

161kV XLPE CABLE용 Prefabricated joint의 실선로 적용

봉원국 장기욱 이현상 오종욱
 LG전선주식회사

The Installation of Prefabricated Joint
 for 161kV XLPE Cable Underground Transmission Line

W. K. Bong K. W. Chang H. S. Lee J. O. Oh
 LG Cable & Machinery Ltd.

Abstract - The new type of prefabricated joint for 161kV XLPE cable have been developed. we, LG Cable & Machinery Ltd., made an huge contract with an foreign country's Power company for the supply of cable and accessories, the training of jointing and termination work to local personnel, technical assistance by joint venture and the supervision of installation and commissioning. By the end of 1997, one of several routes under the contract successfully finished being constructed and specially tested on site. In operation, now this underground transmission line proves well the reliability and efficiency of prefabricated joint and termination applied first time in foreign country. .

Medium Voltage급 Cable에 대하여 경험이 있는 접속원 15명을 선발하여 국내에서 30일간 Training을 실시하였으며, 실 선로 공사에 있어서는 LG전선의 Supervising 아래 이스라엘 전력청 단독으로 부속재 조립 작업을 수행하고 있다.

금번 공사 완료되어 상용 운전중인 케이블 루트는 Tel Aviv 시내 중심의 Mecaz S/S과 Tel Giborim S/S을 잇는 길이 3.6km의 선로로 이스라엘의 상업과 관광의 중심지에 원활한 전력 수송을 위해 전체 17개 선로중 첫 번째로 건설되었다. 본 공사를 위하여 당사에서는 '97년 초에 Supervisor를 파견하여 토목공사 및 케이블 포설 등을 준비하였으며, 국내에서 Training된 작업원들로 접속팀을 구성, '97년 5월 부터 3개월간 접속 작업이 진행되었다.

1. 서 론

국내에서 적용되고 있는 154kV XLPE 케이블용 Tape-molded type joint (이하 TMJ라 함)는 조립 작업 시 전문 인력, 장기간의 공기 및 조립용 특수 장비 등이 동반되어야 하므로 급격한 국내 부하 증가와 신규 대 수용가용 지중 선로 건설에 큰 제약 요소가 되고 있다. 이에 간편한 조립성 및 특수한 장비, 기술을 필요로 하지 않는 접속합의 개발 필요성이 대두되어 왔으며 '90년대 초 국책 과제로서 조립형 접속합, 즉 Prefabricated joint(이하 PJ라 함)가 개발된 바 있다. 그러나, 국내에서는 설치 조건상 전력구 및 맨홀의 규격이 제한되어 있어, 이의 적용이 어려운 실정이었다.

그러나 LG전선에서는 세계적 추세에 따라, 자체 개발된 PJ의 개량, 보완 등을 거쳐 이스라엘의 대형 지중 선로 건설 공사의 수주 및 PJ의 적용에 성공하였고, 이를 통하여 국제적으로 그 성능의 우수성을 입증 받게 되었다. 본 논문에서는 공사 완료, 상용 운전 중인 선로에 사용된 자체 개발 PJ의 Design Characteristics, 작업성 및 시험 방법 상의 특기 사항 등에 대해 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1 적용 Project 개요

자체 개발된 PJ가 적용된 최초 Project는 이스라엘의 Tel Aviv, Jerusalem, Haifa등의 3개 도심 지역에 총 302.6km의 161kV XLPE 케이블을 공급하여 지중 송전 선로망을 구성하는 초대형 Project로 '97년부터 약 4년간에 걸쳐 17개 Route가 순차적으로 건설될 예정이다.

이에 소요되는 케이블 접속재는 PJ가 570 sets, GIS용 Termination 132 sets, 옥외형 Termination 84 sets로서 전부 국내 기술로 개발, 제작되어 납품되고 있다.

접속 작업을 위하여, 이스라엘 전력청(IEC)내에서

2.2 공급 자재 특성

2.2.1 케이블

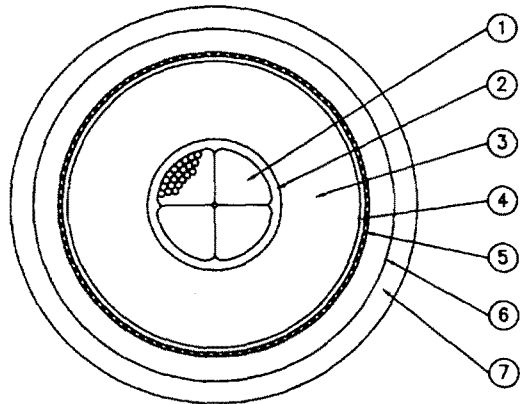


그림 1. 케이블 구조

161kV XLPE 케이블의 구조는 그림 1.과 같다..

