

# 급전분기선 지지 크램프 개발에 대한 검토

## A Review on the Development of Hold Clamp for Feeder Distribution Line

박원찬†                      이재봉\*                      오성호\*                      박종학\*\*  
Weon-Chan Park              Jae-Bong Lee              Sung-Hyo Oh              Jong-Hak Park

### ABSTRACT

The hold clamp which is for holding feeder distribution line in direct current can be lengthened its span of life by inserting insulators(EDPM rubber) through improving its function such as preventing damage from temperature change and electric corrosion.

This paper reviews the development background, design, manufacture and performance assessment of the hold clamp inserting insulators to prevent circulating current.

### 1. 서론

직류공급방식 전차선로의 급전선에서 전차선에 급전하기 위하여 급전분기선을 가동 브라켓에 지지하는 급전분기선용 지지 크램프에 관한 것으로서, 절연체(EDPM고무재)에 의한 순환전류 방지로 지지크램프가 전기차 운전부하전류에 의한 전기적인 마모를 제거하고, 급전분기선의 신축성 확보에 따른 온도변화에 부합으로 손상피해방지 및 이종(異種)금속 간의 접촉으로 전기부식현상을 방지하여 사용수명을 높이고자 한다.

본 논문에서는 순환전류 방지용 절연체를 삽입한 지지 크램프의 개발배경과 설계 및 제작, 성능평가 등을 검토하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 개발배경

직류공급방식 전기철도의 전력을 공급하는 정(Positive)급전선과 변전소로 귀환하는 부(Negative)급전선 및 전차선에 연결하는 급전분기선을 총칭하여 급전분기장치라고 한다.

급전분기개소는 조가선과 전차선을 상호 균압하고 전차선과의 접속은 Y형 접속관("Y" Type Feeder Ear)으로 접속한다.

† 정회원, 서울메트로, 제2기술사업소, 주임  
E-mail : tbird95@hanmail.net  
TEL : (02)6110-8818 FAX : (02)6110-8830  
\* 정회원, 서울메트로, 철도사업단(김포), 처장  
E-mail : catenarysm@paran.com  
TEL : (031)980-8707 FAX : (031)980-2564  
\* 정회원, 서울메트로, 철도사업단(김포), 과장  
\*\* 비회원, 서울메트로, 제1기술사업소, 대리

가동브라켓을 매개로 설치되는 급전분기장치는 순환전류로 인한 조가선 및 전차선의 소선 및 손상을 방지하기 위하여 절연 지지 크램프를 개발하게 되었다.

## 2.2 급전분기장치 간격

직류구간의 급전분기간격은 설비되어 있는 선로의 상태(구배, 곡선 등), 운행하는 전기차의 성능, 그 선로 구간의 표정건인 톤수 및 열차속도 등의 모든 조건을 고려하여 전기차가 전차선에서 안전하게 집전이 가능한 전류값과 집전 가능한 전류값에 따른 전차선의 온도상승 제한의 두 가지를 기본으로 하여 결정한다. 급전분기선은 전류용량과 기계적 강도를 고려하여 전선의 굵기를 결정하여야 한다. 특히, 급전분기선의 허용전류값은 전차선의 허용전류값(조가선 Fe135[mm<sup>2</sup>], 전차선 Cu110[mm<sup>2</sup>]일 때 555[A])이상의 경동연선 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 전선으로 선종별 전류용량은 표1과 같다.

표 1. 각 분기선용 경동연선의 전류용량

선종[mm <sup>2</sup> ]	전류용량[A]	선종[mm <sup>2</sup> ]	전류용량[A]
60	300	150	550
80	360	200	650
100	420	250	760

## 2.3 급전분기선의 접속

급전분기선과 전차선의 접속은 급전분기선에 인장력이 걸리지 않도록 하여 전차선의 자동장력조정장치의 기능을 저해하지 않도록 하고 전기차의 판타그래프가 통과할 때 전선의 진동이나 전차선의 이동으로 인한 접속점의 국부마찰로 소선단선이 발생하지 않도록 하여야 한다. 알루미늄연선과 동연선을 접속하는 경우와 같이 서로 다른 금속을 접속하면 접촉 전위차에 의하여 부식이 발생하게 되므로 가급적 사용하지 않는 것이 좋으며, 부득이한 경우에는 서로 다른 금속에 대한 부식대책을 강구한 합금제를 사용하여야 한다. 알루미늄연선과 경동연선을 접속하는 경우 경동연선을 알루미늄연선보다 아래에 두어야 한다.

