

## 154KV XLPE CABLE의 PRE-MOULDED TYPE 접속재의 적용

이 천 구\* 장 인 희  
한일전선주식회사

## Application of pre-moulded type joint for 154KV XLPE CABLE

Cheon-Goo Lee, Yin-Hee Jang

## ABSTRACT

In generally, the TMJ is widely used for the 154KV underground system. However it has been many troubles such that working time, quality.

In this paper will discuss our first successfull service experience in KOREA.

And practical results and experience gained from the electrical tests on site test.

| 종류                     | 약호  | 특징                                    |
|------------------------|-----|---------------------------------------|
| TAPEMOLDED JOINT       | TMJ | -접속작업시간이 길다<br>-작업자의 숙련도에 따라 품질차우     |
| PRE-FABRICATED JOINT   | PFJ | -품질이 대체로 균일함<br>-접속재 외관이 크다           |
| PRE-MOLDED JOINT       | PMJ | -품질이 균일하다 (FACTORY QA)<br>-접속작업시간이 짧다 |
| EXTRUSION MOLDED JOINT | EMJ | -접속작업시간이 매우 길다<br>-품질이 양호하다           |

## 1. 서론

국민생활수준의 향상과 국가경제의 발전으로 인한 전력 수요의 증가로 1994년 이후 급격한 초고압 저증화가 이루어지고 있다.

초고압 저증화선로에는 OF 및 XLPE 두종류의 케이블이 사용되어 왔으나 근세기에는 전기적성능은 물론, 유지보수가 간편한 XLPE 케이블이 사용되고 있고, KEPSCO에서도 154KV급에 전량 XLPE케이블로 규정하고 있다.

중간접속재는 초고압기술 도입초기에 사용되었던 TMJ (TAPE MOLDED JOINT) 방식을 사용하여왔다.

그러나 TMJ 는 젊은 사고와 품질의 불균일, 작업시간의 장기화 등 문제점이 야기되어 그동안 선진업체 중심으로 많은 개발이 있었고 유럽 및 일본 등지에서 새로운 형으로 개발하여 사용되고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고 절연성능, 작업성 및 유지보수면에서 획기적인 PMJ (PRE-MOLDED JOINT) 를 삼성승용차 부산공장 154KV 저증케이블 SYSTEM 에 국내 최유로 적용하여 성공적으로 설치한 사례를 중심으로 SYSTEM 및 기타 기술관련내용을 소개하고자 한다.

## 2. 본론

## 2-1 중간접속재의 선택

## 2-1-1 중간접속재의 종류 및 특징

154KV급 이상의 초고압 중간접속재는 4 종류로 분류 할 수 있으며 그 특징을 살펴보면 다음과 같다.

## 2-1-2 접속작업시간

작업시간은 작업자의 숙련도 및 주변여건에 다소 차이가 있으나 지금까지 보고자료에 의하면 다음과 같다  
(IEC 보고서 중심)

| 사용 전압 | 종류  | 작업시간(days/sets)   |
|-------|-----|-------------------|
| 154KV | TMJ | 20 days / 3 phase |
|       | PFJ | 7 days / 3 phase  |
|       | PMJ | 5 days / 3 phase  |
| 275KV | EMJ | 31 days / 3 phase |
|       | PFJ | 15 days / 3 phase |

## 2-1-3 국내환경에 따른 선택조건

국내의 송전방식 및 시공여건을 고려하여 대체로 다음과 같은 조건이 요구되고 있다.

- ① 품질이 균일하여야한다
- ② 접속작업시간이 짧아야한다.
- ③ 어떠한 system 조건에도 적용가능하여야한다.
- ④ 기존 맨홀규격에 적용가능하여야한다.
- ⑤ 유지보수가 신속하여야한다.
- ⑥ 완전한 방수 성능 이어야 한다.

## 2-2 상성용차선로의 적용

### 2-2-1 케이블

전기적 특성이 완전하고 케이블의 경량화가 가능한 금속성의 water barrier가 있는 구조를 선택하여 완벽한 방수 성능은 물론 시고학적 저감을 위하여 접속개소의 최소화가 가능토록 하고 지반침하에 대비하여 충분한 설계상의 대응이 유리한 케이블 구조를 선택하였다.

