
광섬유 접속부의 환경 변화에 따른 손실변화 연구

유강희* · 김영호**

A Study on the Optical Loss Variation of Optical Fiber Splicing Part due to Environment

Kang-Hee Yoo* · Young-Ho Kim**

이 논문은 1차년도 충주대학교 대학구조개혁지원사업비의 지원을 받아 수행한 연구임

요 약

광섬유 케이블 포설 후 전송특성 변화에 가장 민감한 부분인 광섬유 심선 접속부의 환경변화에 따른 전송 손실의 변화를 측정하기 위하여 구부림, 온도변화, 물 침투 후의 온도변화와 진동시험을 수행하였다. 실험결과, 구부림 시험에서는 구부림 반경이 30mm 이하에서 손실이 급격하게 증가함을 확인하였으며 -30℃에서 60℃범위의 온도변화에 대하여 최대 0.02dB의 손실변화가 발생함을 확인하였다. 그러나 물이 침투한 상태에서는 훨씬 민감한 손실변화 특성을 보였으며 -40℃에서 80℃ 사이의 온도변화에 대하여 최대 0.2dB까지 광섬유 접속부의 손실이 증가함을 확인하였다. 또한 1mm 정도의 미세한 진동에 대해서는 광 손실의 증가가 거의 발생하지 않았다. 본 논문의 실험결과는 향후 환경변화에 따른 광섬유 접속부 손실의 변화를 제거하기 위한 광 케이블 접속함 설계에 참고 자료로 사용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The most sensitive part of the installed optical fiber cable is the optical loss variation of the splicing part according to the environmental changes. This paper presents the details of the experimental results of the external environmental changes on optical loss, such as bending, temperature variation, temperature variation after water osmosis and vibration. Through the bending test of optical fiber, rapid increase of optical loss was measured within the radius of 30mm. The result of optical loss variation within the temperature range of -30℃~60℃ is less than 0.02dB. It was confirmed that the maximum optical loss increased up to 0.2dB in case of water osmosis within the temperature range of -40℃~80℃. There is small optical loss variation of 0.01dB under the 1mm vibration test. The experimental results of this paper can be used as the reference data for the design of the optical fiber cable splicing enclosure to protect the optical loss variation due to environmental changes.

키워드

광섬유 접속부, 환경 변화, 구부림 손실, 온도변화 손실, 광섬유 케이블 접속함

I. 서 론

급속하게 발전하는 전자통신 기술은 정보고속도로

라고 불리는 초고속 종합 정보통신망 구축을 촉진하고 있으며 그 핵심 기술은 광통신 기술이 담당하고 있다. 1979년 국내 최초로 광화문전화국에서 중앙전화국 간

* 충주대학교 전자통신공학과
** KTICC(주)

2.3km 구간을 광섬유 케이블로 포설하면서 우리나라에 광통신기술이 실용화되기 시작하였다. 이후 1997년 2.5Gbps 광통신 시스템이 상용화되었고 1999년에는 10Gbps 광통신 시스템이 상용화되었다.

광섬유 케이블은 가늘고 가볍기 때문에 좁은 공간의 관로에서도 수 km까지 접속점 없이 케이블을 포설할 수가 있게 되어 통신 시스템의 건설 및 보수를 용이하게 해주었으며 유도성이 없어 전력케이블 등 전자유도를 발생시키는 설비 주위에서도 사용할 수 있어 작업자의 안전과 통신 품질의 안정성을 도모할 수 있는 많은 이점이 있다. 반면에 광섬유 케이블은 급속한 구부러짐에 대해 높은 손실을 보이며 절단되는 현상까지 일어나므로 다루기가 어렵다는 점과 접속이 까다롭고 어려우며 고도의 기술을 필요로 하고 접속한 부위의 안정적인 보호가 반드시 필요하다는 단점이 있다.

그러나 광통신을 광전송 시스템과 OSP (Outside Plant)의 두 가지 분야로 나누어보면 고도화되고 급변하는 기술 발전을 거듭해온 광전송 시스템에 비해 OSP 분야는 제대로 검토되고 발전되지 못하고 있는 현실이다. 광섬유 케이블 접속부를 살펴보면 외부환경으로부터 철저히 보호하기에 적합한 광섬유 케이블 접속함이 필요하나 현재 국내에서 사용 중인 여러 종류의 광섬유 케이블 접속함은 그 기술에 있어서는 광통신 도입 초기인 1990년대 초반의 기술 상황에서 크게 벗어나지 못하고 있는 실정이므로 국내 초고속 통신의 발전과 FTTH로의 발전 방향에 알맞은 광섬유 케이블 접속함의 지속적인 연구 개발이 필요한 상황이다.

