

## 고속철도 전차선로 드롭퍼 와이어 파단원인 기초연구

이태훈\*, 박기범\*\*, 전용주\*\*, 류영태\*\*  
 코레일 철도연구원\*, 코레일 철도연구원\*\*

### Fundamental Study on the Fracture Cause of Dropper Wire in Catenary System

Tae-Hoon Lee\*, Gi-Bum Park\*\*, Yong-Joo Jeon\*\*, Yong-Tae Ryu\*\*  
 KORAIL Research Institute\*, KORAIL Research Institute\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 고속철도 전차선로 드롭퍼 와이어의 파단현상에 대해 분석을 통하여 철도운영의 안정성 향상을 위한 기초연구를 수행하였다. 300km/h로 주행하는 KTX의 판토그래프와 전차선이 직접 접촉하면서 발생하는 기계적 피로도의 누적으로 인한 증가로 경부고속선 전차선로 시스템의 장애사고 예방을 목적으로 하고 있다. 추후, 고속철도 전차선로 드롭퍼 수명향상 목적으로 유지보수관리 체계 효율화와 분석된 파단원인을 바탕으로 드롭퍼 구조개선 방안을 마련하여 합리적 개량방안 수립을 하고자 한다.

<그림 1>은 단순 커티너리의 구성을 나타낸다. 가공전차선로는 전차선(Contact wire), 조가선(Messenger wire), 드롭퍼(Dropper), 가동브라켓(Moving bracket), 곡선당김금구(Steady arm), 비절연보호선(Fault protection wire) 등으로 구성되어 있다. 전차선은 팬터그래프의 팬헤드와 직접 접촉하는 부분이며 조가선은 전차선을 위에서 지지해 주는 부분으로서 전차선이 일정한 높이를 갖게 하고 전체적으로 강성을 균일하게 하기 위해 설치된다. 드롭퍼는 전차선과 조가선을 연결하는 선으로 경간 내의 위치에 따라 다른 길이로 설치됨으로써 조가선의 처짐에도 전차선은 일정한 높이를 갖게 된다.

## 1. 서 론

1993년부터 상업속도 300km/h로 영업운행을 하고 있는 TGV-N(북부선)노선의 경우는 영업운행을 시작한지 만 5년이 경과 된 시점부터 드롭퍼 및 균압선 등에서 가닥소손이 발생하기 시작하여 절손장애가 발생한 기록이 있다. 경부고속철도 전차선로는 코아계약으로 설치되었으며, 국내 지역적 환경과 KTX 판토그래프가 일정한 압상력을 가지고 주행함으로써 진동에 의한 파동이 발생하며 이 파동에 의한 기계적 피로도 증가로 2004년 4월 경부고속철도 개통이후 전차선로 드롭퍼 와이어의 단선이 2007년까지 55개소에서 발생되었으며, 이것은 열차안전운행에 저해 요인으로 작용하기 때문에 이에 대한 단선 원인분석 및 대책 강구가 필요하였다.

## 2.2 드롭퍼의 구성

드롭퍼는 전차선을 수평으로 유지하기 위해 전차선을 조가선에 현수하는 장치로서 드롭퍼는 12mm의 청동연선 양단에 클립형 금구로 조가선에 맞춰 전차선을 조가선에 현수되게 지지하며 그 구조는 전차선이 판토그래프 등의 압상력의 작용 등으로 상승시 드롭퍼의 청동연선은 유연하게 휘어지므로써 와이어의 소선단선을 막을 수 있으며 전차선 상호작용에 유연하게 대처하여 진동피로, 마모 등을 줄일 수 있다. <그림 2>는 드롭퍼의 구성을 나타낸다.

