

# 전차선로 드롭바 클램프 안전성 확보(I)

## Safety Assurance of Dropper Clamp in Overhead Catenary System(I)

이기원\* 조용현\*\* 박영\*\* 민병일\*\* 권삼영\*\* 석창성\*\*\*  
Lee, Kiwon\* Cho, Yong Hyeon\*\* Park, Young\*\* Min, Byungil\*\* Kwon, Samyoung\*\* Seok, Chang-Sung\*\*\*

---

### ABSTRACT

In the electrical railway, for the improvement of a train speed, it is necessary to study not only the dynamic behaviors of overhead catenary system but the fatigue behaviors of components for a safety assurance according to the increase of vibration level. One of the critical components in the system is a dropper. Therefore, the dynamic force acting on a dropper was measured in the Chungbuk Line and analyzed to figure out the dynamic characteristics the dropper. And in order to assure the safety of dropper clamp and cable, we proposed a test facility as well as test method based on the test results. For the further study, we will measure the dynamic forces in the conventional line and high-speed line and make up the test condition, so that the safety of dropper clamps can be assured.

---

### 1. 서론

우리나라 전기철도는 1973년에 산업선 전철화 및 1974년 수도권 전철화를 시작으로 기존선인 호남선 전철화, 경부선 전철화, 충북선 전철화 및 고속철도인 경부고속철도까지 비약적인 발전을 이루어 왔다. 전기철도에서 전차선로는 열차에 전기를 공급하는 시스템으로 열차속도 향상에 따라 전차선로 특성에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 전차선로의 주요시스템은 이동하는 팬터그래프가 직접 접촉하면서 열차에 전기를 공급하는 전차선, 드롭바를 통해 전차선을 현수하는 조가선, 조가선을 지지하는 가동브래킷 그리고 급전선, 보호선 및 가동브래킷 등을 지지하는 지지물 등으로 구성되어 있다.

전차선을 조가하는 목적으로 설치하는 드롭바(dropper)는 크게 두가지 타입이 있다. 행거(hanger)방식은 강제형식의 가요성(flexibility)이 없는 선을 사용하여 전차선을 조가 하되 보호덮개를 이용하여 전기적으로 조가선과 분리하는 방식이고, 드롭바 방식은 가요성이 있는 선을 이용하여 조가선에 전차선을 조가하는 방식인데 전기적으로 연결되어 있다[1].

행거방식은 1974년 수도권 구간에 처음 설치되어 현재 도시철도 구간에서 주로 사용되고 있다. 드롭바 방식은 철도의 대용량 및 고속화에 따라 행거방식에 비해 취부 불량으로 발생할 수 있는 순환전류 저감 및 균압설비 축소로 경점을 감소시킬 수 있기 때문에 1973년 산업선에 처음 채택되어 간선철도 구간에 설치되어 운영되고 있다[2].

드롭바는 전차선의 자중에 의해 항상 인장하중을 받고 있으며, 열차가 통과할 때 드롭바가 느슨하게(slack)되었다가 다시 자중에 의한 변동하중을 받기 때문에 실제 작용하는 변동하중을 수학적으로 계산하기 쉽지 않고 전차선로 조건 및 속도에 따라 드롭바에 작용하는 변동하중이 다르다.

---

\* 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부, 정희원

E-mail : kenlee@krri.re.kr

TEL : (031)460-5422 FAX : (031)460-5459

\*\* 한국철도기술연구원

\*\*\* 성균관대학교

일부 구간에서 드롭바 클램프 및 드롭바가 일부 파단되는 장애가 발생하여 이에 대한 연구가 수행된 바 있으나, 이는 드롭바 클램프의 재질특성 및 파단원인 연구에 국한하고 있다[3]. 드롭바 클램프 설계, 제작 및 피로한도검증 등에 필요한 드롭바에 작용하는 하중을 열차가 통과할 때(활선상태에서) 측정할 수 없어 안전성 확보에 어려움이 있었다. 따라서, 본 연구에서는 한국철도기술연구원에서 개발한 활선 상태에서 실시간으로 전차선로의 동특성을 측정할 수 있는 텔레메트리 측정장치[4]를 이용하여 드롭바에 작용하는 하중을 측정하여 드롭바의 안전성을 확보할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 드롭바에 작용하는 하중 측정

한국철도기술연구원에서 개발한 텔레메트리 측정장치[4]를 이용하여 그림 1과 같이 충북선 충주변전소 앞단에서 드롭바에 작용하는 하중을 측정하였다. 다음은 측정위치에서의 전차선로 조건 및 통과 열차 조건이다.

