

광복합 가공지선(OPGW)의 신뢰성 향상

권 신 남 안 성 창 이 호 균
희성전선(주) 기술연구소

An improvement in Characteristics of OPGW

Shin-Nam Kwon, Seong-Chang An, Ho-Kyeun Lee
Heesung Cable Ltd. R&D Center

Abstract - It is becoming demand of OPGW required high reliability of the characteristics of earthing and light transmission. This paper study the mechanical and electrical characteristics of the OPGW stranded stainless tubes lied optical fiber and aluminum alloy wire to grasp their performance and to approach to design suitable for various enviroment.

‘그림 1’의 SSLT형은 연선구조로 Fiber Overlength를 가장 많이 줄 수 있다. 이는 전선을 굴곡할 때(포설) Fiber에 응력이 미치지 않는것과 연관이 있다. 그리고, 다수의 Fiber의 심선을 삽입하는데 유리하다.

1. 서 론

전력고속도로 일컬어지는 765kV T/L 건설이 한창 진행되고 있고, 정보통신부문에서는 멀티미디어 정보량이 급증하고 있어 초고속정보통신망 구축이 앞당겨지고 있다. 이와 함께 가공송전선로의 낙뢰 방재기능과 광 선로 기능을 가진 ‘광섬유복합가공지선(OPGW)’의 활용도가 증가하고 있고, 설치 및 운용에 있어 높은 신뢰성이 요구되고 있다. 산간지 등에서 설치되는 열악한 사용 여건과 재료 구성상 적잖은 고장확률을 가지게 된다.

대상품은 광섬유를 알루미늄 튜브, Spacer 등에 내장한 대신 스테인레스 튜브에 넣으므로 기계적 강도 및 내구성이 뛰어난 뿐만 아니라, 다수의 광섬유를 넣을 수 있게 되었다. 더욱, 알루미늄 합금선을 추가하여 사용 지역의 다양한 전기,기계적 조건에 맞추어 설계 변경이 용이하여, 선로 여건에 부합한 성능과 신뢰성 확보가 가능하다.

본 논문에서 스테인레스 Loose tube(SSLT)형 OPGW를 중심으로, 시공성, Crush resistance, Tensile, Short circuit, 온도특성 및 안전을 등을 검토하여 신뢰성에 대하여 살펴 보기로 한다. 광 전송 기능과 Fiber 자체 특질은 생략기로 한다.

2. 신뢰성

2.1 OPGW의 구조 비교

OPGW는 형태상 Tight buffer형과 Loose tube형으로 대별되는데, 이 중에 Tube를 스테인레스를 사용한 것이 가장 최근에 이용되고 있다. 이는 광Fiber의 성능을 보정할 수 있는 방법이다.

(그림 1) 종류별 OPGW의 단면도

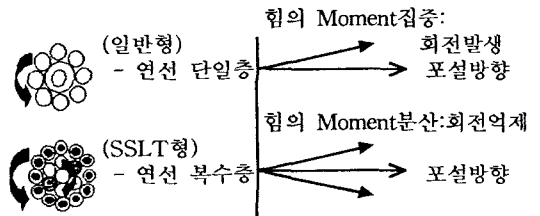
Tight Buffer Type OPGW		Loose Tube (Buffer) Type OPGW	
Spunge Type	Spacer Type	Loose Tube(PBT) Type	SSLT Type
<ul style="list-style-type: none"> ① 중심연결선 (720) ② 콘크리트 ③ Glass Tube ④ Al-Tube ⑤ 알루미늄 결합관선 	<ul style="list-style-type: none"> ① 중심연결선 (720) ② 콘크리트 ③ PM Type, PBT ④ Al-Spacer ⑤ Al-Tube ⑥ 알루미늄 결합관선 	<ul style="list-style-type: none"> ① 콘크리트 ② PBT ③ Al-Spacer ④ 알루미늄 결합관선 	<ul style="list-style-type: none"> ① 광섬유 ② SSLT ③ 알루미늄 결합관선 ④ 알루미늄 결합관선

2.2 요구 조건

광복합가공지선은 우선 시공시의 작업성, 안전성과 함께 어떤 형태의 것이든 광 Fiber 손상이 없어야 하고, 광손실이 증가하지 않아야 한다. 전기적으로는 뇌서지에 대한 단락전류 특성, 물리적으로는 인장 특성, 내부식 특성 등을 가져야 한다. 특히, 철타에 설치된 기존 가공지선을 교체할 경우 철타 강도를 감안한다면 새로운 광복합가공지선의 자중을 증가시키지 않으면서도 일정 강도를 가져야 한다.

2.3 시공성

시공시 전선의 회전은 외층 도체에 따라 큰 영향을 받는데 단일층 또는 복수층에 따라 큰 차이가 나타난다.

