

맨홀용 및 핸드홀용 지중 저압케이블 접속장치 개발

이강중, 이은정, 주종민, 유근양

(주) 평일 기술연구소

Development of connection device for underground low voltage cable of manhole and handhole

K.J. LEE, E.J. LEE, J.M. JOO, K.Y. YU

R&D PYUNGIL Co., Ltd

Abstract - It shows a tendency to increase rapidly underground of the city due to the build up of the large residential districts with industrial development, so there is required the development of the connection device for underground low voltage cable with high quality & convenient for use with consideration for installation condition of the underground.

Hence, We will have the development of the connection device for underground low voltage cable, which is made waterproof perfectly under the flood of the underground for the long time, is convenient for use in spite of narrow area such as manhole or handhole, and can be able to prevent the release by the vibration.

1. 서 론

도시의 발달과 대규모 주거 단지의 형성이 요구됨에 따라 지중화가 급속하게 증가되는 추세이며, 이에 따라 지중 저압케이블 접속장치의 시공 및 취부가 용이하고 설치가 안전한 지중 저압케이블 접속장치의 개발이 요구되고 있다.

그러나 현재의 지중 저압케이블 접속장치는 침수 다발 지역에서는 방수성이 부적합하여, 장마와 같이 장기간 침수될 경우에는 누전에 의한 정전 및 민간피해가 발생되고 있는 실정이며, 지상에 비하여 협소한 지중의 조건에서 저압 접속장치의 설치작업이 매우 곤란하다. 또한 지중의 여러 가지 진동이 수반되는 악조건 속에서 고정 불트의 풀림 등에 대하여 대책이 미흡한 상태이다.

그러므로 장기간의 침수조건에서도 완벽한 방수기능을 구현할 수 있고, 맨홀 및 핸드홀 등과 같이 장소가 협소한 지역에서도 시공이 용이하며, 진동에 의한 풀림을 방지할 수 있는 지중 저압케이블 접속장치를 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 지중 저압케이블 접속장치의 현황 및 구조

지중 저압케이블 접속장치는 총 12종으로 케이블 용량에 따라 대형, 소형으로 구분하고, 회로수에 따라 3, 4, 6 회로로 구분하고, 설치위치에 따라 종단 및 분기로 구분하며 다음과 같은 특징이 있다.

2.1.1 접속장치 절연 및 방수구조의 개선연구

장시간의 침수가 수반되는 지중 맨홀용 및 핸드홀용의 조건을 충족하는 접속장치를 개발하기 위해서는 현 맨홀 구조에서 지속적으로 방수성능을 구현할 수 있는가 등의 침수기준을 설정하여야 한다.

그러므로 현재 지중에 설치 및 운전되고 있는 설비들의 방수성능에 대한 기준을 취합하여 개발품에 적용할

제품기준을 정하여 가압침수 시험조건을 검토하고 적용하여야 한다.

기존의 저압케이블 접속장치의 경우에는 고무탄성체만의 힘으로 방수를 유지하였는데, 이러한 경우는 과도한 굴곡력에 의하여 틈이 발생하고 결과적으로 방수에 실패할 수 있다. 또한 탄성체의 힘만으로는 지속적인 고도의 방수성능을 발휘하기 어렵다.

따라서 아래 그림 1에서는 최근의 선진국 실링방법을 검토하였다.

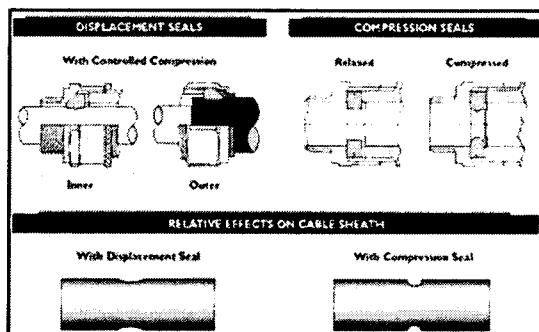


그림 1. 여러 가지 실링방법

2.2 절연 및 방수용 폴리머 재료 개발

전기절연재료에 요구되는 일반적인 성능으로서는 절연내력이 높아야 하는 것 뿐 아니고 유전특성(비유전율과 $\tan\delta$), 내열성, 내수성, 내약품성, 기계적 특성, 내유성 등 종합적인 성능이 고려되어야 한다.