따라서 본 논문에서는 광섬유 손실 및 광섬유 및 광섬유 케이블 접속방법을 간략히 소개하고 외부 환경에 의해 광섬유 접속부에서 발생하는 물리적, 환경적 요소에 의한 광섬유의 전송손실에 대하여 구부림, 온도변화, 물침투 후의 온도변화와 진동시험을 통해 검증한 후 향후 접속함의 설계에 참고가 되도록 하였다.

구부림 시험은 접속함 설계 시 합체 내에 향후 재접속을 위하여 여분의 광섬유를 보관하는데 손실이 발생하지 않는 곡률 반경이 되게 접속함의 크기를 설계하도록 하기 위한 것이다. 온도변화 시험은 실제 접속함에 가해지는 외부 온도인 -30oC에서 60oC 사이에서 손실이 발생하는 정도를 측정하여 이온도 범위 이내로 온도환경을 조성할 경우 손실 변화를 예측하기 위하여 수행하였다. 접속함에 물침투 시는 온도 변화에 대하여 손실이 민

감하게 반응하여 온도범위를 저온 -10oC, 고온 +20oC씩 늘려서 -40oC에서 80oC 사이에서 측정하였으며 방수가 되지 않은 상태에서 어느 정도의 손실이 발생하는지 알아보기 위하여 이 시험을 수행하였다. 또한 전화 국사나 통신구 맨홀 등에 설치된 접속함은 주변을 지나가는 자동차나 전철 등에 의하여 발생하는 미세 진동 충격에 영향을 받게 되며 이 진동에 얼마나 손실 변화가 발생하는지 알아보기 위하여 수행하였으며 이 결과는 접속함이 진동을 흡수할 수 있도록 견고하게 지지대에 부착 보관하는 설계에 참고가 될 것이다.

II. 광섬유 전송손실 원인

광섬유의 가장 중요한 특성 중의 하나는 전송 손실, 즉 감쇠량이다. 이 특성은 중계국 간의 거리를 결정하는 가장 중요한 요소 중의 하나로써 광통신 시스템의 설계에 커다란 영향을 미치며 포설 후 변화하지 않아야 한다. 광섬유의 손실은 광섬유 자체가 갖는 내적 손실 요인과 광섬유를 사용하는데 따른 외적 손실 요인으로 분류할 수 있으며, 광통신망에서의 전송 손실 발생 요인은 아래 표 1 및 그림 1과 같다.

표 1. 광섬유 전송손실
Table. 1 Optical Transmission loss

흡수 손실	재료에 의한 요인	자외선 흡수 손실
		적외선 흡수 손실
	외부적 요인	천이 금속에 의한 흡수 손실
		OH-에 의한 흡수 손실
내적 요인	재료 고유 요인	레이리 산란 손실
		라만 산란 손실
		브릴루인 산란 손실
	외부적 요인	경계면 불균일
		직경의 불균일
		기포 이물질 결정 구조
		굴절률 분포의 불균일
		미소 구부림
외적 요인	결합손실	측 어긋남, 경사각, Gap, 굴절률의 불균일
		접속면의 불균일
	접속 손실	광섬유의 접속점 손실
구부림 손실	코아와 클래드의 입사각의 변화	

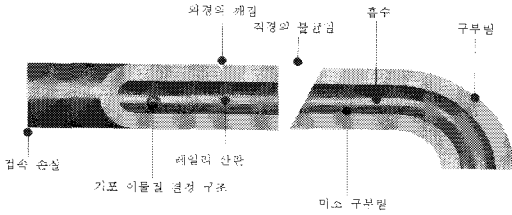


그림 1. 광섬유 전송손실
Fig.1 Optical Transmission loss

2.1 흡수 및 산란 손실(Absorption & Scattering loss)^{[1][2]}

흡수는 실리카 광섬유 재료의 원자 구조의 결합, 재질 속의 불순물 원자에 의한 외부적 흡수, 광섬유 물질의 구성 원자에 의한 재료 고유의 흡수 등이 있다. 원자 구조 결합에 의한 손실은 다른 원인에 의한 손실에 비해 무시할 수 있으며, 광섬유의 불순물이 가장 큰 손실 요인이 된다.

산란손실이란 광섬유 내를 도파하는 광선이 코어 내에서 직진하지 못하고 사방으로 흩어져 버리는 현상으로써 광섬유 재료의 밀도, 구성 성분의 불균일성, 광섬유 제조 시 발행하는 구조적 불균일성, 결합 등의 미세한 변화 등 여러 가지 요인에 의해 일어난다. 산란손실은 선형적 특성을 가지는 레일레이(Rayleigh) 산란과 비선형적 특성을 갖는 유도 브릴루인(Brillouin) 산란 및 유도라만(Raman) 산란 손실 등으로 나눌 수 있으나 가장 많은 영향을 미치는 것은 레일레이 산란손실이다.