그렇지 않을 경우 동의 부식 생성물이 빗물 등에 의하여 알루미늄 연선에 흘러 알루미늄 연선을 부식시키므로 기계적 강도의 저하와 접속부분의 전기적 접촉저항의 증가로 인하여 열화 단선 등의 사고 우려가 있어 표2의 특성을 고려하여야 한다.

표 2. 경동연선과 경알루미늄선의 특성

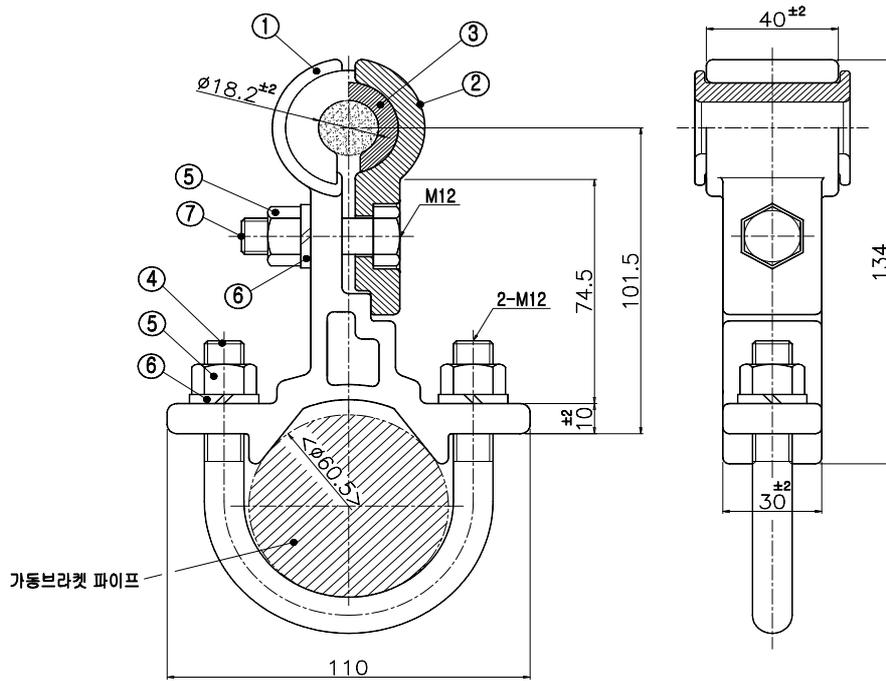
구 분	경동연선	알루미늄연선
물리적 특성	비중 20[°C]	6.89
	선팽창계수	17x10 <sup>-6</sup>
기계적 특성	인장강도	41.6~44.9
	도 전 율	97

## 2.4 개발검토

### 2.4.1 금속조합 설계

금구류는 가선 구조물에 조합하였을 경우 물리적 및 기계적인 특성에 부합되고 합금금속은 대기환경 또는 전기적 접촉저항에 유리한 금속으로 조합하는 것을 원칙으로 한다. 이에 대한 규격 및 재질은 그림1의 지지크램프 상세도와 표3의 이중금속의 조합에 의한 부식특성을 고려하여 선택하여야 한다.

그림 1. 지지크랩프 상세도



기호	품 명	재 질 및 규 격	형상치수	수량	비 고
1	크 랩 프 본 체	KS D 4302 구상흑연주철, GCD450	-	1	용융아연도금
2	크 랩 프 덮 개	KS D 4302 구상흑연주철, GCD450	-	1	용융아연도금
3	절 연 덮 개	EPDM 고무, 흑색	-	1	-
4	U 볼 트	KSD 3503 일반구조용 압연강재	M12	1	용융아연도금
5	너 트	KSD 3503 일반구조용 압연강재	M12	3	용융아연도금
6	스 프 링 와 셔	KSD 3503 일반구조용 압연강재	M12	3	용융아연도금
7	볼 트	KSD 3503 일반구조용 압연강재	M12	1	용융아연도금

표 3. 이종금속의 조합에 의한 부식특성

접속 금속 \ 피접속 금속	알루미늄·청동 은·주석·청동	동·황동	철강·주철	아연	스테인리스강	크롬	알루미늄
알루미늄·청동 은·주석·청동	-	○	○	○	⊙	⊙	○
동·황동	⊙	-	○	○	⊙	⊙	○
철강·주철	◐	◐	-	○	◐	◐	⊙
아연	◐	◐	◐	-	◐	◐	◐
스테인리스강	○	○	○	○	-	○	○
크롬	○	○	○	○	○	-	○
알루미늄	●	●	⊙	○	⊙	⊙	-

주1) ○ 접촉 금속에 의해 피접촉금속의 부식이 증가하지 않는 것.

