

특고압 수밀형 가교폴리에틸렌절연 동전선(OC-W) 시험평가기술

소진중, 심대섭, 윤기택

한국전기연구원

Assessment of material analysis for out-door used corss-linked polyethylene insulated copper wire-waterproof for 22.9KV-y

Jin-Joong Soh, Dae-Sup Shim, Kee-Taek Yoon

KERI

Abstract

염해지역 배전선로의 나선 사용에 따른 안전사고방지 및 전력공급신뢰도 향상을 위하여 경동선 도체에 수밀 컴파운드를 충전하고 흑색의 가교폴리에틸렌으로 압출한 절연전선으로 염해지역의 특별고압 가공전선로에 사용하며 내부식성, 수밀성 및 전기 특성이 우수하다. 따라서 본 평가기술에서는 내트래킹, 인장강도, 우수침입방지성, 침적성, 통전내부식성, 교류과과전압, 박리성, 밀착도 등의 주요한 시험에 대한 시험방법을 검토하고, 시험에 적용하여 시험 시 문제점을 도출하고 시험방법을 정립하고자 한다.

Key Words : 가공전선로, 동전선, 수밀형, 염해지역

1. 서론

염해란 계절풍과 태풍 등 바다에서 부는 바람에 의해 운반된 염분이 전기설비 기기나 애자 등의 기기에 부착하고, 거기에 적당한 수분이 공급되는 경우 기자재 표면 저항이 낮아지고 누설전류나 플래시오버 현상이 발생하여 기자재의 절연을 파괴한다. 또한 염분의 장기적인 화학적 부식에 의한 기자재 부식이 염해이다. 염해를 좌우하는 최대요인은 염분 부착량이며, 일반적으로 염분이 바다에 부는 바람에 의해 육지의 어느 부분까지 운반되는가(염분 내륙침투도)를 생각하면 염해를 받기 쉬운 지역이 결정된다. 지형적인 조건도 있으므로 염분 부착량의 기록 및 과거 염해사고 실적 등을 근거로 어느 정도 해당지역을 결정할 수 있다.

염해를 방지하기 위해서는 염분이 함유된 바람에 닿지 않도록 하는 것이 가장 좋지만 전기설비 입장에서 이것은 불가능하기 때문에 설비 자체를 염해에 강하게 만들 필요가 있다. 염해에 강한 설비를 제작하기 위한 방법은 다음과 같다.

(1) 도체를 서포트하는 애자 등 절연물의 절연능력을 높인다.

(2) 기자재는 구조상 누설전류 거리를 증대시키는 동시에 염분이 침입하기 힘든 구조를 만든다.

(3) 충전부를 완전히 밀폐한 몰드콘방식을 채택한다.

(4) 염분에 의한 화학적 부식에 강한 기자재를 사용한다.

가공 전선로에서는 염분을 함유한 바람에 닿는 것을 전제로 설비자체가 염해에 강해야 하므로 내염용 기자재의 사용을 권장하고 있다.

특히 고압전선은 특고압 수밀형 가교폴리에틸렌 동전선(OC-W)을 사용하는 경우가 많다. 알루미늄 전선은 도체 내부에 염분을 함유한 빗물이 침투하여 알루미늄의 부식이 진행되는 경우가 있고, 내염 지역에서 사용하는 경우는 알루미늄 피복 동심의 옥외용 동심 알루미늄 동체 비닐절연전선을 사용하면 된다.

현재사용중인 OC-W전선의 주요평가 시험항목으로 외관 및 구조, 우수침입 방지성시험, 침적시험, 통전 내부식성시험, 컴파운드 적하량시험, 도체 인장강도시험, 내전압시험, 내트래킹시험, 교류과과전압시험, 박리성시험, 밀착도시험 등에 대하여

KS 및 한전구매시방서 규격의 평가방법을 검토하고, 시험에 적용하여 성능평가시험 시 문제점을 도출하고 시험방법을 정립하여 A, B, C사의 제품을 비교평가하였다.

