

기존선 가동브래킷 곡선 당김 금구의 완충기능 필요성

A Need of Buffering Function for Full-Off Fitting on Movable Bracket using Conventional Line

안영훈* 김철수** 이승일***
Ahn, Young-Hoon Kim, chul-Su Lee, Seung-II

ABSTRACT

The Full-Off Fitting of Movable Bracket using conventional line have received a dynamic contact impact between contact wire and pantograph of electric rolling stock, so this impact cause a rapid vibration of foreword and back near the supporting point of movable bracket. The Full-Off Fitting on Movable Bracket in conventional line differs from that in high speed line. Now conventional line have required a speed up for new electric locomotive and electric car. In speed-up track and big impact place, the Full-Off Fitting and the dropper often get damage. We have done a study of buffering function to solve that problem in conventional line. We have find a need adopting buffer fitting. It is decrease a dynamic impact between contact wire and pantograph of electric rolling stock.

1. 서 론

교류 전기철도에서 전차선로는 전기철도차량이 주행하는 트랙의 상부에 일정한 높이를 유지하며 설치되어 차량에 운전동력을 공급하는 가공선로(Over head line) 형태로 구성되어진 전원공급설비(Power supply feeding equipment)이며, 전차선로는 전기차량과 전원공급과정의 인터페이스 과정에서 전기적 아크(Electric Arc), 순환전류(Circulation Current), 기계적 마모(Mechanical Friction), 기계적 충격(Mechanical Impact) 등의 여러 가지 문제점들을 일으킬 수 있다.

특히, 기존선의 속도향상과 더불어 일부 기존선의 주요간선에서 140km/h~160km/h의 운행 최고속도를 제한받으면서 신형 전기기관차(EL8200대) 및 KTX가 영업운전 중에 있다. 이로 인하여 지지점에서 열차통과 후 전차선의 급강하 시 발생하는 충격특성으로 지지점 양단에 설치되어 있는 드롭버전의 단선사고와 곡선 당김 금구의 회전클립 이탈 시 곡선 당김 금구의 수하특성으로 팬터그래프와 출동사고를 일으킬 수 있다.

그러므로 교류 전기철도의 안전사고방지(Safety accident prevention)와 열차속도 향상에 다른 기존선 전차선로 기자재의 품질확보(Quality Insurance) 측면에서 팬터그래프와 전차선의 접촉충격 시 발생하는 충격을 흡수하여 완화 시킬 수 있도록 기존선(Conventional line)에 사용되고 있는 가동브래킷(Movable bracket)의 곡선 당김 금구(Full-off Fitting)에 완충기능(Buffering function)을 구비하도록 하는 검토가 요구된다.

* 한국철도대학, 산학협력단, 정회원

E-mail : ahnknr@korea.com

TEL : (031)460-4613 FAX : (031)461-4015

** 한국철도대학, 철도차량기계과, 정회원

E-mail : chalskim@paran.com

TEL : (031)460-4215 FAX : (031)462-2944

*** 한국철도대학, 철도차량기계과, 정회원

E-mail : leeyil@hanmail.net

TEL : (031)460-4848 FAX : (031)462-2944

2. 가동브래킷의 유형과 곡선 당김 금구 비교

가동브래킷은 차량주행 중에 전차선과 팬터그래프간의 확실한 접촉을 유지하도록 전차선로 가선계가 팬터그래프와 유연성을 가지도록 설계하는 것이 중요하며, 특히 열차속도가 향상될수록 가동브래킷의 동적하중은 중요하게 고려되어야 한다.

가선계와 팬터그래프에 대한 국내의 여러 선행 연구들^{1,2,3,4,5,)}이 있지만 차량주행에 따른 가동브래킷의 동적하중에 대하여는 이승일⁶⁾에 의한 고속전철 주행에 따른 가동브래킷의 동적하중을 모델링하여 컴퓨터계산과 수축해석을 한 연구가 유일하며, 이선과 더불어 차량의 집전성능 판단기준의 한 요소인 전차선의 평균 접촉력에 대한 연구들^{7,8)}도 있다.

그러나 이러한 연구들은 주로 고속전철의 가선시스템과 팬터그래프간의 동역학 해석이나 전차선로 시설기준수립을 위한 연구이며, 차량속도 200km/h급 이하의 기존선(2급선 이하)의 전차선로 시설기준수립을 위한 검증시험, 실증시험, 설계개발 등에 대한 연구는 없다.