- 전차선(조가선) / 장력 : Cu110(CdCu70) / 1ton(1ton)
- 가고 : 960mm
- 통과 열차명 : EL8100대 전기기관차
- 열차 통과속도 : 약 91 km/h
- 드롭바 위치 : 40m경간 중 1번째 드롭바
- 사전이도 : 없음



그림 1 충북선 전차선로 동특성 측정장면



그림 2 측정용 드롭바 클램프

그림 2와 같이 드롭바 클램프 클립 양단에 무유도 스트레인 게이지(strain gauge)를 부착하여, 열차가 통과할 때 전차선 자중에 의해 드롭바 클램프에 작용하는 변동하중을 변형률(strain)로 측정하여 하중으로 변환(calibration) 시켰다.

### 2.2 측정결과 및 고찰

그림 3은 열차가 통과한 직후에 시간에 따라 드롭바에 작용하는 하중이 변화되는 그래프이다. 드롭

바에 전차선의 자중만 작용하는 정적상태의 하중을 '0'으로 적용하였다.

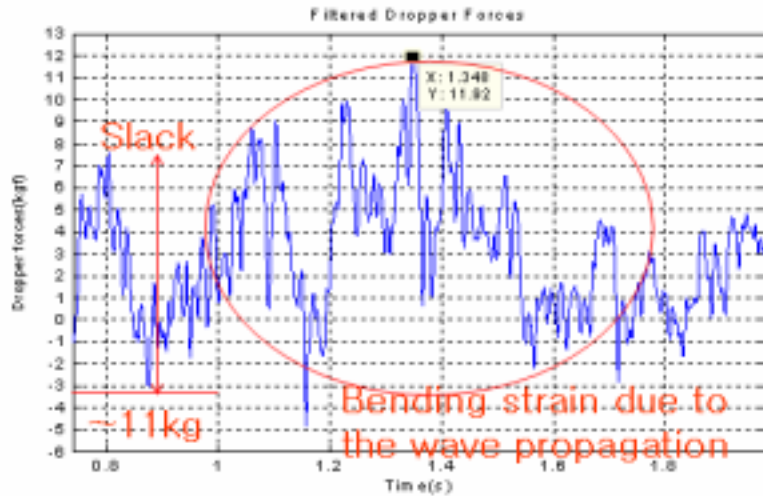


그림 3 드롭바에 작용하는 변동하중 측정결과(충복선)

그래프의 첫 부분은 열차가 통과할 때 펜더그래프의 압상력에 의해 드롭바가 느슨하게(slack) 되었다가, 열차가 통과한 후 전차선 자중에 의해 드롭바가 인장하중을 받는 형상으로 변동하중이 약 11kg 정도 작용하였다. 측정시 클램프에 설치된 2개의 스트레인 게이지 중 한쪽 스트레인 게이지가 설치과정에서 파손되어 반대편 스트레인 게이지의 신호만 측정되었기 때문에, 그림 3에서 처음 피크 이후에 나타나는 하중은 드롭바 클램프에 작용하는 순수한 인장하중이 아닌 전차선 파동전파로 인한 클램프의 굽힘하중에 의한 힘이 지배적인 것으로 판단된다.

### 2.3 드롭바 및 클램프 안전성 확보방안

드롭바에 작용하는 정적하중은 전차선 선중 및 드롭바 간격 등 전차선로 조건에 따라 상이하다. 기존선의 경우 사전이도가 없는 경우에 드롭바 간격이 일정하다면 각 드롭바에 작용하는 정적하중은 동일하지만, 경부고속철도와 같이 사전이도가 적용된 경우에는 드롭바 간격이 유사하더라도 첫 번째 드롭바에 가장 큰 정적하중이 작용한다. 그리고, 열차 속도가 증가함에 따라 드롭바의 상하 가속도가 커지고 드롭바가 느슨해지는 경향도 달라지는 등 드롭바의 동적거동이 달라지기 때문에 드롭바 및 드롭바 클램프의 피로 안전성을 확보함에 있어 실제 노선에서 열차통과시 실측을 통하여 드롭바에 작용하는 변동하중 및 피로시험 횟수를 정하는 것이 타당하다. 그러나, 본 연구를 제외하고 현재까지 전차선로 조건에 따라 드롭바에 작용하는 하중을 측정한 경험이 없기 때문에 드롭바 및 드롭바 클램프의 피로 안전성을 확보하는데 어려움이 있었다.

본 논문에서 제시하고 있는 드롭바에 작용하는 동적하중 측정방법 및 텔레메트리 측정시스템의 개발로 향후 전차선로 조건에 따라 드롭바에 작용하는 동적하중 등을 측정하여 아래에서 제시하고 있는 피로시험방법을 이용하면 드롭바의 피로 안전성을 확보할 수 있을 것이라고 기대된다.