이러한 관점에서 EPDM(terpolymer of ethylene, propylene and diene)은 분자 구조내의 불포화도가 낮아 산소나 오존에 대한 저항성이 매우 강하며 고온에서도 안정한 절연특성을 나타내고 비극성 구조로써 낮은 유전손실 값을 갖는 등 뛰어난 전기적 특성을 갖고 있어서 옥내외용 고전압 절연재료로 널리 사용되고 있다.

맨홀 및 핸드홀용 접속장치 절연재료로써는 우선 절연성능이 뛰어나고 우수한 내후성과 내트래킹성을 가지며 내습성과 내열성이 양호한 고품질의 EPDM 컴파운드가 요구된다. EPDM 컴파운드의 가교방식에는 sulfur와 peroxide 방식이 있으며, 분자구조 내의 결합력 차이로 인해 peroxide 방식이 절연특성 및 내노화성 측면에서 훨씬 우수한 특성을 갖는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 과제에서는 peroxide 방식을 선택하였다.

2.2.1 EPDM rubber의 구조 및 특성

ASTM D 1418의 용어의 정의에 따르면 EPDM이란 ethylene("E")과 propylene("P") 및 가황을 위한 제 3성

분인 diene("D")이 불규칙적으로 결합된 무정형의 고무를 말하며, 여기서 "M"은 고분자 주쇄가 불포화기가 없는 methylene("M")으로 이루어진 것을 의미한다.

EPM(copolymer of ethylene and propylene)은 이중결합이 없어서 황가황이 불가능하며 EPDM은 과산화물 가교와 황가황이 가능하다. 일반적으로 EPM과 EPDM을 포함하여 EPR(ethylene propylene rubber) 또는 EP rubber라고 부른다.

주쇄가 포화되어 있다는 것이 EPDM의 내오존성, 내열성, 내후성 등의 우수한 특성의 주요인이다. 배합에 따라 150~175°C 범위에서까지도 사용할 수 있고 유리전이온도가 -60°C 정도에 이르므로 저온에서의 탄성도 우수하다. 또한 분자구조가 탄소-수소, 탄소-탄소 결합으로만 이루어져 있어서 극성기가 없으므로 절연성능이 뛰어나며 XLPE에 근접한 특성을 나타낸다.

첨가제가 포함되지 않은 EPDM의 비유전율은 2.4이며 $\tan\delta$ 는 0.0006이다. 산, 알칼리, 물 등과 같은 극성용매에 대한 저항성은 강하지만 톤투엔, 가솔린, 광유, 절연유 등과 같은 비극성 용매에는 용해도지수가 비슷하여 (δ -7~-8) 쉽게 팽윤되므로 실제품 사용 시 주의를 필요하므로 아래 표 1과 같이 EPDM 절연 컴파운드 설계기준을 정하였다.

표 1. EPDM 절연 컴파운드 설계기준 및 시험결과

시험 항 목	설계 기준	시험 결과
인장강도(kg/cm)	40 이상	73
신장율(%)	200 이상	270
경도(Shore A)	75 ± 5	72
비 중	1.50 ± 0.1	1.45
비유전율	4.5 이하	3.5
유전정점(%)	1.5 이하	0.70
절연파괴강도(kV/mm)	25 이상 (두께 : 1mm)	29
가열노화 (120°C 120 h)	인장강도 처음값의 80% 이상	94 %
신장율	처음값의 80% 이상	95 %
체적저항율	1×10^{14} 이상	4.5×10^{15}

2.3 맨홀용 및 핸드홀용 저압접속장치 설계

지중 저압선로에 사용하는 600V CV케이블의 분기 및 종단접속에 사용하는 지중 저압케이블 접속장치의 개발을 위하여 전기적, 기계적 특성을 만족하는 부속품의 재료를 선정한 뒤 지중 저압접속장치에 대한 설계를 진행한 후 시공이 용이하도록 제품을 설계하였다.

2.3.1 구조 설계

접속장치는 크게 본체, 케이블 접속탭, 지지대, 접속스리브로 구성되며, 접속장치의 완전방수 실현과 케이블의 다양한 접속 방향을 구현하고, 협소한 지역의 시공성이 용이 하도록 설계하였다.

2.3.2 본체 설계

본체는 그림 2, 3과 같이 외부로부터 완전한 절연이 이루어지며 장시간 침수시에도 사용에 지장이 없고 절연성능이 뛰어난 폴리머 절연재료를 사용하였으며, 사출성형하는 구조로 설계하였고 스리브에 도체를 넣어 압착한 상태로 쉽게 삽입이 가능하도록 하고 케이블이 연결된 상태에서 외부로부터 완벽한 방수효과를 지닐 수 있는 구조로 설계하였다.

