수밀 분할도체의 개발

이기수, 서세종, 하재청, 최영훈, 최봉남, 조현호
대한전선 (주)

Development of water blocking segment conductor

Ki-Soo Lee, Se-Jong Seo, Jae-Chung Ha, Young-Hun Choi, Bong-Nam Choi, Hyun-Ho Jo
Taihan Electric Wire Co., Ltd.

Abstract -
At present, in case of circular conductor, various water blocking methods are in use for power cable. But, in case the shape of the conductor is sector shaped, segment conductor, it was very difficult to make the water blocking segment conductor.
This paper describes the developement details of the water blocking segment conductor applied with swellable powder.

1. 서 론

최근들어 해외의 전력회사들은 XLPE절연 전력케이블의 품질고급화를 위하여 도체를 수밀화하는 것을 두드러지게 요구하고 있다.

XLPE케이블 특히 초고압 지중송전케이블을 포설하는 경우 국내에서는 전력구등 케이블 전용Route에 포설하는 것이 일반적이나, 해외 특히 동남아나 중동에서는 지하에 직접매설하는 직매포설을 적용하고있다.
이러한 직매포설된 케이블의 경우 외압등에의한 손상되기 쉬우며, 그러한 손상된 부분으로 수분이 침투하여 케이블 내부공간 즉, 도체연선사이의 공간을 따라 급속히 퍼져나가게 되는데 , 이러한 경우에 케이블 선로를 복구하는데 많은 비용과 시간을 소요케한다.

따라서, 손상된 케이블의 신속한 복구를 위해서는 케이블내부로 침투한 수분의 확산을 억제하는 것이 중요하며, 이에대하여 케이블 내부공간에 적절한 재료로 채워주는 것이 필요하다.

이러한 목적으로 현재 한전의 22.9 KV CN/CV-W 사양서에는 도체의 연선공간을 수밀컴파운드로 충진시키는 압출방식을 채택하고 있으며, 이러한 압출방식은 원형도체에는 적합할지 모르나, 대도체의 일반적 형태인 부채꼴 형상의 분할도체에는 적용하기가 어렵다.

이에 작업성 및 수밀특성이 우수한 수밀 분할도체의 개발필요성이 새롭게 요구되었으며, 본고에서는 수밀재료로 Swellable powder를 사용하여 IEC Pub. 840의 Water penetration test의 pass를 목표로 개발한 수밀분할도체의 개발내용을 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 수밀재료의 선정

현재까지 알려진 수밀도체의 제조방법은 여러 가지가 방법이 있다.

첫째, 수밀컴파운드를 도체연선시 동시에 충진시키는 방법으로 수밀특성은 우수하지만, 연선기에 고가의 압출설비가 필요하며, 현재 원형도체에만 적용하고 있으며, 분할도체의 수밀작업은 기술적으로 매우 어렵다.

둘째, Swellable Yarn을 연선공정시 소선과 소선사이에 삽입하는 방법으로 수밀특성은 보통이나 작업성이 우수한 장점을 가지고 있으나, 소도체의 규격에 적합하며, 대도체의 수밀방법으로는 적당치 못한방법으로 연선기의 각 Cage에 S/W Yarn 걸이치구가 별도로 필요하다.

세째, 차수테프를 도체연선공정시 각 연선층위에 감아주는 방법으로 수밀특성 및 작업성은 우수하나 연선기의 각 Cage에 Taping 장치를 장착해야 하는 등 부대설비의 설치가 필요하다.
또한, 테프적용에 의해서 외경이 증가하는 단점이 있다.

넷째, Swellable powder를 도체연선공정시 각 연선층위에 도포하는 방법으로 수밀특성 및 작업성이 우수하다.

표1에 상기 수밀작업방법의 특성을 간략히 나타내었다.

요구특성	수밀 컴파운드	S/W Yarn	S/W Tape	S/W Powder	비 고
수밀특성	○	△	○	○	
제조공정의 용이함 과 작업성	×	△	△	○	
제조공정의 Cost	×	△	○	○	
부대설비의 Cost	×	×	×	○	

상기 네가지의 수밀작업방법중에서 표1.에 나타낸바와 같이 수밀특성이 우수하고 제조공정이 용이하며, 부대설비의 cost 가 저렴한 S/W Powder를 도포하는 방법을 선정 하였다.