- ① 전차선로 조건에 따라 실측한 결과를 기초로 변동하중, 드롭바 길이 및 피로시험 횟수를 정하고,
- ② 그림 4의 방법과 같이 드롭바가 연결된 클램프에 결정한 무게의 무게추를 클램핑하여
- ③ 무게추가 자유낙하할 수 있는 진동수로 결정한 횟수 이상까지 시험을 수행함

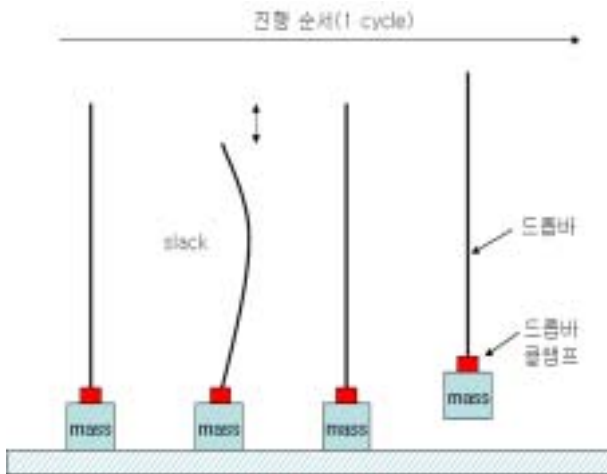


그림 4 드롭바 클램프 피로시험 진행순서

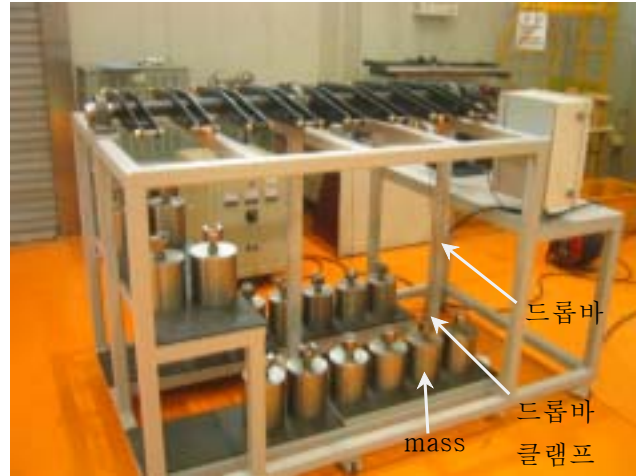


그림 5 드롭바 클램프 피로시험기

본 연구에서는 또한, 위와 같은 방법으로 시험 할 수 있는 드롭바 클램프 피로시험기를 그림 5와 같이 개발하였다. 본 시험기는 위에서 제시한 시험방법에 따라 서보모터를 이용하여 한번에 16개까지 피로시험을 수행할 수 있도록 설계하였다.

### 3. 결론

열차의 속도향상을 위하여 전차선로 시스템 파라미터 결정을 위한 동특성 연구뿐만 아니라, 전차선로의 진동레벨이 올라감에 따라 클램프와 같은 금구류의 안전성 확보를 위해 피로특성 연구도 필수적으로 수행하여야 한다.

따라서, 본 연구에서는 전차선로의 대표적 금구인 드롭바 클램프 및 드롭바의 피로 안전성을 확보하기 위하여 충북선에서 한국철도기술연구원에서 개발한 텔레메트리 측정장비를 이용하여 드롭바에 작용하는 동적하중을 활선상태(열차가 통과할 때)에서 측정/분석하였고, 이를 활용하여 수행할 수 있는 피로시험 방법을 제시하였을 뿐만 아니라 제시한 시험방법에 따라 피로시험을 수행할 수 있는 시험설비를 개발하였다.

연구결과를 기초로 향후 더욱더 많은 선로에서 드롭바에 작용하는 하중을 측정/분석하여 이를 활용하면 기존선 및 경부고속철도뿐만 아니라 향후 속도 향상시 드롭바 클램프의 안전성을 확보할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

1. 김양수, 유해출(1999), “전기철도공학”, 통일출판사
2. 김연근, 창상훈, 오기봉(2002), “전차선로 드로퍼 크램프 재질향상에 관한 연구”, 한국철도학회 추계 학술대회논문집
3. 김정남, 권성태, 강계명(2004), “전차선로 드로퍼 클램프 파단 원인 분석”, 한국철도학회 춘계학술대회논문집
4. 나해경, 박영, 조용현, 이기원 외(2007), “실시간 계측시스템을 이용한 전차선로 특성 측정”, 한국전기전자재료학회, Vol.20, No.3, p281