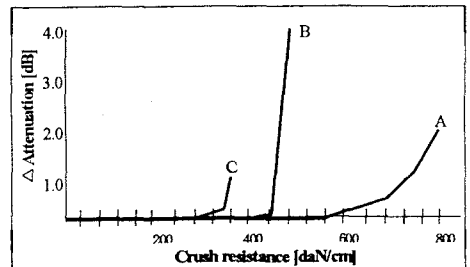


(그림 2) 線의 회전 Mechanism

그림 2와 같이 SSLT형은 연선 각층이 상호 반대방향으로 꼬여 있어 선의 Moment가 층별로 상쇄되어 회전력이 감소된다. 따라서, 긴선 중에 선재의 회전이 적어 포설속도를 증가시킬 수 있고, 선재의 응력을 줄일 수 있게 된다.

2.4 Crush Resistance 특성

(그림 3)



주) A형 : SSLT, 동심연선형
B형 : " , " , Smooth형
C형 : " , 비동심형, "

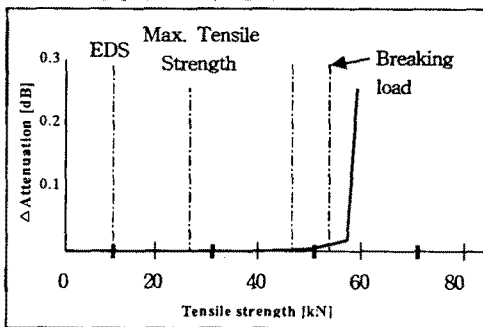
그림 3은 DIN/VDE 0472로 시험한 값이며, 동심연선 형이 압축을 가했을 때 다른 구조의 전선에 비해 광 손실특성이 안정하다는 것을 알 수 있다. 다만, 광 Unit 주변에 Hardness한 AW선이 광 손실변화에 영향을 줄 수 있음에 유의하여야 한다.

2.5 Tensile 특성

OPGW에 직접 적용되는 금구류의 종류별로 전선의 적용성 시험 즉, 인장하중 시험을 실시한 결과 다음과 같은 사항을 확인할 수 있었다.

- ▶ 적용 금구류 (내장 크래프 종류)
 - Dead-end Grip
 - Bolt-Type
 - Cone Type

(그림 4) 인장하중 시험 결과



시험결과, 내장 크래프의 종류와는 상관없이 광 loss 변화가 Breaking load 이상의 지점에서 급격히 증대된다. 즉, 인장하중 이내에서 광 loss의 변화가 거의 없다.

2.6 단락 특성

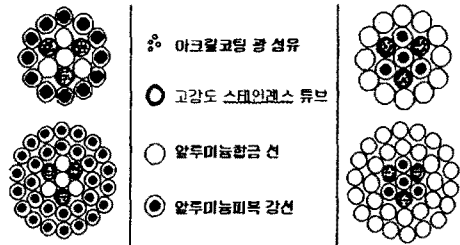
단락전류는 순시허용전류 용량이며 다음의 계산식에 의해 구한다.

$$I_m = \sqrt{\frac{C \times \log \frac{1 + \alpha \times \theta}{1 + \alpha \times \theta_0}}{\alpha \times R_{dc(T)} \times t \times 10^5}} \quad \dots \dots (\text{식 } 1)$$

- I_m = 순시 허용전류 [A]
- C = 열용량 [J/cm °C]
 - = (358.8 - 1.1904 x Sa) x St x 10⁻⁴
 - Sa = AW선의 Al단면적 비율(%)
 - St = AW선의 총단면적(mm²)
- α = 열저항 계수 (0.0036 °C)
- θ = 주위온도에 대한 전선의 온도상승분 (°C)
- θ_0 = 주위온도에 대한 전선의 초기온도차 (°C)
- $R_{dc(T)}$ = 주위온도에 대한 직류 전기저항 [Ω/km]
 - T = 도체 초기온도 (°C)
- t = 통전시간 (0.1, 0.5, 1.0 sec.)

실 계산에 앞서 AW선을 주로한 고강도형과 Al합금선을 주로한 고단락형을 비교하여 보면 그림 5와 같은 구조를 가지게 된다.

(그림 5) 고강도형 & 고단락전류형 비교



한국전력 시방을 기준하여 볼 때 그림 좌측(고강도형)의 단면을 갖는다. OPGW 100mm²/24C를 계산해 보면, 26.69 [kA]·0.1sec. 가 된다. 이는 단락시나 낙뢰시 본선을 보호하는 성능의 하나이다.

그리고, 중요한 광Fiber의 특성 안정을 파악해보기로 한다. 내장된 광Fiber의 기능을 유지하는지에 대한 신뢰성 시험으로 KERI(한국전기연구소)에서 한 단락시험 결과는 표 1과 같다. 시험성적치를 보듯이 신뢰성이 우수함을 알 수 있겠다.