2.2 기타 손실

실제 광섬유에는 코어와 클래드의 경계면이 제조공정상 이상적으로 평행한 원통면이 아니고 극히 미세한 울퉁불퉁한 면이 존재하게 된다. 이와 같은 불균일면을 빛이 도파하는 과정에서 도파모드는 방사모드로 변환되어 광 손실을 발생시킨다. 이와 같은 구조 불안전에 의한 손실은 현재 제조기술의 발전에 힘입어 거의 무시할 수 있다.

마이크로 밴딩 손실(Microbending loss)^{[3][4]}은 광섬유를 제조한 후, 광섬유 측면에서 균일한 압력이 가해져 광섬유의 축이 μm 단위로 구부러짐에 따라 발생하는 손실을 말한다. 이러한 현상은 광섬유에 장력을 가하면서 보빈에 감거나 광섬유에 부적당한 코팅을 할 경우, 또는 코팅 후 광섬유에 커다란 온도 변화가 있는 경우에 발생된

다. 또한 광케이블의 포설이나 접속 시 광섬유의 취급 부주의로도 발생할 수 있다.

마이크로 밴딩 손실(α_m)은 아래 식으로 정리할 수 있다.

$$\alpha_m = k(a/\Delta)^2$$

α : Core Radius

Δ : Refractive - Index Difference

k : Constant

구부러짐 손실(Macrobending loss)은 광케이블을 포설할 경우나 광섬유 심선을 접속할 경우 또는 광점퍼 코드를 이용하는 경우 허용 곡률직경 이내로 무리하게 구부림으로써 광섬유 내에 도파하는 빛이 코어와 클래드의 경계면에서 사각이 변화됨으로써 발생하는 손실이다.

구부러짐 손실(2α)은 아래 식으로 정리할 수 있다.

$$2\alpha = \frac{\sqrt{\pi}k^2 \exp[-\frac{2}{3}(r^3/\beta^2)R]}{e_v r^{\frac{3}{2}} V^2 \sqrt{R} k_{v-1}(ra) k_{v+1}(ra)}$$

v : Mode Number

k : Propagation Constant in the Core

r : Propagation Constant in the Clade

β : Propagation Constant along the Fiber Axis

a : Core Radius

V : Normalized Frequency

K_v : Other Modified Function

접속 손실(Splicing loss)^{[4][5]}은 광섬유를 접속하는 경우 코어를 완전하게 정렬한 후 결합시켜 완전하게 연속성을 유지하여야 하나, 광섬유 코어 직경의 차이, 비굴절률차, 광섬유 축 어긋남(Lateral offset), 접속되는 광섬유 간의 간격(End separation), 접속되는 광섬유의 경사각(Tilt) 및 접속되는 광섬유의 단면 상태 (Deformation of end surface) 등에 의해 완전하게 연속성을 유지하지 못하고 빛의 일부가 반사 또는 빠져나가 되어 발생하는 손실이다.

III. 광섬유 케이블 접속

광섬유 케이블의 접속은 전송 매체가 유리 성분인 광섬유이기 때문에 기존의 동 케이블과는 다르며 광섬유 심선접속(Splicing)과 외피접속(Jointing)으로 구분된다. 이들 기술은 접속부의 신뢰도가 케이블과 동등하게 합과 동시에 능률적이고 작업성과 경제성이 좋은 것이어야 한다. 광섬유 심선접속은 광섬유를 영구적으로 결합하는 것이고 외피접속은 동선, 인장선, 케이블 외피 등을 포함한 두개의 케이블을 결합하는 것으로 접속함을 사용하여 접속하는 기술이다. 광섬유 심선접속 방법에는 영구적인 접속법인 용착접속(Fusion Splice), 기계식 접속(Mechanical Splice)과 커넥터(Connector)를 사용하는 접속으로 구분할 수 있다. 광섬유 심선접속은 접속하는 광섬유의 구조(굴절률 분포 등)가 동일할 것이어야 하는데 동일하지 않으면 접속기술이 우수해도 접속손실을 감소시키기 어렵다. 또한, 광섬유의 절단된 단면 상태가 광섬유 축에 수직으로 되어야 광섬유 단면에서 나오는 빛이 산란되거나 과도한 접속손실을 발생하지 않게 되며, 두 광섬유 간에 빛을 최대한 전달하기 위해서는 두 광섬유의 단면이 고도로 정밀한 정렬이 필요하게 된다. 광섬유 접속방법에는 다음과 같은 종류가 있다.