## 2. 본 론

### 2.1 가선구조 방식

복합 커티너리는 일본 신간선의 표준가선으로 고속열차가 동력분산식이기 때문에 다수의 판토그래프를 갖게 되어 거리가 짧아 상호진동의 간섭에 의한 공진 및 이선이 심각하게 발생하므로 전차선에서 일정한 탄성을 유지하도록 하는데 중점을 둔 구조이다. 변형 Y형 커티너리는 전철주 지지점에서의 큰 강성도를 분산시키기 위해 Stitch선을 추가한 구조로서 비교적 단순한 구조이면서 어느 정도의 균일한 탄성을 확보할 수 있으며 독일 및 스페인에서 채택하고 있는 형식이다. 단순 커티너리는 집진성능이 가선의 정적 탄성특정보다는 진동특성에 더 크게 영향을 받는 원리를 이용하여 드롭퍼 간격의 조절을 통해 탄성의 불균일성을 감소시키고 동시에 장력을 높여 단순구조화를 실현한 설계로 프랑스, 한국, 일본 등의 고속전철 시스템에서 적용하고 있다.



<그림 2> 드롭퍼 구성

드롭퍼선은 <표 1>에 드롭퍼선 특성처럼 단면적 12mm<sup>2</sup>와 직경 5.19mm의 청동연선으로 제작되어 있으며, 구성은 0.65mm의 전선 7가닥으로 꼬여진 중심의 1묶음과 외피층을 만드는 0.54mm의 직경을 가지는 7개의 선으로 꼬여진 6묶음으로 구성되어 있다.



<그림 1> 단순 커티너리 구성

<표 1> 드롭퍼선 특성

	적용규격	청동연선(Bz)
	공칭단면적	12mm <sup>2</sup>
	소선수[가닥/mm]	(7×0.65)×1 (7×0.54)×6
	재료[%]	카드뮴(0.9~1.2) 주석(0.2~0.3) 기타(0.03 이하)
	인장하중[N]	6,943
	전기저항[Ω/km]	2.1 이하
	단위중량(kg/m)	0.103

### 2.3 드롭퍼 배치 간격

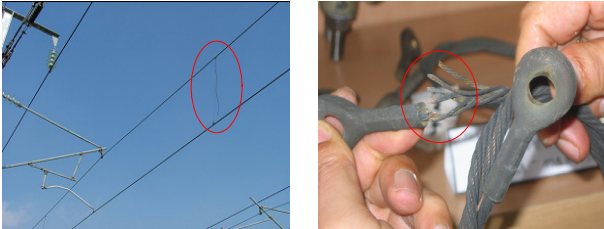
드롭퍼 배치 간격은 경간 내에서 첫 번째와 마지막 번째 드롭퍼는 무조건 4.50m로 하고 나머지는 6.75m를 원칙으로 하되 표준 경간 길이를 고려 4.50m를 경간 중앙에 배치할 수도 있도록 하였다. 따라서 표준 경간 길이는 4.50m와 6.75m의 조합 값 중에서 선정되며, 최대 63m부터 최소 27m까지 다양한 표준 경간 길이를 규정하여 두고 있다.

63.00 m span - 9 droppers									
4.50	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	4.50
58.50 m span - 9 droppers									
4.50	6.75	6.75	6.75	4.50	4.50	6.75	6.75	6.75	4.50
54.00 m span - 8 droppers									
4.50	6.75	6.75	6.75	4.50	6.75	6.75	6.75	4.50	
49.50 m span - 7 droppers									
4.50	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	4.50	
45.00 m span - 7 droppers									
4.50	6.75	6.75	4.50	4.50	6.75	6.75	4.50		
40.50 m span - 6 droppers									
4.50	6.75	6.75	4.50	6.75	6.75	4.50			
36.00 m span - 5 droppers									
4.50	6.75	6.75	6.75	6.75	4.50				
31.50 m span - 5 droppers									
4.50	6.75	4.50	4.50	6.75	4.50				

<그림 3> 표준경간에서의 드롭퍼 간격

### 2.4 드롭퍼 단선 사례

드롭퍼는 전차선의 자중에 의해 항상 인장하중을 받고 있으며, 열차가 통과할 때 드롭퍼가 느슨하게 되었다가 다시 자중에 의한 변동하중을 반복적으로 받고 있다. <그림 4>는 고속선 드롭퍼의 와이어 단선 사례를 나타내고 있다. 드롭퍼 와이어의 파단 위치는 전철주 첫 번째 드롭퍼선의 전차선측 단선이 주로 발생하고 있다. 이는 사전이도의 적용으로 전철주 첫 번째 드롭퍼 와이어에 정적하중이 큰 것으로 보인다.