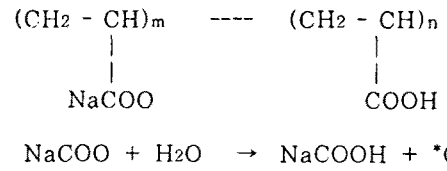
2.2 Swellable powder의 제특성

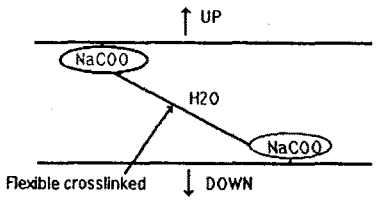
2.2.1 Swellable powder

S/W powder는 주 재료로서 부풀움 특성을 얻을수 있는 Polyacrylate와 바인더인 LDPE와 Corrosion inhibitor를 사용하고 있으며, 세계적으로는 약 15년 전부터 사용하고 있으며, Powder에 물이 접촉시 부풀음 특성을 이용한 것이다.
즉, Polyacrylate는 아크릴산소다 중합체로서 물(H_2O)

과 결합하여 형성된 래디칼(*OH)이 연속적으로 반응하므로 Flexible crosslinking 하는 형상으로 부풀음으로서 차수특성을 얻는 것이다.

2.2.2 Swewellable powder의 분자식





즉, Chemical chain이 늘어남으로 인해 Gel swelling 상태로 된다.

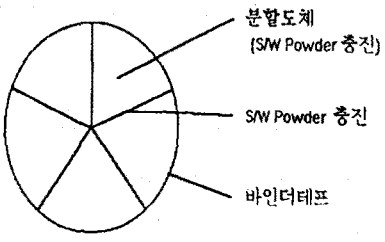
2.2.3 금속의 부식방지

S/W powder에 Corrosion inhibitor를 첨가하지 않게되면 외적, 열적인 요인에 의해 초산이 분자에서 쉽게 이탈될수 있으며, 이때 물분자(H_2O)와 접촉하게되면 산화동(CuO)의 상태로 되며, 이탈된 초산은 다른 Polymer의 분자와 연속적으로 결합하게 된다.
이때, 산화된 Copper에서 일부 산화동(CuO)의 분자가 이탈되어 물에 희석되므로서 물의 변색으로까지 이어지게 된다. 이러한 변색을 방지하기 위하여 현재 일반적으로 사용하고 있는 금속시스 방지제 2-mercaptobenzimidazole ($C_7H_6N_2S$)을 약 4.2wt% 정도를 Powder에 첨가하여 사용한다.

2.3 수밀 분할도체의 제조

2.3.1 수밀 분할도체의 구조

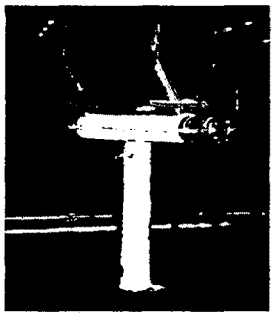
일반적으로 800㎟ 이상의 대도체는 원형도체 대신에 표피효과를 억제키위하여 분할도체로 제조한다.
이번에 개발한 수밀 분할도체는 2000㎟ 대상으로 제조, 진행하였다.
2000㎟의 도체 구성을 보면 그림1.과 같이 5개의 분할도체를 집합한 구조이다.



(그림1. 수밀 분할도체의 구조)

2.3.2 수밀 분할도체의 제조

상기 2.3.1항에서 서술한바와 같이 도체의 구성은 5개 분할도체의 집합으로 이루어져 있으며, 분할도체의 수밀방법은 연선된 도체위에 S/W powder와 특수한 접착제를 적절하게 혼합하여 그림2.의 S/W powder 충진장치를 통과시켜 S/W powder를 충진함으로서 소선과 소선 사이의 공간을 S/W powder로 채워 넣는 것으로 제조할 수 있다.