3.1 광섬유 심선접속⁶⁾

광섬유 심선접속 방법에는 영구적인 접속법인 용착접속, 기계식 접속, 커넥터를 사용하는 접속이 있으며 용착접속은 접속방법 중 가장 많이 사용되는 것으로 접속시키고자 하는 광섬유를 맞붙여 놓고 불꽃이나 전기적 고압 방전 등에 의하여 가열시킴으로써 광섬유가 용해되어 서로 붙게 되는데 이 방법에 의하면 약 0.05dB 이하의 손실을 얻을 수 있다. 기계식 접속(Mechanical Splice)은 접속되는 두개의 광섬유 단면 간을 순간접착제로 접속하거나 또는 기계적 힘을 사용함으로써 기계적 강도를 유지하고, 또한 굴절률 정합액을 이용하여 두 단면 간을 굴절률 정합을 시키면서 접착제로 접속하는 방법이다. 이 접속방법에는 광섬유 정렬 방식에 따라 V-그로브(V-Groove), 4각 튜브(Square Tube), 슬리브(Sleeve)법 등이 있으며 접속 손실은 용착접속보다 크다. 커넥터(Connector) 접속은 광섬유 커넥터를 사용하여 접속하는 방법으로 접속 후에도 쉽게 분리 및 연결이 가능하기 때문에 광섬유 케이블과 광단국 장치 간 및 광중계 장치간

의 연결에 많이 사용된다. 이 접속 방법은 간편하고 제조가 용이하다는 장점이 있으나 광섬유 단면이 손상되기 쉽고 접속손실이 용착 접속이나 기계식 접속보다 크기 때문에 고도의 정밀도를 요하는 경우에는 어려움이 많다.

3.2 광섬유 케이블 외피 접속⁷⁾

광섬유 케이블 외피 접속은 외피의 연결, 광섬유 접속부 보호 및 저장, 유니트의 연결, 접지의 연결, 중심 인장선의 연결로 구분할 수 있다. 광섬유 케이블의 외피는 외부의 온도, 자외선, 충격, 압축 등의 환경으로부터 광섬유를 보호할 수 있는 구조이어야 하며 특히 OH⁻이온에 의한 표면 산화를 방지하기 위하여 물이나 습기의 침투를 방지할 수 있는 구조로 연결되어야 한다. 또한 접속된 광섬유는 앞에서 설명한 바와 같이 최소의 손실(0.05dB 이하)을 갖도록 접속되어져서 기계적으로 보호되어야 하며 접속된 광섬유와 여분의 광섬유 심선은 손실이 발생하지 않도록 최소 구부림 반경을 유지하여 저장되어야 한다. 광섬유 케이블이 유니트형일 경우에는 광섬유 유니트는 절단되어지거나 원형을 유지한 상태에서 급속한 꺾임이나 휨이 없도록 저장되어야 한다. 케이블 내에 접지를 위한 금속성 물질(LAP, 강선 등)을 포함하는 케이블은 낙뢰 및 서지의 피해로부터 안전하도록 전기적 연속성을 갖도록 연결되어야 하며 광섬유 케이블은 포설 시의 인장력과 포설 후 케이블 자체의 무게나 바람, 온도변화에 의한 케이블의 신축 등에 의하여 인장력 및 중력에 견딜 수 있도록 중심인장선이 튼튼하게 연결되어야 한다.

3.3 광섬유 케이블 접속함

광섬유 케이블 접속함은 광섬유 케이블의 접속부를 보호하기 위한 장치로써 기구적으로 견고하여야 하며 물 침투 및 이물질의 유입을 방지하기 위하여 밀봉성을 유지할 수 있어야 한다. 또한 광섬유 심선이 접속된 부위를 손실 없이 보호할 수 있어야 하며 여분의 광섬유선이나 유니트를 적정한 곡률 반경을 유지하며 수용할 수 있어야 한다.