2. 평가시험 방법

2.1 외관 및 구조

완성품에 대하여 육안 또는 손의 촉감 등에 의한 흠의 유무, 표면의 평활도, 색표시, 돌기 등을 조사한다.

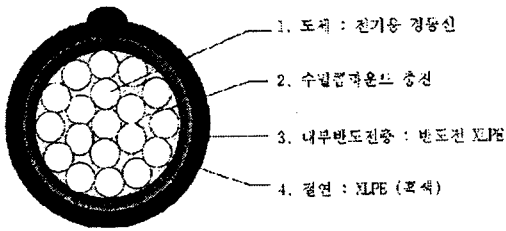


그림 1 케이블 단면도

2.2 우수침입 방지시험

그림 2과 같은 장치로서 0.5기압의 수압을 전선의 말단으로부터 24시간 방치 후 타단으로부터 누수의 유무를 조사한다.

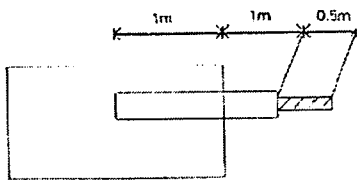


그림 2 우수침입 방지시험

2.3 침적시험

그림 3과 같이 길이 600mm의 시료 2조를 경질염화비닐판 위에 감고 단부를 고정한다. 시료를 1/2 깊이까지 매디슨씨액중에 침적시켜 70℃에서 8시간, 상온에서 16시간의 heat cycle을 60cycle 반복한다. 이때 매디슨씨액은 10cycle마다 바꾸는 것으로 한다. 매디슨씨액은 NH₄Cl 53.5g과 CuCl₂·2H₂O 4.26g을 1L에 녹인 후 NH₄OH로 pH를 8.0으로 맞추는 것을 사용한다. Heat cycle을 종료한 시료에 대하여 기상, 액상부의 경계를 중심으로 약 400mm의

시료를 만들어 외관점검을 한 후 비틀림 시험을 실시한다. 비틀림 회수시험은 1시료에 대하여 행하고 19개연의 경우 중심층 1, 내층 2, 외층 3을 샘플로 하고 7개연인 경우 중심층 1, 외층 2를 샘플로 한다.

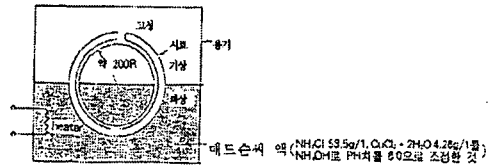


그림 3 침적시험

2.4 통전 내부식성시험

그림 4와 같이 시료를 약 200R의 드럼으로 왕복 5회 구부린 후 그림 4와 같이 시료를 약 200R의 곡면에 의하여 전선 굽기에 적당한 장력으로 장선한다. 한끝으로부터 매디슨씨액을 주입함과 동시에 heat cycle을 시행한다. Heat cycle은 도체온도가 70℃가 되도록 8시간 통전, 상온 16시간을 60cycle 반복한다.

Heat cycle을 종료한 시료에 대하여 곡면 최하부에서 채취한 약 400mm의 시료를 외관점검한 후 비틀림 회수시험을 실시한다.

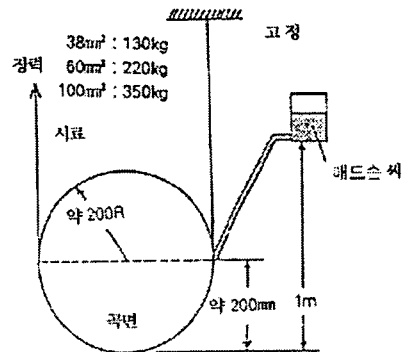


그림 4 통전 내부식성시험

2.5 컴파운드 적하량시험

그림 5와 같이 시료를 항온조중에 수직으로 매달아 100℃에서 24시간 가열 후 이 사이에 적하량을 측정한다.