특히, 가동 브래킷의 하단에서 실제로 회전클립을 통하여 전차선을 지지하고 있는 곡선 당김 금구(혹은 진동방지금구)에 차량주행 시 전차선을 통한 접촉충격 및 이 충격에 의한 곡선 당김 금구 암 지지금구에 미치는 진동 및 충격에 대한 연구는 없다.

1) 가동브래킷의 유형

기존선 가동브래킷은 크게 트랙의 지형적 조건에 따라 수평 파이프와 경사파이프를 크로스완금으로 고정시켜 표준형으로 제작하여 상부 수평 파이프와 평행으로 부착된 하부 수평지지금구에 암 지지금구에 의하여 부착되어진 곡선 당김 금구가 전차선의 편위(Zigzag)를 어떠한 형태로 어느 방향에서 지지하는가에 따라 3가지 유형이 있으며 그림1과 같다.

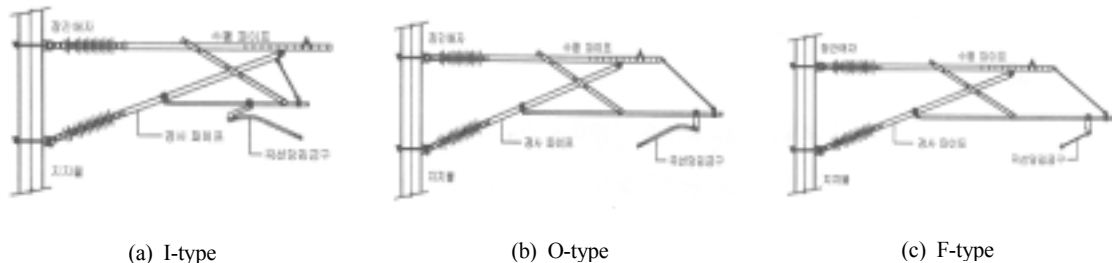


그림1. 기존선 가동브래킷

고속선 가동 브래킷은 크게 트랙의 지형적 조건에 따라 수평 파이프와 경사파이프 등 가동브래킷을 이루는 자재들을 설계프로그램에 의하여 제작하여 암 지지금구에 의하여 부착되어진 곡선 당김 금구가 전차선의 편위(Zigzag)를 그림2와 같이 선로의 어느 방향에서 지지하는가에 따라 크게 2가지 유형이 있으며 실제 현장에 설치된 형상은 그림3과 같다.

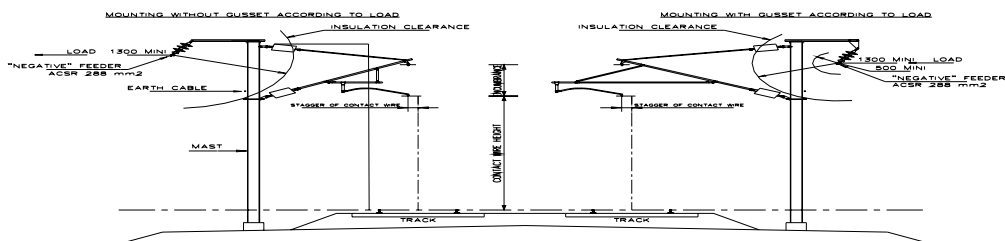


그림2. 고속선 가동브래킷

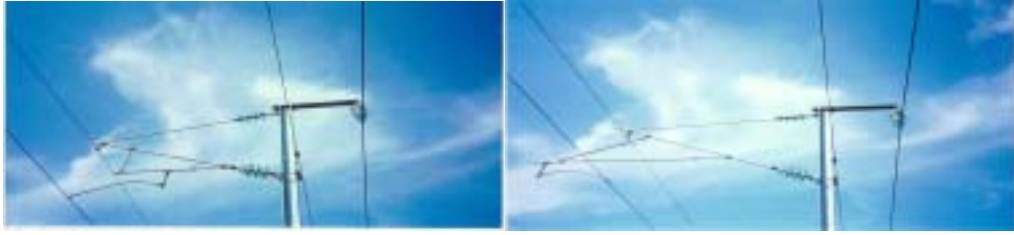


그림3. 고속선 인장형 및 압축형 가동브래킷

2) 곡선 당김 금구 비교

가동브래킷의 하부에 부착되어 전차선을 직접 지지하고 있는 기존선과 고속선의 곡선 당김 금구의 가장 큰 차이점은 팬터그래프의 압상력에 대응하는 곡선 당김 금구의 자유도에 차이가 있다는 것이다.