광섬유 케이블 접속함의 설계요소는 크게 외함(Enclosure), 접속판(Splice tray), 케이블 인입부(Insertion part), 케이블 고정부(Fixing part), 방수부(Waterproof part), 접지구(Earth part), 테스트부(Testing part) 등 7가지

로 나눌 수 있다. 외함(Enclosure)은 외부의 환경 및 물리적 충격으로부터 광섬유 케이블 접속부를 안전하게 보호할 수 있도록 단단하고 안정된 형태의 함이며 그 내부에 설치되는 접속판은 광섬유 접속 형태에 따라 융착식 접속 슬리브, 기계식 접속자 등을 고정할 수 있으며 유니트에서 탈피된 광섬유를 손실이 발생하지 않는 일정한 곡률반경 이상을 유지하여 저장할 수 있도록 되어 있어야 한다. 케이블 고정부는 케이블 외피 및 인장선이 광전송 손실을 발생시키지 않게 안정되도록 고정시켜야 하며 케이블 인입부는 방수를 고려하여 케이블이 인입되어야 한다. 접지부는 케이블 접지를 외부로 연결할 수 있어야 하며 테스트부는 공기주입이나 센서측정 등을 통하여 내부의 물 침투 여부를 판단하도록 설계되어야 한다.

IV. 실험 결과 및 분석

광섬유 접속부의 환경변화에 따른 신뢰성을 입증하기 위하여 손실이 발생하는 구부림 반경, 온도변화, 물침투 후 온도변화, 진동 시험을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같으며 시험에 사용된 장비는 표 2와 같다.

표 2. 실험 장비
Table. 2 Test equipment

시험장비명	제조사, 모델명
Light Source	Anritsu, MG9017B/MG9018B
광 Power Meter	Anritsu, MA9012
항온항습기(Chamber)	한일산업기계, HI5051
침수시험기	자체 제작
진동시험기	한일산업기계사, HI-5050
광섬유 융착접속기	Fugikawa S199
광스위치	FOWIZ, ANTOS-08

4.1 광섬유 구부림 반경에 의한 손실 실험^[8]

4.1.1 실험 구성 및 방법

일반적으로 사용되고 있는 단일모드(Single mode) 광섬유의 곡률 반경에 따른 광전송 손실을 측정하였으며 실험 구성도는 아래 그림 2와 같다.

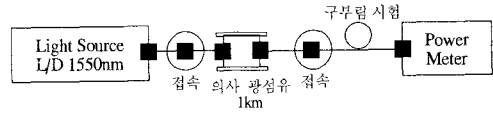


그림 2. 광섬유 구부림 실험구성도
Fig. 2 Configuration of optical fiber bending test

광원(Light Source)으로부터 커넥터가 부착된 단일모드 광 집퍼 코드를 통하여 출력된 광을 1Km의 의사 단일모드 광섬유와 융착접속하여 1Km 전송한 후 다시 융착접속하여 커넥터가 부착된 단일모드 광 집퍼 코드를 통하여 광 Power Meter에 연결하여 광출력을 측정하였다. 실험은 광섬유의 반경을 크게 하여 손실이 없게 한 후 점차 반경을 줄여서 손실이 발생하는 반경을 3회 측정하였다.

4.1.2 실험 결과

광섬유 구부림 시험 결과는 아래 그림 3과 같다. 구부림 손실용 광섬유 곡률반경이 30mm까지는 큰 변화가 없었다. 그러나 30mm이하로 줄어들면서 조금씩 손실 증가를 보이다가 20mm이하로 줄어들면서 급격한 손실 증가를 보였으며 10mm이하가 되자 30dB이상의 손실 값을 보였다. 따라서 접속함 설계 시 마진을 고려할 경우 광섬유의 구부림 정도가 최소 반경 40mm 이상을 가지고 있어야 한다는 것을 알 수 있었다.

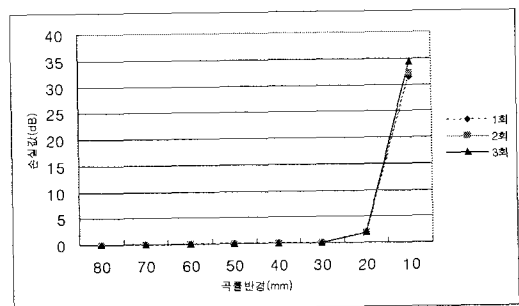


그림 3. 광섬유 구부림 실험 결과
Fig. 3 Optical loss variation of bending test

4.2 광섬유 접속부 온도변화에 따른 손실 실험

4.2.1 실험 구성 및 방법

두개의 단일모드 광섬유 심선을 융착접속한 후 접속부를 방수 처리한 접속함에 넣어 고정하고 이 접속함을

항온조에 넣어 실험하였다. 광원으로부터의 광 출력은 커넥터가 부착된 단일모드 광 점퍼 코드를 통하여 광 스위치에 연결하였으며 광 스위치(Optical Switch)로부터 선택된 출력광은 광섬유와 접속함을 통하여 전송한 후 다시 광 스위치를 거쳐 커넥터가 부착된 단일모드 광 점퍼 코드를 통하여 광 Power Meter에 입력하여 광 출력을 측정하였다. 실험은 -30℃~60℃ 사이의 온도범위에서 그림 5의 점선과 같은 시간 주기로 실험하였으며 아래 그림과 같이 광 스위치를 사용하여 1번과 2번 심선을 번갈아 순서대로 광전송 손실을 측정하였다. 실험 구성은 아래 그림 4와 같다. 그림 6은 항온조 내부에 실험을 위하여 설치된 접속함 사진이다.