○ 접촉 금속에 의해 피접촉금속의 부식이 증가하는 것.

● 습기가 존재하는 경우, 가령 심한 부식조건이 아니더라도, 적당한 방식대책을 강구하지 않는 경우, 이 조합은 중지해야 할 것.

● 접촉금속에 의해 피접촉금속의 부식이 현저히 증가하는 것.

#### 2.4.2 절연체 설계

절연체에 의한 순환전류 방지와 이종금속 간의 접촉에 대한 전식방지로 사용수명을 연장 등을 고려하여 내 노화성과 내 오존성이 우수한 표4의 특성을 참고하여 에틸렌-프로피렌고무(EPDM)를 선택하였다.

표 4. 고무특성 및 물성표

고무의 종류 (ASTM약호)		실리콘고무 (Q)	천연고무 (NR)	니트릴고무 (NBR)	네오플렌 (CR)	플루오르 고무(FPM)	부렐고무 (IIR)	에틸렌-프 로피렌고무 (EPDM)
주요 특성	장점	내열성 내한성 무독성	촉감좋음 기계적 성질좋음	내유 내마모 내노화성	내마모성	내열성 내약품성등	내기밀성	내노화성 내오존성
	단점	기름,약품 인장강도 약함	내오존성 약함	내오존성 약함	내오존성 약함	가격고가	기름에 약함	기름에 약함
순고무비중 (합성)		0.93~0.95 (1.5)	0.92 (1.45~1.49)	1.00~1.20 (1.5)	1.15~1.25 (1.5)	1.80~1.82 (2.4)	0.91~0.93 (1.45~1.49)	0.86~0.87 (1.45~1.49)
경도(쇼어A)		35~80	40~95	40~95	40~95	60~95	35~95	40~95
인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		30~90	70~280	50~250	60~250	70~150	50~150	50~200
반발탄성		A	A	B	A	B	C	B
상용 온도 (℃)	최고	200	60	100	100	220	120	140
	최저	-75	-40	-25	-30	-25	-40	-40
내 마 모 성		C	B	A	A	B	C	C
내굴곡균열성		C	A	B	B	B	A	B
운 활 유		B	D	A	B	A	D	D
휘 발 유		D	D	B	C	A	D	D
알 코 올		C	A	A	A	B	A	A
뮍 은 산		B	B	B	A	A	A	A
알 카 리		B	B	B	A	C	A	A
주요용도		- 식품 - 복사기 롤러 - 열용착용	- 고무줄 - 공기스프링	- O링 - 가스켓 - 내유호스	- 콘베어 벨트	- O링(내열)	- 자동차 튜브 - 공	- Door Packing