Dimension	Thickness (nominal, mm)	Outer Diameter (mm)
1. Cu conductor	-	41.8
2. Conductor scr	1.5	-
3. XLPE insulatic	20.7	93.8
4. Insulation scre	1.3	-
5. Water barrier	2.0	97.8
6. Lead sheath	4.0	106.6
7. Outer covering	4.0	116.6

2.2.2 중간접속함(Prefabricated Joint)

국내에서 사용되고 있는 TMJ는 현장에서 Taping 및 가교등의 주요 공정이 현장에서 실시 되므로 조립 작업의 품질, 즉 선로의 품질이 현장 작업성 및 작업자의 숙련도에 많이 의존하게 되며, 이의 품질 확보를 위하여서는 작업자의 교육 및 치밀한 현장 관리등이 필요하다.

이에 비하여 '95년도 당사가 개발 완료한 PJ는 모든 구성 부품이 공장에서 제조되어 현장에서 조립이 되므로, 접속함의 품질은 제조 공정의 제품 품질에 크게 의존하게 된다.

그러므로, 공장내에서의 부품 제조 공정 상의 철저한 품질 관리 및 부품 전량에 대한 품질 검사가 품질 확보를 위하여 절대적으로 중요하고, 현장의 조립 작업이 Manual 또는 Check List등에 의하여 진행이 된다면 접속함의 품질은 사전에 확인될 수 있다는 장점을 보유하고 있다.

그림 1.에 PJB의 개요도를 나타내었다.

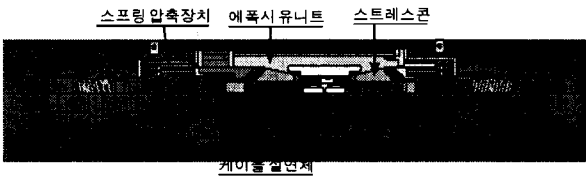


그림 2. Prefabricated joint

전기적 설계 측면에서, 전계 완화를 위하여 Rubber Stress relief cone 및 Epoxy unit를 채택하였고, Epoxy unit내부에 대지 전극으로 Aluminum electrode를 매입하였다. Stress relief cone과 Epoxy unit 접촉면의 계면 압력 유지를 위하여 Spring unit를 사용하였다.

또한 제조된 부품의 성능 및 결함 검출 능력을 향상시키기 위해 기존에 사용되었던 Film type의 X-ray 검사설비를 보완하여 X-ray Image system을 도입, 검사 정밀도 및 신뢰성을 향상시켰다.

Film type X-ray 검사는 피검물에 부착하여 촬영하는 평면 검사 기법으로 Film 부착 부분만 검사하므로써 사각지대가 발생하던 것을 본 System 적용으로 Real time image 촬영에 의한 입체 검사가 가능해졌다.

아울러 기존 검사 방법으로 Sample 15개 검사시에 7시간 가량 소요되던 것을 단 3시간내에 data 출력까지 완료하므로써 작업 생산성이 극대화 되었다.

2.2.3 기타 부속자재

Disconnecting Type의 Link box를 적용하여 내부 CCPU의 연결, 해체를 자유로이 할 수 있도록 함으로써 유지 보수가 용이하게 되었고, Termination은 IEC 859 type으로 제작하여 국제 규격과 호환이 가능하도록 하였다. 참고로 선로 공사시 별도의 Link box용 Pit를 설치하여 운전중에도 수시로 도로상 점검이 가능하다.

2.3 선로의 계통 구성

그림 3.과 같이 2회선의 중간 접속 7개소, 중단접속 2

개소를 Equivalent Cross bonding 및 양 끝단에 대해 편단 접지를 적용하였다.

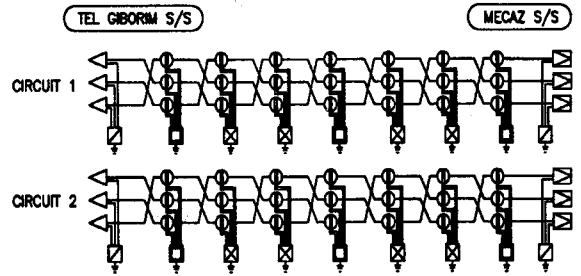


그림 3. Line diagram

2.3.1 선로 조건의 고찰

금번 준공된 선로인 Mecaz-Tel Giborim 선로의 기본 운전 조건은 다음과 같이 주어졌다.