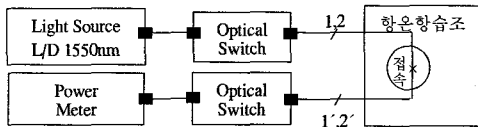
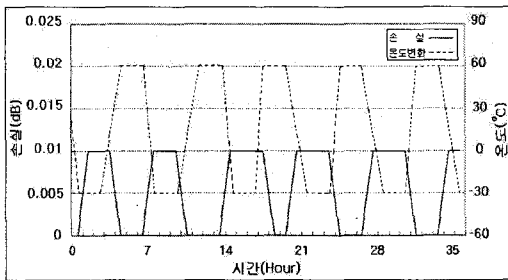


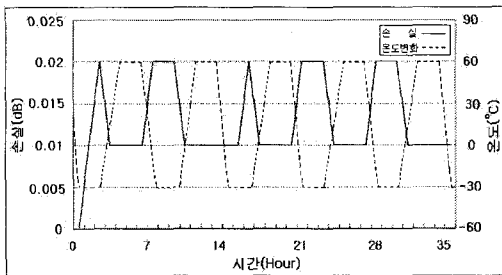
그림 4. 온도변화 실험 구성도

Fig. 4. Configuration of optical fiber temperature test



(a) 1번 광심선 손실

(a) Optical loss variation of number 1 fiber



(b) 2번 광심선 손실 변화

(b) Optical loss variation of number 2 fiber

그림 5. 온도변화 실험 결과

Fig. 5. Optical loss variation of temperature test

4.2.2 실험 결과

온도가 내려감에 따라 1번과 2번의 광 심선에서 동일하게 광 손실이 증가하기는 하였으나 최대 손실값은 -30℃ 유지 구간에서 각각 0.01dB 및 0.02dB 이하로 나타났으며 다시 온도가 증가함에 따라 1번과 2번 광심선 모두에서 광 손실 값은 감소하기 시작하였으며 20℃~60℃ 구간에서는 손실 값이 거의 나타나지 않았다. 따라서 정상적인 접속환경에서는 외부의 온도에 의한 광 손실은 0.02dB 이하로 발생함을 알 수 있었다. 1번 심선과 2번 심선의 실험결과가 0.01dB 차이가 난 것은 광원과 광 Power Meter의 측정오차이거나 광 스위치에서 발생한 미세한 손실오차로 판단된다.

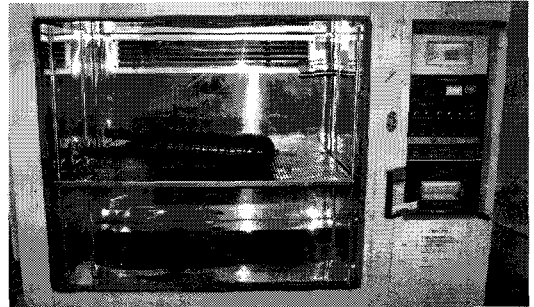


그림 6. 온도변화 실험 장치

Fig. 6. Temperature test equipment set-up

4.3 광섬유 접속부 물 침투에 따른 손실 실험

4.3.1 실험 구성 및 방법

실험 방법은 4.2.1절과 동일하나 두개의 심선을 접속한 후 방수 처리된 접속함 대신 접속부를 자체 제작한 침수시험기에 넣어 물을 채운 후 그림 7과 같이 구성하여 측정을 실시하였다.

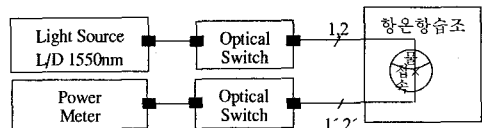


그림 7. 광섬유 접속부 물침투 실험 구성도

Fig. 7. Configuration of temperature test after water osmosis

이때 온도변화 주기는 아래 그래프와 같이 -40℃에서 80℃ 사이에서 그림 8의 점선과 같은 시간 주기로 온도

를 변화시키며 측정하였으며 아래 그림과 같이 광 스위치를 사용하여 1~2번 심선을 번갈아 순서대로 광전송 손실을 측정하였다. 그림 9는 물침투 후 실험 Set-up 사진으로 오른쪽 위 사진은 제작된 침수시험기에 물을 넣는 과정을 보여주며 아래 사진은 항온조에 설치된 침수시험기이다.



