위험이 있는 구간에서는 표준경간과 상관없이 전차선의 편위를 고려하여 경간을 축소할 필요가 있다.

전차선에 발생하는 편위에 영향을 주는 중요 요소로서는 다음의 것을 들수 있다.

- 바람에 의한 전차선의 풍압으로 발생하는 편위
- 곡선로의 캔트에 의한 팬터그래프의 기울기
- 지지물의 휨에 의한 치우침
- 차량동요에 의한 팬터그래프의 기울기
- 온도 변화에 의한 가동브래킷 회전에 의한 기울기

각기울기의 총합계치가 팬터그래프의 유효집전폭안에 있어야한다. 즉 전차선의 최대 편위가 팬터그래프의 유효집전폭보다 적게 되도록 지지경간과 지지점의 편위를 설정해야한다.

이밖에도 전차선의 횡진을 검토하며 지지물의 휨에 의한 편위도 검토하며 고속철도의 차량동요에 의한 팬터그래프의 편위등을 검토하여 지지경간을 정한다. 전기철도설비관리규정 제4장전차선로중 제2절 지지물 61조의 표준경간은 이러한 각종 조건들을 검토하여 선정해 놓은 것이다.

표 준 경 간

곡 선 반 경	경 간 (m)
직선 및 곡선반경 1,600m 이상	(60)
곡선반경 1,000m이상	50
곡선반경 500m이상	40
곡선반경 300m이상	30
곡선반경 200m이상	20
()내는 기설선에 한한다.	

표준경간을 선정하면 지지물의 배치와 소요되는 예산을 어느정도 산정할수있다. 이에따라서 각종 금구류 및 자재들이 소요량도 결정되는 것이다.

경간이 설정되고 가동브라케트의 소요량이 파악된다. 가동브라케트가 걸리면 하중이 지지물에 영향을 주게되는데 지지물에 과연 얼마만큼의 모우멘트가 걸리게 되고 수직,수평하중이 얼마지 횡하중은 얼마지를 검토하여 최고치를 파악하고 그 최고치의 하중보다 지지물의 안전율이 높은지를 파악하여 지지물을 세우게 된다.지지물을 세우고 나서 열차가 지나갈때마다 지지물을 연결하고 있는 조인트는 얼마만큼의 하중에 견딜수 있을까? 조인트부분은 역구내에서 열차가 들어오고 나갈 때 각종금구류가 걸리고 하중이 걸릴때 빔과 강관주 및 철주,H형강을 연결하는 부분이다. 지금은 역구내에서 많이 쓰이고 있고 교량부분과 인류부분,장력부분에서도 빔과 지지물의 연결에 조인트 부분이 발생한다. 지금현재는 용접을 하는 방법과 강판밴드를 사용하는방법등이 검토되어 사용되고 있다. 재질 및 단면적이 정해지면 절점과요소들이 형성되는데 하중조건들이 검토되면(수직,수평하중,횡하중,기타하중) 총력방향으로 작용하는 힘들을 계산하여 조인트가 모우멘트를 받을때 변형도,전단력도를 검토하여 견딜수 있는지 어떤 조건이 더 좋은지를 파악하여 설치한다. 지금까지는 수계산으로 많이 계산되어 왔으나 최근에는 마이다스아이티사의 마이다스 구조해석 프로그램을 사용하여 많이 계산되어지고 있다.

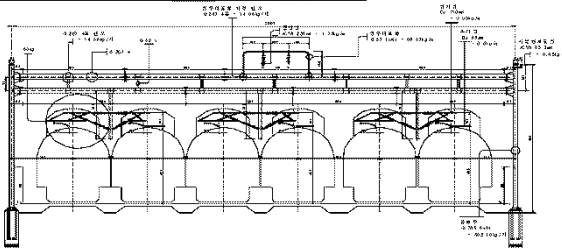
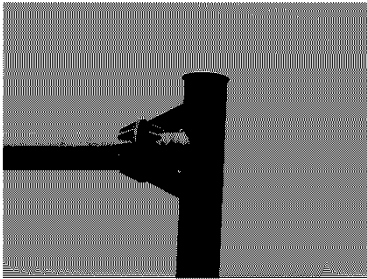


그림1. 강관주와 강관빔의 연결부분

그림에서 보는바와같이 강관주에 날개부분은 용접을 하고 빔을 연결하는 부분은 볼트를 이용하여 조립을 하였다.