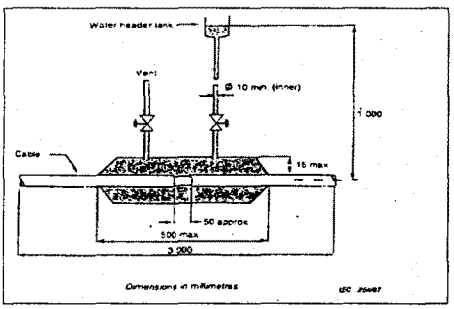
(그림2. S/W powder 충진장치)

각 Segment도체의 집합시는 각 segment 와 segment 도체 사이를 S/W powder로 재충진하여 그 사이의 공간을 수밀토록 하였고, 집합후 바인더로서 반도전테프를 적용함으로써 집합도체의 원형을 유지하고 도체와 내도 사이의 공간을 수밀토록 제조하였다.

2.3 수밀시험 및 결과

2.3.1 수밀시험

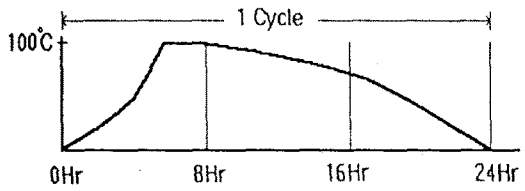
수밀시험은 IEC Pub. 840의 Water Penetration test를 기준으로 시험을 실시하였다.
시험의 개요는 그림3.에 나타내었다.



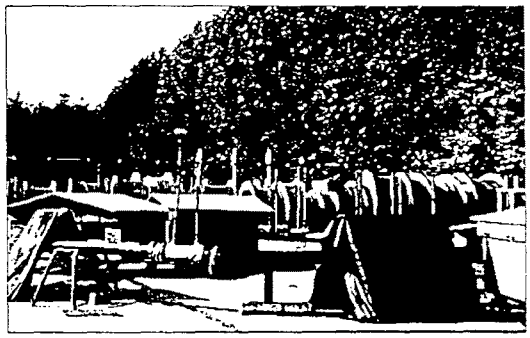
(그림3. Water Penetration Test의 개요도)

시험 진행방법은 아래와 같다.
(1) 규정된 동경에 3회 굴곡시험후, 시료 최소 3m를 취한다.
(2) 3m 의 중앙에 50mm 폭으로 도체까지의 모든 피복물을 벗겨내고, 그림3.의 개요도와 같이 시험기구를 설치한다.
(3) 수두높이는 1m (0.1Kg/㎠)를 유지한다.
(4) 시험구성 완료후, 물을 주입하고 24시간 방치한다
(5) 24시간 방치후 도체에 10회의 Heating Cycle을 가한다.
*. Heating/8시간, 자연냉각/16시간
(Heating시 도체온도 95~100℃에서 최소 2시간 유지할것)

(1 Heating cycle 그래프)



(6) 판정 : 양단에 누수가 없을 것.



(그림4. Water Penetration Test의 진행)

2.3.2 시험결과

시험결과를 표2.에 나타내었으며, 결과는 IEC Pub.. 840의 Water Penetration test를 만족하는 것으로 나타났다.

표2. 시험결과

침수거리	좌측시료	우측시료	판 정
150cm 이하	약 45cm	약 40cm	양 호

3. 결 론

이상과 같이 Swellable Powder를 사용하여 수밀 분할도체의 개발을 실시하였다.

그 결과, 수밀 분할도체의 수밀성능을 확인할수 있었으며, IEC Pub. 840에 규정된 Water Penetration Test의 Heating Cycle시험을 만족함으로서 실 사용에 대해서도 수밀성능을 유지할수 있다는 확신을 얻었다.

특히, 해저 및 수저용 케이블의 제조에 있어서는 필수 불가결한 기술이다.

금번의 수밀 분할도체의 개발로 수밀도체의 요구가 증가하고 있는 해외시장에서의 경쟁력이 크게 향상될 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

[1] C.A. Geert and J.R.T. Bury, "Longitudinal Waterblocking of Power cables", GECA-TAPES, November 1991.

[2] 二階堂隆紀, 谷本 元, 川瀬幸雄, 走水防止形ケーブルの開發", 昭和電線レビュー, Vol. 47, No. 1, pp.36~40, 1997.