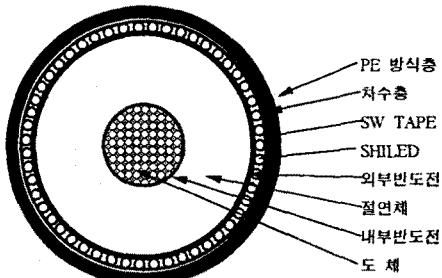


그림 1 154 KV XLPE CABLE 구조

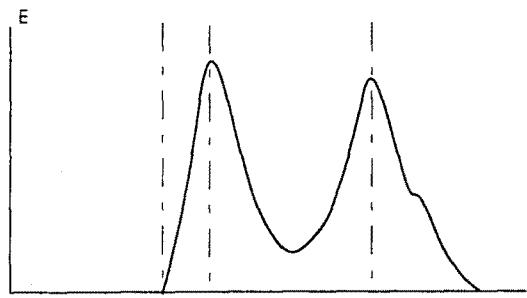
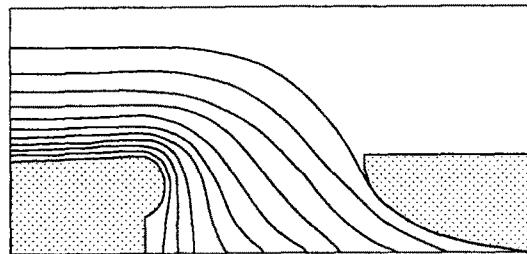


그림 3 접속재 내부의 등전위선

### 2-2-2 PMJ의 선택

안정된 품질 및 작업성이 뛰어난 PMJ를 적용하였다

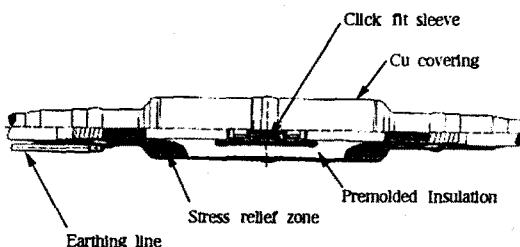


그림 2. PMJ 구조도

### 2-3 PMJ의 특성검토

#### 2-3-1 전개강도

내부에서의 r방향의 최대전계는 재료의 성능과 내부 INSERT에 의하여 결정되는데 이는 주로 모서리 부분과 STRESS CONE의 끝부분에서 발생한다.

최대전압 170KV에서 9KV/mm가 되게 설계되었다. 축방향의 전계는 케이블과 JOINT의 접촉길이와 압착력, 접촉면에 따라 결정되며 약 1~3KV/mm정도로 설계되었다.

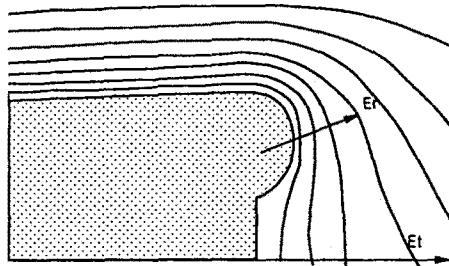


그림 4 등전위선

### 2-3-2 전기적 성능

JOINT의 전기적 성능은 절연재질(EPR)의 파괴강도의 통계적 분석으로 결정되어진다.

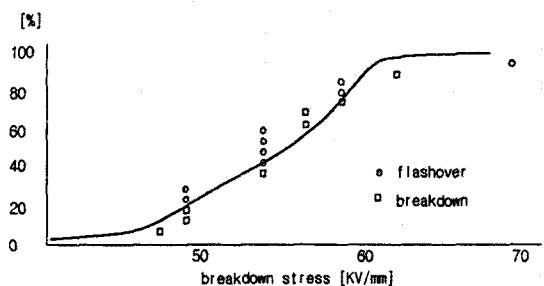


그림 5 접속재내부 최대전계의 WEIBULL

## 2-4 SYSTEM DESIGN

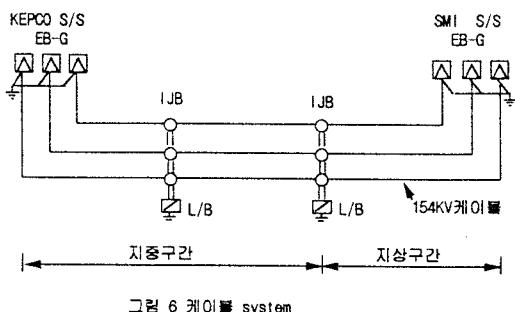


그림 6 케이블 system

케이블 단위조장의 장조장으로 인한 sheath 전위의 상승을 억제하기 위하여 sheath를 cross bonding하여 한전의 규정치(50V) 이하가 되도록 하였고, 지중구간에서 지반침하에 대비하여 접속맨홀 및 route 조건을 특수설계하였다. 또한 지상부의 pipe rack 상단에는 하절기 대양열에 의한 복사열을 고려하였고, 부하 및 외기에 의한 케이블의 열신축에 의한 케이블 이동량을 흡수도록 snake를 적용하였다.