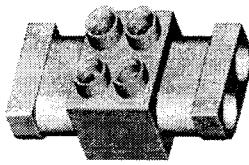


그림 2. 맨홀용 본체



그림 3. 핸드홀용 본체

2.3.3 케이블 접속탭 설계

접속탭은 그림 4와 같이 절연성능이 우수한 폴리머 절연재료를 사용하여 사출성형 방식으로 하는 구조이며, 작업자가 케이블에 맞는 단계를 쉽게 파악하여 작업이 용이하고 명확하게 구분 할 수 있도록 하는 구조로 설계하였고, O링 형상을 두어 방수성능을 향상하였다.

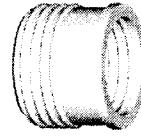


그림 4. 맨홀용 및 핸드홀용 접속탭

2.3.4 지지대 설계

지지대는 그림 5와 같이 1.5kg 이상의 스테인레스 강판을 사용하였으며, 4개의 본체를 동시에 설치하여도 견딜 수 있는 튼튼한 구조이며 부착이 용이하며 도시 미관상 청결하게 보이는 구조로 케이블 상간거리유지 및 연결 케이블 지지가 가능하도록 설계하였다.

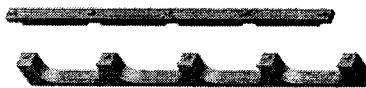


그림 5. 맨홀용 지지대

2.3.5 방수 밴드

방수밴드는 핸드홀용 접속장치의 본체에 케이블 시공시 케이블과 아답터, 본체간의 이격이 생기지 않도록 압착주는 역할을 하는 제품으로 그림 6과 같이 제품의 시공이 간편하도록 너트를 삽입하여 사용하였다.

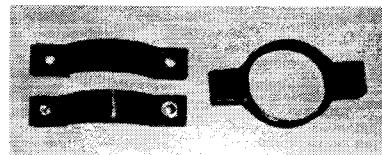


그림 6. 핸드홀용 방수 밴드

2.3.6 접속 슬리브 설계

스리브는 장시간 사용 시에 부식 등을 방지하기 위하여 주석도금 하였고, 케이블을 삽입하여 압착한 후 접속장치의 몸체에 접속 및 분리가 용이한 형태로 그림 7, 8과 같이 설계되었으며, 슬리브와 볼트와의 접촉부는 장시간 사용 시에 진동 등에 의한 이완을 방지하기 위해 일정한 흄을 두고 볼트와의 접촉면적을 최대한 넓게 설계하였다.



그림 7. 맨홀용 슬리브



그림 8. 핸드홀용 슬리브

2.4 맨홀용 및 핸드홀용 접속장치의 성능평가

저압케이블 접속장치 시작품에 대한 공인기관 인증시험 전에 다음과 같이 참고시험을 통하여 성능에 이상이 없음을 사전에 확인하였다. 시험 내용 및 결과는 다음 표 2와 같고 제작된 시작품은 그림 9, 10과 같다.

표 2. 지중 저압케이블 접속장치 참고시험결과

순서	시험항목	성능	시험결과
1	구조 및 외관검사	외관에 흡집 등의 이상이 없어함	이상없음
2	침수시험	30cm 수조, 24시간 침수 시	이상없음
3	절연저항 측정시험	직류 1,000V 1분간 2.5MΩ 이상	2.5MΩ 이상
4	절연내력 시험	교류 2.2kV 1분간 절연파괴가 없음	절연파괴 없음
5	굴곡시험	좌, 우 90°구부려 10회 원위치 15°방향으로 비틀어 5회 좌우로 반복하여 이탈이 없어야 한다.	이상없음
6	전류 사이클 및 침수시험	2.5kA 이상이어야 하고, 절연파괴가 없어야 한다.	2.5kA 이상 절연파괴 없음
7	누설전류 시험	AC 600V 인가하여 누설전류 2.5mA 이하	2.5mA 이하
8	내열성 및 내한성시험	굴곡시험을 시행하여 이상이 없음	굴곡시험 이상없음
9	난연성시험	FV0에 적합하여야 한다.	FV0적합
10	스리브시험	30kg 하중을 1분이상 가하여 전선이 스리브로 접속상태에 이상이 없음 전기저항을 측정하여 전선 저항치보다 크지 않음	접속상태 이상없음 전선 저항치보다 작음
11	가압침수 시험	0.7kgf/cm²(계기압)의 수압을 72시간 가하여 이상 없어야 한다.	이상없음