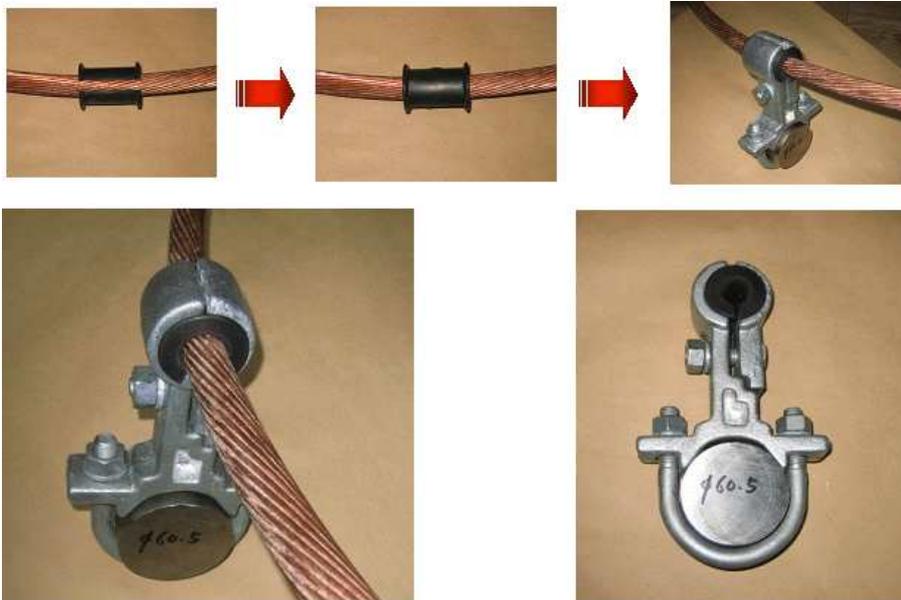
### 2.4.3 제조 및 가공

- 1) 크래프는 급전분기선 크래프, 수평파이프지지 체결용 U볼트 및 절연덮개로 구성한다.
- 2) 크래프의 재질은 KS D 4302 구상흑연 주철품의 GCD450에 의하며, 절연덮개는 에틸렌-프로피렌고무(EPDM : Ethylene Propylene Rubber)고무를 사용한다.
- 3) 치수의 허용차는 부도 및 승인도면에 지시하는 것을 제외하고는 주조품에 있어서는 KS B 0250에 준하며, 기계 가공 부분은 KS B 0412의 보통급으로 한다.
- 4) 체결 볼트/너트는 KSD 3503 일반구조용 압연강재품을 사용하며, 용융아연도금을 시행한다.
- 5) 크래프는 표면이 균일하고 사용상 유해한 결함이 없어야 한다.

### 2.4.4 성능시험

- 1) 구조 및 치수 검사는 부도 및 승인도면에 의하며, 조립순서는 그림2와 같다.

그림 2. 절연 지지크래프 조립순서



### 2) 선조장악력 시험

급전 분기선을 크래프에 조립하여 육각 머리 볼트로 600[kgf.cm]이상으로 조인후, 급전 분기선에 표5의 인장하중을 1분 동안 인가한다. 급전 분기선이 크래프에서 미끄러지기 시작하는 때의 하중치를 구한다. 규정된 하중치 이하에서 Slip이 발생치 않아야 한다.

표 5. 선조장악력시험결과

구 분	성 능 기 준	시 험 결 과
선조장악력 시험	50 ± 10[kgf]이상	- 조임토크 500[kgf.cm]일 경우 48kgf에서 Slip 시작
		- 조임토크 600[kgf.cm]일 경우 75kgf에서 Slip 시작

### 3) 절연저항 시험

급전분기선을 크래프에 조립한 후, 직류 1,000[V]를 1분간 인가시, 절연저항 값은 표6의 기준치 이상이어야 한다.

표 6. 절연저항시험결과

구 분	성 능 기 준	시 험 결 과
절연저항 시험	5.5× 10 <sup>5</sup> [MΩ]이상	- 조임토크 500[kgf.cm]일 경우 100× 10 <sup>5</sup> MΩ 이상
		- 조임토크 600[kgf.cm]일 경우 20× 10 <sup>5</sup> [MΩ]이상

4) 내한성 시험

크램프를 -20± 2[℃]의 항온 상에 넣어 2시간 냉각시켜 꺼내어 상온에 약 30분간 방치 후, 절연덮개에 균열 등의 이상 유무는 표7과 같이 확인한다.

표 7. 내한성시험결과

구 분	성 능 기 준	시 험 결 과
내한성 시험	-20℃± 2[℃]에서 2시간 유지후, 균열 등 이상이 없을 것.	이상없음

5) 내열성 시험

크램프를 +90± 2[℃]의 항온 상에 넣어 2시간 가열시켜 꺼내어 상온에 약 30분간 방치 후, 절연덮개에 균열 등의 이상 유무는 표8과 같이 확인한다.

표 8. 내열성시험결과

구 분	성 능 기 준	시 험 결 과
내한성 시험	+90± 2[℃]에서 2시간 유지후, 균열 등 이상이 없을 것.	이상없음

3. 결 론

절연체로 인한 순환전류의 방지로 전기적 국부 마모 및 부식의 방지로 사용수명이 보장 되는 장점이 있으며, 가동브라켓의 수평파이프와 견고한 결속에 의한 급전분기선의 지지가 제공되고 온도변화에 의한 신축성 확보로 단선을 방지하여 유지관리측면에서 신속한 교체가 가능하여 제품의 신뢰성이 보장된다.

참고문헌

1. 전기철도공학 "서울메트로" pp.232-236.