그림 9. 광섬유 접속부 물 침투후 실험 장치 set-up
Fig. 9. Temperature test equipment set-up after water osmosis

4.3.2 실험 결과

접속부에 물이 들어간 광섬유 접속부는 방수 처리된 접속함보다 광 손실 특성이 온도에 민감한 반응을 보였다. 따라서 온도 시험에서보다 온도 범위를 저온 -10oC, 고온 +20oC씩 늘려서 -40oC에서 80oC 사이에서 실험을 수행하였다. 물침투 후 온도에 대한 손실 값은 80oC의 고온 시간대와 -40oC의 저온 시간대에서 그림 8에서 보여지는 것과 같이 최대 0.2dB로 크게 발생하였다. 이는 광섬유 접속시 1차 코팅까지 완전히 벗긴 후 접속한 후 열수축스리브로 기계적으로 보호시켜주는데 이 부분에 열이 가해져서 팽창하거나 또는 저온에서 결빙 수축하여 마이크로 밴딩 손실이 발생된 것으로 추정된다. 또한 온도가 변화하는 시간대에서는 손실 값이 감소하는데 저온에서 고온으로 변화할 때와 고온에서 저온으로 변화할 때 각각 다른 결과가 나왔으며 이 이유는 결빙시간과 결빙 상태에서 해빙 상태로의 시간 차이 때문인 것으로 사료된다. 또한 20oC 시간대에서 손실 값이 0에 가까운 것은 이 값을 시작점으로 손실 측정을 시작한 이유 때문인 것으로 판단된다.

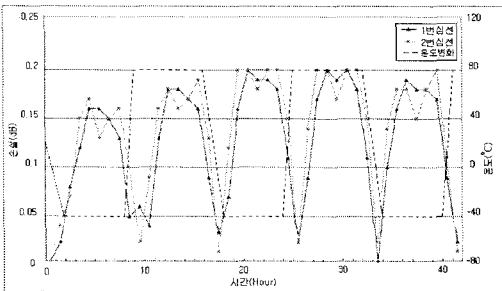


그림 8. 광섬유 접속부 물 침투후 온도변화 실험 결과

Fig. 8. Optical loss variation of temperature test after water osmosis

4.4 광섬유 접속부 진동에 의한 손실 실험

4.4.1 실험 구성 및 방법

실험 방법은 4.2.1절과 동일하나 두개의 심선을 접속한 후 접속부를 접속함에 고정하여 항온조에 설치하는 대신 진동 시험기의 진동대 위에 고정한다. 진동대의 진폭은 1mm(종진동), 진동주파수가 5Hz~55Hz~5Hz에서 2분을 주기로 1시간동안 진동시켜서 광 손실을 측정하였다. 실험구성은 그림 10과 같으며 손실이 거의 발생하지 않아 실험은 1회 수행하였다.

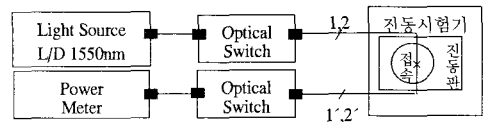


그림 10. 진동실험 구성도

Fig. 10. Configuration of vibration test

4.4.2 실험 결과

진동실험 결과 광섬유 접속부에서는 1mm의 미세한 진동에 의해 거의 손실변화를 일으키지 않았으며 약 26분경 0.01dB의 미세한 손실을 잠시 나타내었다. 이로써 지속적이지만 1mm이하의 미세한 진동에는 광손실의 변화가 거의 없음을 알 수 있었다.

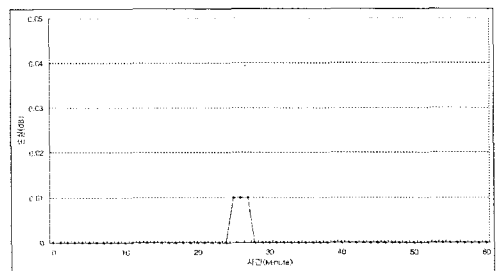


그림 11. 진동실험 결과

Fig. 11. Optical loss variation of vibration test

V. 결 론

본 논문에서는 구부림, 온도변화, 물 침투 후 온도변화, 진동에 의한 환경적 요인에 따른 광섬유 케이블 접속부에서의 손실 변화 특성에 대하여 실험하고 분석해보는데 목적을 두고 연구를 수행하였다.