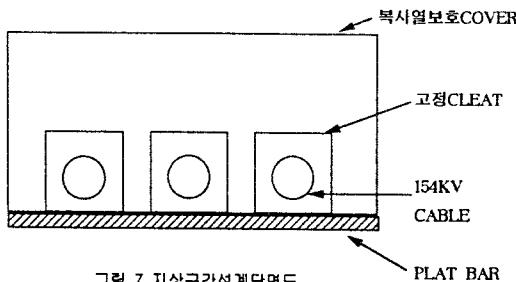


그림 7 지상구간설계단면도

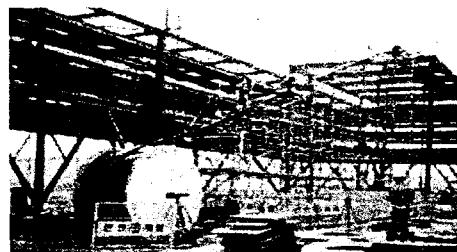


그림 8 포설사진

### ② 열신축 대책

부하부입시의 joule 열 및 외기온도에따라 케이블은 열신축을 하게되며 또한 지반침하에의한 케이블의 이동량을 흡수하기 위하여 snake 포설방식을 채택하였다.

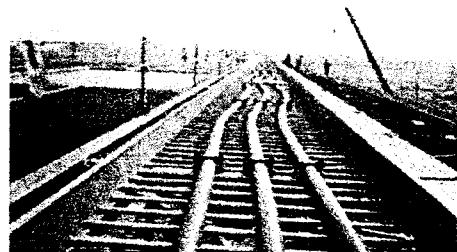


그림 9 스네이크포설사진

## 2-5 시 공

### ① 포설방식결정

지상12m 상단의 pipe rack 구간 및 해수면 이하의 지중의 현장 조건으로써 장조장의 단위조장과 cable route 조건의 심한 곡률로 인하여 포설장력을 검토한 결과 두 조건을 만족시킬 수 있는 캐터필라 포설방식으로 결정하였고, 사전에 충분한 검토 및 모의 시험결과에 따라 실시하였다.

#### ○ 캐터필라 설치간격 ( $L_1$ )

$$L_1 = \frac{P}{w \cdot \mu \cdot k + T_o} [m]$$

P : 캐터필라 송출력 [Kg]

w : 케이블 단위중량 [Kg]

$\mu$  : 포설조건에 의한 마찰계수

k : 안전계수

$T_o$  : 초기장력 [Kg]

#### ○ 경사부 사용시 설치간격 ( $L_2$ )

$$L_2 = \frac{P}{w \cdot (\mu \cdot \cos\theta - \sin\theta) \cdot k \cdot T_o} [m]$$

$\theta$  : 포설경사각

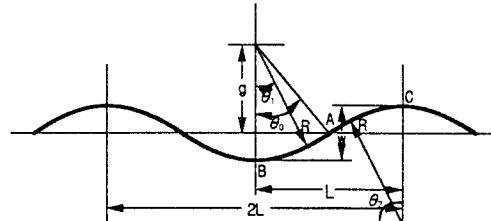


그림 10. 스네이크 가로이동량

### 스네이크 가로이동량 ( $n$ )

$$n = \sqrt{w^2 + 2Lm \times 0.8} - w [cm]$$

w : 스네이크 폭 [cm]

L : 스네이크 폭의 1/2 [cm]

m : 산축량 ( $= \alpha TL$ )

$\alpha$ : 케이블선행계수 ( $16.5 \times 10^{-4}$  [ $1/^\circ C$ ])

T : 온도상승 ( $60^\circ C$ )

#### 적용결과

| 항 목       | 약호 | 단위 | 결 과  |
|-----------|----|----|------|
| 스네이크1/2피치 | L  | cm | 400  |
| 스네이크 폭    | W  | cm | 12   |
| 가로이동량     | n  | cm | 7.94 |

#### ③ 맨홀내 off-set 적용

중간접속점은 케이블의 열신축에 의한 이동량을 축수하도록 off set을 설치하였다.