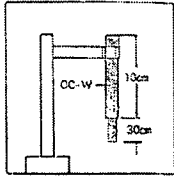


그림 5 적하량시험

2.6 도체 인장강도시험

시험편은 길이 약 400mm로 하고 그 중앙부에 길이 250mm의 눈금을 긋는다. 인장속도는 100mm/min에서 실시한다.

$$\text{인장강도(kgf/mm}^2\text{)} = \frac{\text{최대인장하중(kgf)(N)}}{\text{시험편의 단면적(mm}^2\text{)}}$$

$$\text{신장률(\%)} = \frac{\text{파괴시길이(mm)-눈금거리(mm)}}{\text{눈금거리(mm)}} \times 100$$

2.7 내전압시험

수중시험은 미리 접지된 맑은 물 속에 전선을 1시간 이상 담근 상태에서, 단심의 경우는 도체와 맑은 물의 사이에, 다심의 경우는 도체 상호간 및 도체와 맑은 물 사이에 주파수 60Hz의 사인파에 가까운 파형을 가진 규정된 교류 전압(25kV)을 가하고, 규정시간(1분) 동안 견디는가를 조사한다.

2.8 내트레킹시험

완성품에서 길이 150mm 이상의 시료를 취하여 그림 6과 같이 한쪽 끝 약 20mm의 절연체를 도체의 길이 방향과 직각으로 잘라내어 노출시켜, 그 잘라낸 곳에서 100mm 떨어진 절연체 위에 1mm의 나동선을 감고, 이것과 도체를 전극으로 하여 시료를 수직으로 유지시키고 60Hz의 사인파에 가까운 파형을 가진 4kV의 교류 전압을 가한다. 시료에 시험액 (물 1L중에 염화나트륨 2g, 폴리옥시에틸렌 노닐페놀에테르(7.5몰) 1ml를 가하여 도전도를 약 3000 μ S/cm(3000 μ Ω /cm)로 한것을 분무속도 약 3m/s(시료의 위치에서), 분무량 0.5 \pm 0.1mm/min(강무량), 시료와 노즐의 간격을 약 500mm로하고, 규정 회수(101회) 분무하여, 그동안의 시료 표면 누설전류 및 불꽃이 나는가를 조사한다. 분무회수는 10초간 분무하고 20초간 쉬는 것을 1회로 한다.

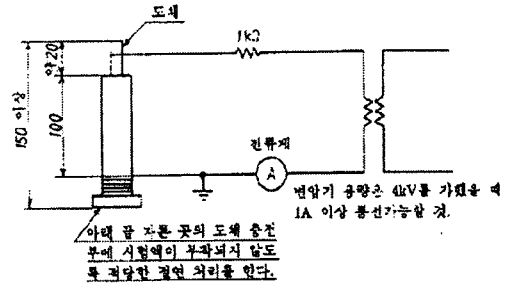


그림 6 내트레킹시험

2.9 교류파괴 전압시험

완성품으로부터 약 7m의 시료를 취하여 그림 7과 같은 방법으로 교류전압을 인가하여 36kV를 1분간 가한 후 1분마다 5kV씩 승압하여 파괴한다.

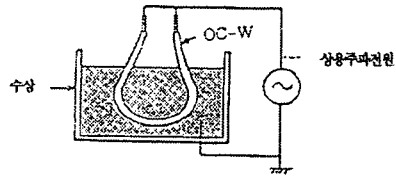


그림 7 교류파괴 전압시험

2.10 박리성시험

전선 피박기를 사용하여 피복을 벗길 때에는 도체표면의 충전혼화물은 절연체와 함께 박리되어야 하며, 도체의 변색유무도 조사한다.

2.11 밀착도시험

완제품에서 3m 이상의 시료를 취해 인장시험기 등으로 그림 8과 같이 취부하여, 서서히 하중을 가해 정해진 밀착도 하중에 달하면 그대로 유지하다가 10분후에 도체와 절연체의 미끄러움을 측정한다.