실험결과 광섬유 접속부는 물의 침투로 인한 온도변화에 민감하게 전송 손실이 증가하고, 작은 곡률반경으로 인해 전송 손실이 증가함을 실험을 통해 정량적으로 알 수 있었다.

구부림 실험에서는 광섬유 곡률반경이 30mm 이하인 경우 광전송 손실이 급격히 증가하는 결과가 나왔으며, 광섬유 접속부에 대한 온도 변화 실험에서는 -30℃에서 60℃ 온도변화의 범위에서 광 손실이 0.02dB 이하의 미세한 손실만 발생함을 알 수 있었다. 그러나 접속부에 물이 침투한 상태에서는 -40℃에서 80℃ 사이의 온도 변화 실험에서 광 손실이 최대 0.2dB까지 증가하는 결과가 나왔다. 이는 광섬유 접속시 1차 코팅까지 완전히 벗긴 후 접속한 후 열수축스리브로 기계적으로 보호시켜주는데 이 부분에 열이 가해져서 팽창하거나 또는 저온에서 결빙 수축하여 마이크로 밴딩 손실이 발생된 것으로 추정된다. 또한 온도가 변화하는 시간대에서는 손실 값이 감소하는데 저온에서 고온으로 변화할 때와 고온에서 저온으로 변화할 때 각각 다른 결과가 나왔으며 이 이유는 결빙시간과 결빙 상태에서 해빙 상태로의 시간 차이 때문인 것으로 사료된다. 또한 진동실험에서 진폭 1mm이하의 미세한 진동에 의해서는 짧은 시간동안 0.01dB로 광 손실이 거의 발생하지 않는 결과가 나왔다. 이러한 실험 결과는 국내 광섬유 케이블 접속함 설계 시 참고자료로 사용될 수 있을 것으로 판단되며 접속부의 광 손실을 최소화시키기 위해서 현재 사용되고 있는 광섬유 케이블 접속함은 광 전송에 영향을 미치지 않도록 접속판 (Splice Tray)과 내부 공간을 광섬유 곡률반경이 최소

40mm이상을 유지하도록 설계하여야 할 것으로 판단된다. 그리고 접속부의 완벽한 방수를 위하여 방수에 유리한 구조를 가져야 하며 실리콘, 우레탄 등과 같이 성능을 보장받을 수 있는 우수한 방수재를 사용하여 물의 침투를 방지하여야 할 것이다.

향후 FTTH의 구축과 국내 현실에 알맞은 접속함이 지속 연구 개발되어야 할 것이며 광케이블의 고도화에 따른 리본형 광섬유 케이블과 같은 대용량 케이블 수용형과 가입자 대내 인입단에 설치되어 분기시킬 수 있는 소용량 광섬유 케이블 접속함에 대한 연구개발도 지속되어야 할 것이다. 본 연구결과는 향후 이러한 연구개발에 참고자료로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Zanger, Henry, Fiber Optics-communications and Other Applications. Upper Saddle River, Prentice hall, 1991
- [2] Govind P. Agrawal, "Fiber Optic Communication System", 1997
- [3] 김영권, 강영진, 정진호, 호광춘, "광통신 공학", 한산, 2000. 2
- [4] 임성래, "초고속 광통신망을 위한 광파이버 접속방법에 관한 연구", 조선대학교, 1995
- [5] 김대양, "초고속 정보통신 구축을 위한 광케이블 손실측정에 관한 연구", 전남대학교, 1998
- [6] Cherin, Allen H, An Introduction to Optical Fibers, New York, McGraw-Hill, 1983
- [7] Jaesung Lee, "Optical fibers for transmissions", Samjin, 1999
- [8] 최현용, "단일모드 광케이블의 광과워 측정 장치 설계 및 제작에 관한 연구", 조선대학교, 1999

저자소개



유 강 희(Kang-Hee Yoo)

1979년 2월 고려대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1982년 9월 고려대학교 대학원
전자공학과 졸업(공학석사)
1987년 8월~1989년 8월 벨기에 Bell telephone 방문 연구원
1997년 9월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
1978년 12월~1998년 6월 한국전자통신연구원 연구원,
선임연구원, 책임연구원, 연구실장
1998년 9월~현재 충주대학교 전자통신공학과교수
※ 관심분야: 광통신시스템, 초고주파회로설계



김 영 호(Young-Ho Kim)

1998년 목원대학교 전자공학과
졸업(공학사)
1998년~2005년 삼진정보통신(주)
기업부설연구소 팀장
2005년~현재 KTICC(주) 기업부설연구소 팀장
※ 관심분야: 광통신 포설, 광소자분야