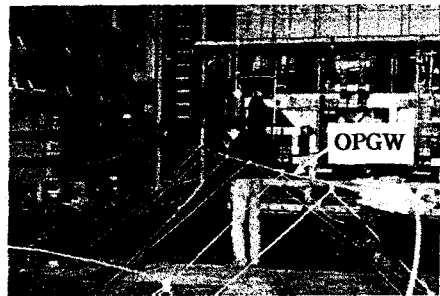
- ◆ 시 료 : OPGW 100SQ/SM-48C
- ◆ 기준시방 : IEEE Std. 1138, 손실기준: 0.1 dB 이하
- ◆ 시험결과 : 손실 최대 0.03dB, 케이블의 변형 없음
- ◆ 시험판정 : 합격

(표 1) 단락전류 인가 광손실 특성

회	시험전류 인가			온도 (°C)		손 실		
	rms	peak	시간	시험전	시험 후	시험전	시험전	
	(kA)	(kAd)	(초)	케이블	케이블 튜브	(dBm)		
1	15.7	28.0	0.52	50	119.3	134.5	-11.38	-11.36
5	15.7	28.0	0.51	50	134.3	149.5	-11.37	-11.38
10	15.7	28.0	0.51	50	128.8	143.7	-11.37	-11.38

<시험조건> 전류=15.6(kA), 시간(t)=0.5(초),
Fiber길이=420m, 인장하중=850kgf

(사진 1) 단락시험 준비장면 (KERI)



2.7 온도 특성

OPGW 단락시 최고 허용온도는 가장 취약한 소재인 광섬유의 내 온도특성을 기준으로 하는데, Silicon coated Fiber는 300°C, Acrylate coated Fiber는 180°C를 기준으로 한다.

한국전력 시방에 따라 스테인레스 루즈 튜브(SSLT)형 광 Unit의 고온순시 시험에서 표 2와 같은 결과를 얻었다.

(표 2) 고온 순시시험 결과

구 분	시험 파장대		비 고
	1310 nm	1550 nm	
기준 값	- 12.35	- 12.71	6 Core Loop식접속
10 초	- 12.34	- 12.68	
20 초	- 12.34	- 12.69	
30 초	- 12.34	- 12.69	
40 초	- 12.34	- 12.69	
50 초	- 12.34	- 12.69	
변화량	0.003 dB/km	0.010 dB/km	

2.8 안전율

안전율은 전선의 외경, 중량, 인장하중, 경간 및 첩탑의 고저차로 부터 합성하중과 이도를 구한 다음, 전선의 최대 사용장력 및 첩탑의 저지점 및 고지점에서 최대 사용장력을 구하여 전선의 인장하중 대비로 계산한다. 이는 가혹한 주변상황으로 부터 첩탑에 가해지는 Stress를 가능하는 것으로써 한국전력 기준에 의하면 AI 계 전선의 안전율은 2.5이상으로 정하고 있다. 한편, 가공지선의 장력은 본선 이도의 80%에 해당하는 장력을 표준으로 한다.

최대 가혹한 조건(유풍유설)에서 OPGW를 설치 및 사용할 때 고 인장하중 및 저 중량에 따른 최대장력은 규격별로 다소 상이하나 최대 +8% 정도이고, 안전율은 일반형에 비해 최대 25% 이상 향상된다.

2.9 신뢰성 종합

OPGW의 압축 특성, 인장 특성, 단락 특성, 전선의 내 뒤틀림 특성 및 안전율 등이 좋음을 파악할 수 있었다. 연선 구조상 선재를 변경함으로써 여러 설치 조건에 맞는 전선을 제작할 수 있겠다.

이와 별도로 광Fiber의 수납공간이 확보됨으로 광심선 수를 증가시킬 수 있는 여유가 있다. 이는 기존 설치된

가공지선을 교체할 경우 규격의 증가 없이 광Fiber 수를 무리없이 증가시킬 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서 동심연선 구조의 SSLT형의 제반 특성을 확인한 바 OPGW에 요구되는 중요한 특성들이 우수하고 재료 구성상 설계 변경이 용이할 것으로 여겨지며, 향후 급진적인 Needs 변화에 대응할 수 있는 특질을 갖추고 있음을 확인하였다. 다만, 외국에서만 실시되고 있는 추가적인 신뢰성 시험에 대하여도 지속적인 검토가 뒤따라야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 윤일환, 유재택, 김일동 “전력통신 서비스를 위한 ATM통신망 구축방법”, 대한전기학회 하계학술논문집, C권(전력계통), pp.961-963, 1998
- [2] International Wire& Cable Symposium Proceedings, pp.78,709,710, 1996
- [3] 박대희 “최근 가공송전선에 있어서의 광Fiber 응용” 대한전기협회지, 제-권 2호, pp.18-23, 1995.
- [4] 清水雅仁 외6 “耐雷架空地線の開発とロケット誘雷の實雷撃電流による耐雷性能の檢證” 日本 電學論B, 제117권4호, pp.464-471, 1997
- [5] Yoshikatsu Honma 외3 “Composite Overhead Ground Wire with Optical Fibers(OPT-GW)” Fujikura Technical Review, pp.30-41, 1985
- [6] 佐野清一郎 외 7 “光ファイバ 複合架空地線の開發” -- 제 34권2호, pp.29-43, 1984
- [7] Kazuo Yokoyama, Toshiki Sakakibara, Yoshimasa Nishino, Takanori Hita 외3 “Phase conductor OPGW Jumper Device and AG Spacer for 1,000kV UHV Transmission Line” Fujikura Technical Review, pp.17-35, 1992
- [8] 조홍근, 이근양, 이석윤, “전력분야 광전자응용 기술 개발 현황과 방향” 대한전기학회지, 제46권12호, pp.48-51, 1997