- * 공칭전압(Uo): 161kV (U: 93kV, Um: 170kV)
- * System frequency: 50Hz
- * 단락 용량: 50kA, 0.5 sec
- * 기준 부하율: 75%
- * 토양 열저항: 150 °C.cm/W
- * 최대 토양온도: 33 °C
- * 상시/단시간/단락시 도체 허용온도: 90 / 130 / 250 °C

2.3.2 계통 구성상의 특징

접지 계통에서는 Cross bond 방식 및 편단 접지 방식을 혼용 사용하여 Sheath 유기 전압 및 손실 전력의 최소화를 기하였으며, 모든 접속함은 Insulation joint를 사용하였다.

Cross bond의 Major section 양단에 Insulation joint를 사용, Disconnecting type link box(접지용)를 통하여 접지함으로써, 선로 완공후 주기적으로 방식층에 대한 점검이 가능하게 하였다.

또한 전 구간에 걸쳐 케이블을 연가시킴으로써 수평 배열의 케이블 설치에서 나타날 수 있는 상간 불평형을 최소화하였다.



그림 4. 현지 작업자에 의한 PJ 조립

2.4 설치공사

PJ는 3상 기준으로 접속 1개소당 7일이 소요되어 TMJ 보다 3일 이상 공기 단축이 가능하였고, 투입 인력 또한 국내에서는 숙련된 5명으로 1팀이 구성되어 작업을 수행하나, 이번 공사의 경우에 단기 교육을 이수한 초보 작업자 3인이 1팀으로 작업하여 특별한 문제점 없이도 정상적으로 작업 가능하였다. 이는 공장 조립형 제품의 현장 취급이 용이하며 접속시 사용되는 장비가 불필요하여 작업 수행이 쉬웠다는 것을 의미한다.

다만 PJB의 외관이 다소 커서 국내 표준 맨홀내에 당장 적용하기는 곤란하다는 단점이 있다. 그러나, 전술한 많은 장점과 함께 해외 지중선로 공사에서 점차 호응을 받으며 널리 적용되는 것은 앞으로 지중 송전용 접속재 발전 추세를 예측할 수 있게 한다.



그림 5. PJ 마무리 작업

2.4.2 준공 시험

국내에서는 선로 공사 완공후 직류 내전압 시험에 의하여 선로 품질을 평가하는 것이 일반적이다. 그러나 최근 직류 내전압 시험에 의한 선로 결함의 검출 실효성에 대하여 꾸준히 문제가 제기되어 오고 있으므로, 본 Project 수행시에는 직류 내전압 시험후에 48시간 계통 전압의 인가 및 4주간의 50% 부하 인가를 추가로 실시하여 선로 품질을 확인하였다. 이를 통하여 PJ를 포함한 당사 공급자재의 품질 및 시공성에 대한 만족할 결과를 얻었다.

또한, Cross bond 채택시 Bond wire의 오결선에 의해 과도한 Sheath 순환 전류를 발생시켜 선로의 수명에 크게 영향을 미치게 하므로, 이를 방지하기 위하여 준공후 선로 전체에 대한 Cross bond 결선의 적합성 유무를 판정하기 위한 시험과 방식층의 절연 저항 측정 시험도 추진할 예정이다.

3. 결 론

이상과 같이 국내에서 적용되고 있는 TMJ가 아닌,

신 개발품인 PJ를 해외 Project에 최초로 적용하여 만족할 만한 결과를 얻었으며, PJ의 고유한 장점, 즉 사전 품질 관리 가능, 공기 감소 및 접속 작업의 용이성 등이 확인되었다.

또한 본 이스라엘 공사 수행에서 축적된 경험을 바탕으로 지중 송전 선로의 품질 향상 및 공사 완료후 효율적인 품질 관리 및 선로 점검, 유지 보수 방법이 개발될 수 있도록 꾸준히 매진할 것이다

[참 고 문 헌]

- [1] 이광열 외, "161kV XLPE 케이블용 Prefab.접속합의 개발", 대한전기학회 춘계 학술대회, 1997년
- [2] 한국전력공사 - LG전선, "154kV PJB 개발완료 보고서", 1995년
- [3] 황순철 외, "Application of Prefabricated Joints to 154kV XLPE Cables in Korean Power Transmission System", Jicable, 1995