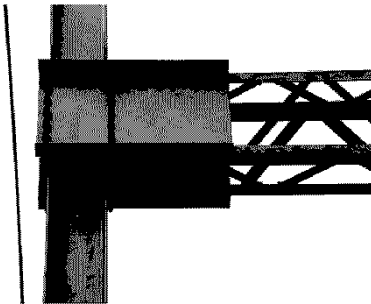


그림2. H형강과 조립빔의 연결부분

일반구간 및 역구내에서도 강관주와 강관빔을 사용하는 이외에 H형강과 조립철주를 이용한 연결 부분도 사용되고 있다.



그림3. 조립철주와 조립빔의 연결부분

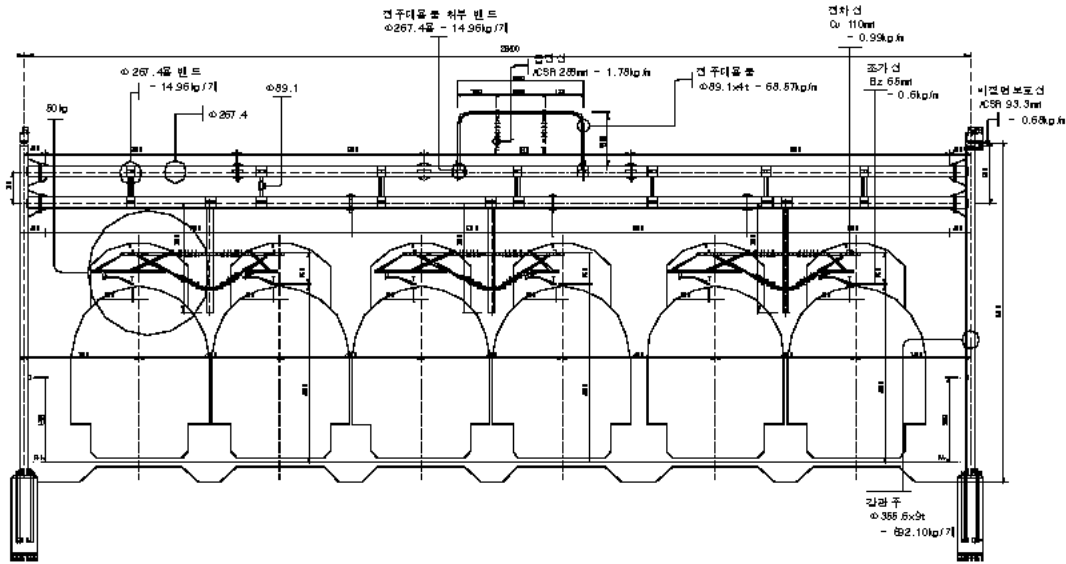
일반적으로 역구내에서는 조립철주와 조립빔을 연결하여 많이 사용하고 있다. 그러나 유지보수적인 면에서 손이 많아가기 때문에 점진적으로 강관주와 강관빔으로 교체되고 있다.