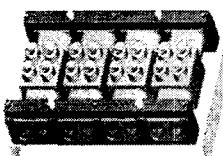


그림 9. 맨홀용 조립상태



그림 10. 핸드홀용 조립상태

3. 결 론

지중 저압케이블의 지중화가 확대됨에 따라 사용이 편리하고 품질이 우수한 지중 저압케이블 접속장치의 개발이 요구되고 있다. 기존의 지중 저압케이블 접속장치는 침수 다발지역에는 방수성이 부적합하고, 맨홀 및 핸드홀과 같이 장소가 협소한 지역에서는 시공성이 좋지 않으므로 이를 만족하는 맨홀용과 핸드홀용으로 두가지 Type의 지중저압케이블 접속장치를 개발하였다.

이러한 설계 검토를 바탕으로 개발한 맨홀 및 핸드홀용 지중 저압케이블 접속장치는 기존 제품에서 취약했던 상시 침수를 대비하여 방수 및 절연이 우수하고 지중에서 여러 각도에서 포설이 용이하며, 맨홀 및 핸드홀에 설치시에도 취부 및 시공이 용이한 구조로써 진동에 대

비한 풀립방지 구조도 개선하여 적용하였으며, 시작품을 제작하여 공인기관의 성능확인 시험에서도 전기적, 기계적 특성에 대한 성능도 우수한 것으로 판정되었다.

본 제품의 개발은 한전에게는 전기적, 기계적 성능이 우수한 맨홀 및 핸드홀에 적용할 수 있는 지중 저압케이블 접속장치를 구비함으로써 지중배전선로의 안정된 전원 공급을 확보하게 되며 접속장치의 불안요소가 제거하여 보수 및 유지비용이 절감되는 경제적 측면에서의 성과도 얻을 수 있다. 그리고 기업에서는 맨홀 및 핸드홀에 적용되는 새로운 고품질의 지중저압케이블 접속장치의 기술을 보유하게 되었다.

그러므로 개발된 제품은 한국전력공사의 전력공급 방식에 적합한 맨홀 및 핸드홀용 지중저압케이블 접속장치로 확대 적용할 수 있으며 한전의 표준 시공기준으로 활용될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 60502-1 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1kV ($U_m = 1.2kV$) up to 30kV ($U_m = 36kV$) - Part 1 : Cables for rated voltages of 1kV ($U_m = 1.2kV$) up to 3 kV ($U_m = 3.6kV$), 2002.
- [2] ANSI C119.1 Underground connector systems rated 600V, 1986
- [3] NEMA Std. 9-21 Connectors for use between aluminum or aluminum-copper overhead conductors, 1972
- [4] 한국전력공사 배전처, 지중저압케이블 접속장치, 1999. 6
- [5] 한전표준구매시방서 25.8kV 가스절연부하개폐기(지중용), ES 151-143 ~145, 165~178
- [6] 한국전력공사 배전처, 배전기자재 운영업무 편람, 2000.
- [7] 한국전력공사 배전처, 지중저압선로 포설기준(잠정), 2001. 11
- [8] KS C3611 0.6/1kV 가교 폴리에틸렌 케이블 : 2004
- [9] KS C3611 0.6/1kV 가교 폴리에틸렌 케이블 : 1993
- [10] KS D6001 황동주물 : 1991
- [11] KS D3698 냉간압연 스테인리스 강판 및 강대 : 1992
- [12] KS B2805 O 링 : 1992
- [13] 박창엽, “전기재료”, 보성문화사 p. 278, 1992
- [14] 김병숙, 조성수, 이수목, A Study on Optimal Configuration of Underground Power Distribution system, 전력연구원 연구과제 최종보고서, 1998
- [15] 柳炳烈, 사출금형설계, 성안당, 2000.
- [16] 孫良彥, 金型設計, 機電研究士, 1995.
- [17] 李準雄, 朴椿培, 新 電氣電子 材料, 東逸出版社, 1991.
- [18] UPC – Residential Secondary buses -Sealed for Pedestal, Vault, Handhole or Direct Buried.
- [19] W. V. Chang, J. Appl. Polym. Sci., 24,1759, (1969)
- [20] R. P. Wool, J. Polym. Letters, 20, 7 (1982)
- [21] HOMAC MFG. Company, Multitap Connector (Saves Time & Money)
- [22] HUBBELL, Twist-Lock Wiring Devices & Safety Enclosures
- [23] 고압개폐기용 일체형 복합부싱 기술개발 2004(산업자원부)