고속선의 곡선 당김 금구는 지지점에서의 차량주행 시의 전차선 압상량이 최대 300~500mm 정도의 범위에서 상승 및 하강 자유도를 가지므로 한 경간 내에서의 가선 탄성률이 균일하고 평균 전차선 접촉력을 낮출 수 있으므로 경점(Hard spot) 요인이 상대적으로 기존선보다 훨씬 작다는 것이다. 또한 차량 최대속도와 팬터그래프의 공역학 현상과의 공진에 의한 압상량이 500mm 이상을 초과하지 못하도록 차량 팬터그래프 측에 상승을 제한하는 잠금장치가 있어 전차선의 이상 압상에 따른 곡선 당김 금구의 지지금구와의 연결부위에서 접촉충격 및 스트레스로 인한 피로도가 상대적으로 기존선보다 훨씬 작으며 단지 원활한 힌지운동만 요구된다.

이와는 달리 기존선의 곡선 당김 금구는 지지점에서의 차량주행 시의 전차선 압상량이 최대 100mm 정도의 범위에서 상승 및 하강 자유도를 가지므로 한 경간 내에서의 가선 탄성률이 불균일하고 평균 전차선 접촉력이 커질 수밖에 없어 지지점의 경점(Hard spot) 요인이 상대적으로 고속선보다 훨씬 크다는 것이다. 또한 차량 최대속도와 팬터그래프의 공역학 현상과의 공진에 의해 압상량이 100mm 이상을 초과하지 못하도록 곡선 당김 금구의 암 지지금구 부위에 스톱바가 설치되어 전차선의 이상 압상에 따른 접촉충격 및 스트레스를 곡선 당김 금구가 직접적으로 받게 되므로 상대적으로 고속선보다 곡선 당김 금구가 받게 되는 피로도가 훨씬 크고 차량속도가 높을수록 연결부위에서의 힌지운동도 원활하지 않게 된다.

3. 기존선 가동브래킷의 문제점과 완충기능 필요성

차량속도에 따른 전차선의 변위를 계산한 연구에 의하면 주행속도에 따라 전차선의 변위가 증가함을 그림4와 같이 알 수 있으며, 가동브래킷의 변위는 지지점(고정점)에서의 변위이므로 조가선 변위에 가동 브래킷의 강성을 곱하면 가동브래킷에 걸리는 동적하중을 계산할 수 있다.⁶⁾

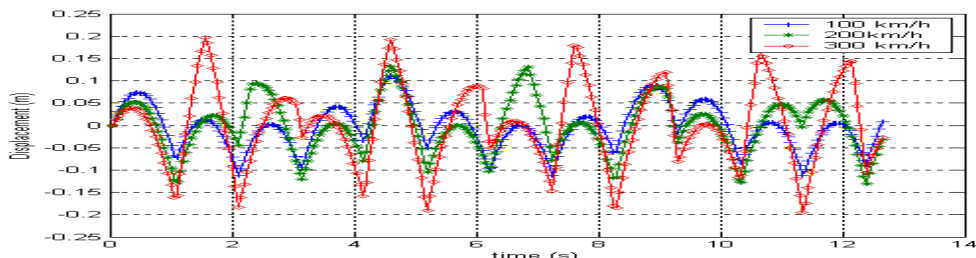


그림4. 전차선 한 경간에서의 변위

차량속도가 향상될수록 가동브래킷의 형상을 전차선변위가 한 경간에서 균일하게 될 수 있도록 설계하거나 가동브래킷에 걸리는 동적하중을 줄여야 한다. 그러나 이미 건설하여 영업운행 중인 기존 전철화 구간의 모든 가동브래킷을 재설계하여 교체하는 것과 동적하중을 줄이는 것은 현실적으로 많은 문제점이 있으므로 최적의 대안으로는 가동브래킷의 하부에 부착되어 전차선을 직접 지지하고 있는 곡선

당김 금구를 차량속도 향상에 적용하여 전차선변위가 적게 일어나는 형태로 개량하여 교체하는 것이 바람직하다. 가능하다면 곡선 당김 금구와 이를 지지하는 암 지지금구의 중량을 줄인다면 전체적으로는 가동브래킷의 동적하중을 줄이는 효과를 얻을 수 있을 것이다.