2.3 경제성 및 기술검토

H형강을 사용하거나 조립철주를 사용하거나 강관주를 사용하여 지지물을 설치하고 있다. 과연 어느것으로 해야 가장 경제적으로 설치하고 유지보수적인 측면에서도 유리한지 따져보아야한다. 아무리 좋아도 경제적으로 너무 많은 비용이 소모된다면 비효율적이다. 전차선을 지지하는 인접지물간의 중심간 거리를 크게하면 할수록 건설비는 적게든다. 하지만 이렇게 시설을 하게되면 차량의 동요와 풍압에 의한 전차선의 횡진동에 의해 팬더그래프가 전차선으로부터 이탈하게 된다. 특히 역구내에서는 여러선로가 겹치게되기 때문에 선로를 잡아주는 지지물의 간격도 좁아지게 된다. 투자비가 많이 들어가는 철도를 건설하고 운영하는 것은 결국 돈을 벌기위해서이다. 현대의 철도 운영기관들은 수익성을 최대로 높이고 고객도 최대로 만족시키기 위한 방안의 하나로 지역마다 나라마다의 설정에 맞는 운영 및 여객정보시스템을 구축하여 운영하고 있다. 우리나라의 현실에 맞게 조립철주, H형강, 강관주를 겸용으로 사용하고 있으나 장기적인 면이나 유지보수적인 면에서도 점차 강관주로 바뀌어야한다. H형강과 조립철주, 그리고 강관주의 가격을 비교해보고 장기적인 측면을 고려한다면 강관주의 설비가 점차 늘어나야한다. 지금현재 광주선일부구간 및 경부선일부구간에서만 사용하고 있으나 유지보수적인 측면을 고려한다면 강관주로 바뀌어야한다. 조립철주로 사용하는 빔은 볼트풀림현상이 발생하며 안전검사를 따로 시행하고 있으므로 강관주로 바뀐다면 단전후 간단한 점검으로 이런 비용을 줄일수 있으므로 강관주로 점차 교체되어야한다.

2.4 설계절차(설계예)

- 1) 설계기준을 가정하고 전철주의 높이, 제원등을 확인한다.
- 2) 강교설계기준의 기초를 기준으로하여 허용인장응력, 허용휨압축응력, 허용전단응력을 고려하여 적지도 과하지도 않은 SM490을 사용강종으로 선정해서 계산한다.
- 3) 사용강종: SM490
 허용인장응력 (kg/cm²): 1900, 허용휨압축응력 (kg/cm²): 1900, 허용전단응력 (kg/cm²): 1100
- 4) 단면가정



5) 적용 하중 및 모델링

— 급전선, 비절연 보호선부, 전차선부, 풍하중, 자중등을 입력하여 각프레임별로 변호를 입력하고 하중을 받는 절점도 변호를 부여하여 모델링을 실시한다.

6) 마이다스아йти사의 CIVIL 프로그램을 이용하여 모델링을 실시하면 축력, 전단력, 모멘트를 그래프로 보여주며 모델링을 통해 각부재중 가장 많은 인장과 압축을 받는 곳을 보여준다. 이결과에 따라 도로교 설계기준 허용력검토 공식과 허용인장응력, 허용압축응력 공식을 적용하여 값을 입력하면 허용인장응력과 허용압축응력이 나오고 안전율을 파악할수 있으며 각각의 데이터 값에 의해 합성응력을 검토하여 안전한지를 보여준다.

3. 결론

전기철도중 전차선로는 구조적인면들이 많이 발생하고 있다. 전철주검토도 이에 속하는 부분이고 기술적인 측면들이 많이 발생하고 있다. 마이다스사의 CIVIL 프로그램은 일반적인 건물과 철골구조물에 많이 적용되어 왔으나 전철주에도 적용해서 충분히 검토한다면 종래의 토목구조기술에 의뢰하여 데이터값을 받아 안전한지를 따지던 방식에서 벗어날 수 있다고 생각한다. 충분히 검토해볼 필요가 있는부분이라고 생각하고 이론적인 측면을 적용하여 검토했다. 종래의 수계산으로 적용하던 강관주와 연결부위의 검토를 CIVIL이라는 프로그램으로 적용해서 검토했다. 좀더 많은 자문과 연구가 필요하겠지만 점차 전차선로도 자체적인 검토능력을 갖추어야한다는 측면에서 본다면 충분히 검토해볼 가치가 있다고 생각한다. 앞으로 고속철도의 기술향상적인 측면과 경제성등을 감안할 때 강관주의 검토와 연결부위의 검토등이 자체적으로 이루어져야한다고 생각한다.

참고문헌

1. “도로교 설계기준” 2000
2. “강교설계의 기초(건설도서)” 1993
3. “최신전기철도개론” 도서출판 의계
4. “일본전기철도설비 해외출장보고서” 2000
5. “전기철도공학” 동일출판사

6. “전기철도구조물공학” 동일출판사
7. “전기철도설비 관리규정” 도서출판 전력기술
8. “철도공학” 공화출판사
9. “마이다스로 배우는 구조역학” 마이다스아이티사