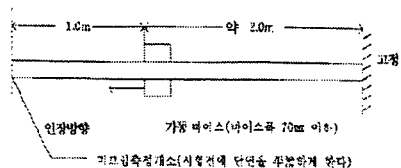


그림 8 밀착도시험

3. 평가시험결과 및 고찰

3.1 외관 및 구조

흠의 유무, 표면의 평활도, 색표시, 돌기 등을 조사한 결과 이상이 없었다.

3.2 우수접입 방지시험

수압인가 반대쪽에 누수가 없었으며, 수압인가쪽에서 침투거리는 A가 5cm, B사 20cm, C사 25cm이었다.

3.3 침적시험

외관상 심한 공식, 부식 크래킹이 없었으며, 시험후의 비틀림 회수는 표와 같이 변화가 15% 이내로 나타났다.

시료 구분	시험결과					
	A사		B사		C사	
	전	후	전	후	전	후
중심층	187	192	160	155	145	147
내층	177	189	172	163	166	169
외층	160	146	164	149	157	139

3.4 통전 내부식성시험

외관상 심한 공식, 부식 크래킹이 없었으며, 시험후의 비틀림 회수는 표와 같이 변화가 20% 이내로 나타났다.

시료 구분	시험결과					
	A사		B사		C사	
	전	후	전	후	전	후
중심층	187	197	160	190	145	155
내층	177	191	172	192	166	153
외층	160	190	164	191	157	160

3.5 컴파운드 적하량시험

시험결과 적하가 전혀 일어나지 않았다.

3.6 도체 인장강도시험

5개 시료를 시험하여 평균하였다. 아래표와 같이 A사의 경우 인장강도 값이 기준치에 미달로 불량을 나타냈다. 이는 XLPE 피복시 높은 온도로 인하여 경동선의 인장강도값이 저하된것으로 보인다.

기준	A사	B사	C사
44.3kgf/mm ² 이상	42.1	45.9	44.7

3.7 내전압시험

규정된 교류 전압(25kV)을 가하고, 1분) 동안 인가한 결과 A, B, C사 모두 이상이 없었다.

3.8 내트래킹시험

분무횟수 101회 하였을때 50mA 이상의 전류가 시표표면에 흐르지 않았으며, 연소현상도 없었다.

3.9 교류파괴 전압시험

교류전압을 인가하여 36kV를 1분간 가한 후 1분마다 5kV씩 승압하여 표와 같이 파괴값을 얻었다.

기준	A사	B사	C사
36kV 이상	46	66	61

3.10 박리성시험

전선을 벗길때 도체표면에 충전혼화물이 절연체와 함께 박리되지 않았으며, 변색되지도 않았다.

3.11 밀착도시험

도체와 절연체의 미끄럼을 측정한 결과 표와 같이 거의 미끄럼이 없었다.

기준	A사	B사	C사
5mm 이하	1	1	1

4. 결론

삼면이 바다인 우리나라는 염해로부터 피해를 방지하기 위하여 동선에 피복을 한 특고압 수밀형 가교폴리에틸렌 동전선(OC-W)과 같은 전선의 사용이 적절한 것으로 생각된다. OC-W는 경동선에 피복을 하는 것으로 피복 시 열에 의해 경동이 연동으로 바뀔 가능성 때문에 피복 시 많은 노력이 필요하다. 동선의 인장강도가 기준치 미달인 업체를 제외한 다른 시험은 양질의 재료선정과 제작으로 양호하여 모든 기준에 만족을 하였다.

참고 문헌

- [1] KS CC 3004, “고무플라스틱 절연전선 시험방법”, 1998
- [2] KS C 3113, “강심알루미늄연선”, 1996
- [3] ES 121-230-275, “특고압강심알루미늄절연전선”, 2003
- [4] PS 121-301-306, “특고압 수밀형 가교폴리에틸렌 동전선”, 1999
- [5] 김종구, “염해지역에서의 전기설비 녹방지 대책”, 포스코건설, 2003