접속점의 중요성을 감안하여 접속함 고정방식으로 설계 적용하였다.

$$\rho = \frac{F^2 + L^2}{4F}$$

$$M = \frac{k\epsilon^3}{EI} M_2(\theta)$$

$$\epsilon = \frac{Md}{\rho} \epsilon_2(\theta)$$

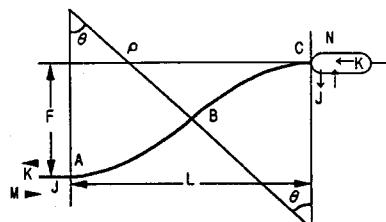


그림 11 off set

L : off set 길이 (cm)

F : off set 폭 (cm)

M : 관로에서의 케이블 신축량 (cm)

k : 케이블의 반항력 (kg)

N : 접속함의 케이블의 직각방향의 이동량(cm)

J : 접속함의 케이블의 직각방향의 반항력(kg)

$\rho$  : off set부 원호의 반경 (cm)

$\theta$  : off set부 원호의 원주각 (rad)

#### 적용결과

| 항 목        | 약호 | 단위 | 결 과 |
|------------|----|----|-----|
| off set 길이 | L  | cm | 220 |
| off set 폭  | F  | cm | 130 |

#### ④ 접 속

초고압 지증케이블 시공부문 후발입체로, PMJ를 선택시공함으로써 기능도에 대한 어려움 없이 해결하였고 시공 품질 또한 만족스러운 결과를 얻었다.

PMJ의 시공결과는 다음과 같다.

- PENCILING 작업은 HAND TOOL을 이용하기 때문에 고기능을 요하지 않으며

- 작업중 CLEAN ROOM 이 필요없고, 우천시에 따른 습도관리가 필요하지 않으며, 케이블과 접속재 간의 INTERFACE 부분에 다소의 CLEAN이 요구되는 정도이다.

- 장비의 소형화 및 간결화로 많은 비용이 들지 않고 작업성이 뛰어나다

| 구 분 | 집속기간          | 작업자수          | 주요장비                   |
|-----|---------------|---------------|------------------------|
| 결 과 | 4일/3PHASE     | 3 인           | 케이블 삽입장비와 개인공구         |
| 조건  | 8시간/일<br>근무기준 | 1개월교육<br>1인보조 | 전원: 용량 4KVA<br>미만의200V |

#### ⑤ 준공시험

시험완료후 전기설비기술기준령에 의한 244.8 KV의 DC 내전압을 LINE과 접지간에 10분간 인가하여 확인하였고 상용전압 AC 154KV를 무부하로 2일 동안 가압하여 시험완료하여 만족한 결과를 얻었다

#### ⑥ 항후 적용 가능기술검토

지금까지 154KV XLPE 케이블에서는 운전중 발생하는 사고에 대한 감시체계가 없었다. 향후 OPTICAL FIBER를 활용한 감시SYSTEM을 적용하여 AGING 예측, 부분온도 감지 등 초고압 사고의 예측이 가능하도록 할 예정이다.

#### 3. 결 론

154KV 송전SYSTEM에 국내최초로 PMJ를 적용하여 성공리에 설치 완료하였다.

초고압의 기본인 완벽한 품질, 혁신적인 작업성 등 항후를 고려한 선택과 국내고유환경에의 적용 여부등 많은 부분이 기술적인 고려 대상이었다.

향후 더 많은 검토와 연구를 통하여 소형화, 성인화, SPEED화에 노력하면 더 좋은 결과를 얻으리라는 확신과, 光 FIBER를 활용한 새로운 감시 SYSTEM의 적용이 가까운 장래에 이루어지리라 생각된다. 금번 설치 완료 결과를 정리하면

- ① 작업시간이 신속하여 납기단축이 가능하고, 사고시 신속 대응이 가능하다.
- ② 접속작업전 사진에 품질검사가 가능하다.(FACTORY QA)
- ③ 작업자에게 고도의 SKILL을 요구하지 않고
- ④ 안정되고 일정한 품질확보가능
- ⑤ 어떠한 SYSTEM DESIGN 및 감시 SYSTEM에도 적용이 가능하다

#### [참고문헌]

1. Willems H , NKF  
A new generation of HV and EHV extruded cable systems,  
Jicable s(1995) A 1.6
2. Vasseur E  
Development of HV and EHV single phase piece premolded  
joint , Jicables (1995)
3. Imai Andoh  
Development of prefabricated joints for 275KV XLPE cable  
1991. A 5.4
4. Elchhorn, UCC  
A critical comparison of XLPE and EPR for use as electrical  
insulation on underground power cables, based upon a  
published in the IEEE TRANS ON ELECTRIC INSULATION  
EL-16.No 6 Dec.1981
5. IERE REPORT (1994), Ontario Hydro Technologies
6. 電力ケーブル技術ハンドブック、飯塚喜八郎、電気書院