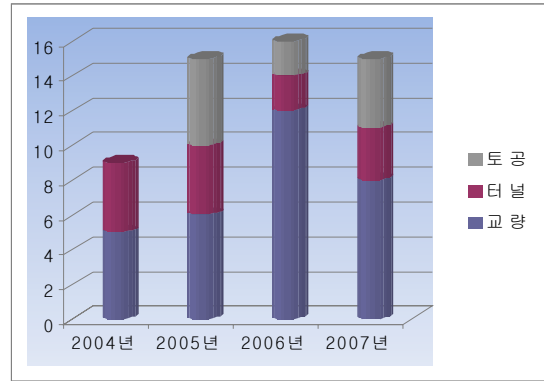
<그림 4> 드롭퍼 단선 사례

### 2.5 드롭퍼 단선 현황

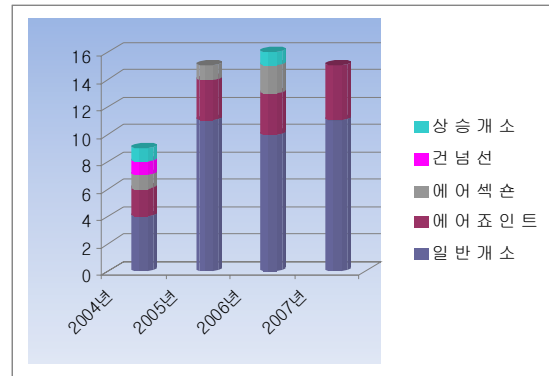
2004년부터 2007년까지 경부고속철도 전차선로 드롭퍼 단선 현황을 분석한 결과, 지형별 단선현황은 교량구간 56.4%, 터널구간 23.6%, 토공구간 20.0% 순으로 나타났다. 또한 설치위치별 단선현황 중 가장 높은 개소는 일반 개소(65.5%)이며, 전기적으로 접속되어 있는 에어조인트 개소(21.8%), 전기적으로 분리되어 있는 에어섹슨 개소(7.3%), 상승 개소(3.6%) 및 교차하는 전차선의 레일면상 높이를 같은 높이로 유지하여 판도그래프가 전차선에 기여드는 사고를 방지하는 건넘선 개소(1.8%)순으로 나타났다.

<표 2> 드롭퍼 단선 현황

구분	계	지형별			설치위치별				
		교량	터널	토공	일반 개소	에어 조인트	에어 섹슨	건넘선	상승 개소
2004년	9	5	4		4	2	1	1	1
2005년	15	6	4	5	11	3	1		
2006년	16	12	2	2	10	3	2		1
2007년	15	8	3	4	11	4			
합계	55	31	13	11	36	12	4	1	2



<그림 5> 지형별 드롭퍼 단선 횟수



<그림 6> 설치위치별 단선 횟수

## 3. 결 론

첫 번째 드롭퍼 지점에서 사전이도 적용으로 정적하중이 크며, 탄성이 가능한 한 균일하게 분포되도록 하기 위해서는 첫 번째 드롭퍼의 간격 선택이 무엇보다 중요함을 알 수 있다. 드롭퍼 와이어에 되풀이해서 가해지는 기계적 피로에 대해 어느 정도 크기의 응력과 응력의 반복횟수에 영향을 받는지 분석할 예정이다. 또한 추후에 고속철도 전차선로 드롭퍼 수명단계 분석으로 유지보수관리 체계 효율화와 분석된 파단원인을 바탕으로 드롭퍼 구조개선 방안을 마련하여 합리적 개량방안 수립을 하고자 한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 안영훈, "프랑스 고속철도 전차선로 시스템에서 균압선의 문제점", 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.636~651, 2000
- [2] 이기원 외 5명, "전차선로 드롭바 클램프 안전성확보(I)", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp.223-226, 2007
- [3] 한국철도표준규격, "청동연선(Bz) KRS PW 0008-07(R)", 2006
- [4] 창상훈, "고속화에 대응한 가선구조의 특성 최적화 방안", 한국철도기술연구원, 2000
- [5] 정상기, "전력시스템 성능향상 기술개발", 한국철도기술연구원, 2007