현실적으로 기존선 가동브래킷의 지지점에서의 전차선변위를 적게 하고 전차선의 압상량 및 접촉력에 의한 곡선 당김 금구의 접촉충격을 줄이기 위하여 완충기능에 대한 연구 필요성이 있다. 즉, 곡선 당김 금구가 암 지지금구와 연결되는 부위에 스프링설비(Spring equipment) 혹은 댐퍼설비(Damper equipment)를 삽입하여 접촉충격을 줄이는 완충기능(Buffering function)을 갖게 할 수 있다. 그림5와 그림6이 이러한 완충기능을 갖는 곡선 당김 금구의 예이다.

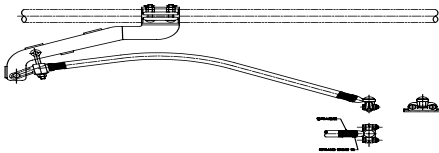


그림5. I형 완충형 곡선 당김 금구 예

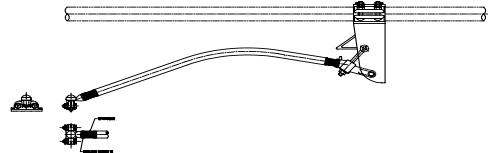


그림6. O형 완충형 곡선 당김 금구 예

4. 결 론

위에서 살펴본 것처럼 전차선로의 가선계에 있어서 가동브래킷은 트랙위의 일정한 높이에서 전기차량의 팬터그래프에 전원을 공급하기 위해 일정한 위치에 설치된 전주에 취부된 단순한 설비가 아니라 차량의 주행과 관련하여 동역학적으로 매우 중요한 관계를 갖는 설비로서 차량의 속도에 따른 전차선의 변위와 상관관계를 갖고 있다. 기존선은 대부분 2급선으로 라인에 따라 전차선로가 최고속도 130~180km/h를 수용할 수 있도록 건설되었으나 현실적으로 여러 가지 제약요건으로 인하여 선로구간에 따라 실제 최대차량운행속도는 110~160km/h로 제한하고 있다. 속도향상에 따라 가동브래킷의 곡선 당김 금구와 암 지지금구에 미치는 접촉충격을 완화하여 곡선 당김 금구의 피로도를 낮추고 운행속도를 향상하기 위해서는 현실적으로 기존선 가동브래킷을 재설계하여 교체하기보다는 곡선 당김 금구의 암 지지 연결부위에 완충기능을 부여하여 교체하는 것이 바람직하다. 또한 이러한 완충기능을 부여하면 곡선 당김 금구의 회전클립 이탈 시에도 곡선 당김 금구의 급격한 하강을 방지하여 팬터그래프와 접촉하여 발생하는 사고를 방지할 수 있으며, 차량의 운행속도향상에 따른 전차선의 급상승 및 급하강으로 인하여 가동브래킷 지지점 양단에 설치된 드롭버선에 미치는 충격도 완화시킬 수 있을 것이다. 본 연구에서는 기존선 곡선 당김 금구에 완충기능 적용의 필요성과 설치방안을 제시하였으나, 향후 완충기능(Buffering function)을 갖는 부위에 대한 정밀한 수치해석과 동역학시뮬레이션이 수행되고 가상 프로토타입 공정(Virtual prototyping process)을 통하여 상세설계가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 정대현, 최연선(1991), “고속전철 Catenary/Pantograph계의 동적응답에 대한 수치해석,” 성균관대학교 과학기술연구소, 성대논문집(과학기술편), Vol.42, No.1 pp. 377~390.
2. 김정수, 박성훈(2000), “설계변수 변화에 따른 KTX 가선계의 동적응답 해석,” 한국소음진동공학회지, 제11권, 제2호, pp.346~353.
3. 최연선(2000), “가선계의 강성변화와 팬터그래프의 집전성능,” 한국철도학회 춘계학술대회논문집, pp.598~605.
4. 최연선(2004), “가선시스템의 변화에 따른 집전성능 향상 방안 연구,” 연구보고서, 한국철도기술연구원.
5. 손건호, 이승일, 최연선(2005), “터널구간 가선계의 집전성능,” 한국철도학회논문집, Vol.8, No.1, pp.51-56.
6. 이승일, 최연선(2006), “고속전철 주행에 따른 가동브래킷의 동적하중,” 한국철도학회 춘계학술대회논문집, pp.194~200.
7. 창상훈외 12인(1999), “전차선로 시설기준 수립,” 연구보고서, 한국철도기술연구원.
8. 창상훈외 8인(2001), “가선시스템의 변화에 따른 집전성능 향상 방안 연구,” 연구보고서, 한국철도기술연구원.