

광섬유 케이블 접속함체의 사출성형 특성 분석

최재영^a, 홍민성^{b*}

Characteristics of Injection Molding in Optical Fiber Splice Closure

Jaeyoung Choi^a, Minsung Hong^{b*}^a Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering, Ajou University,
206, World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon, Gyeonggi-do, 16499, Korea^b Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, Ajou University,
206, World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon, Gyeonggi-do, 16499, Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received 7 November 2016
Revised 12 December 2016
Accepted 14 December 2016

Keywords:

Optical fiber
Splice closure
Injection molding
Molding analysis
Reliability test

ABSTRACT

Optical fiber splice closure serves to protect connection parts from external environment. Moreover, it functions as a connection, junction, and distribution in diverse surroundings such as aerial, underground, duct, and pole. In this research, first, the optical fiber splice closure, its configuration, and the design problem were briefly investigated. Second, the design and application for in-line cable closure were studied to satisfy its construction and technical features. The injection molding conditions and optimal design were conducted to save time and cost during the manufacturing process. Third, methods to minimize loss via of optical fiber cable while strongly fixing optical fiber cable with optical cable holder to prevent fracture were researched, and tests such as perfect air tightness and mechanical and environmental performance were conducted.

1. 서론

광통신 기술의 발달과 인터넷 서비스 수요의 급격한 증가로 2000년대 초반부터 광 가입자망 연구 및 상용화가 이루어졌다. 최근에는 스마트폰 등 모바일 단말기의 확산과 IPTV의 수요 증대에 따른 폭발적 트래픽 증가에 대처하기 위하여 친환경, 에너지 절감형 차세대 초고속 대용량 광 가입자망 기술에 대한 요구가 증가하고 있다. 광통신은 낮은 손실 및 광대역인 광섬유의 특징을 고출력 및 고감도 발광 및 수광소자와 결합하여 무중계 전송거리를 수십 km에서 수백 km로 확장시킬 수 있다. 또한 시스템의 경제성 및 신뢰성을 높여주며 가늘고 가볍기 때문에 좁은 공간의 관로에서도 수 km까지 접속점 없이 케이블을 포설할 수 있으며, 통신 시스템

의 건설 및 보수를 용이한 장점이 있다^[1].

그러나 광섬유 케이블은 변형에 높은 손실이 발생하며 외부 환경적 요인에 따라 전송 손실 값의 영향을 받는다. 특히 광 케이블용 접속 자재들 중 케이블 고정부에서 케이블 홀더를 이용하여 광섬유 케이블 접속 함체로 인입되는 광케이블을 고정하는 방식에서 현장의 상황과 조건에 의해서 광케이블의 과도한 눌림이나 변형으로 인해 광케이블을 통해 전달되는 광의 손실이 발생한다.

광섬유 케이블 접속함체는 광케이블과 광케이블을 연결해주며 접속 부위를 외부환경으로부터 보호하며 접속, 분배, 절체 하는 중요한 역할을 한다. 최근까지 가공용 돔형의 타입을 많이 사용하고 있으며, 지상 광접속 작업에 따른 필수 여장부가 필요하다. 하지만 한 방향으로 과다 여장 케이블이 인입되어 접속점이 과다하게 밀집

* Corresponding author. Tel.: +82-31-219-2526

Fax: +82-31-219-1611

E-mail address: mshong@ajou.ac.kr (Minsung Hong)

Table 1 Injection molding process conditions

	Parameter		Condition		Parameter	Condition
	Temperature (°C)	Heater	Fixation		Cold water	Ejector
Move			Cold water	Speed (m/s)	10, 15	
Cylinder		NH	255	Pressure (Bar)	60, 70	
		Front	255	Number	1	
		Central	250	Metrical	Rotary (RPM)	45, 120
		Rear	240		Back press (bar)	20, 15, 10
Shape	Speed (m/s)	30, 35, 30	Time (s)	Metrical (m/m)	220	
	Pressure (bar)	15, 15, 20		Emission (s)	30	
	Position (m/m)	0		cooling (s)	65	
	Speed (m/s)	25, 60, 55	Injection (%)	Speed (m/s)	15, 35	
	Pressure (br)	120, 60, 55	Pressure (bar)	Pressure (bar)	60, 70	
Protection	Release (bar)	20	Molding press. (bar)	Holding	40, 35	
	Release Time (s)	4	Time (s)	Time (s)	4, 6	
	Distance (m/m)	670	Total	Total	150	

되면 사고 위험에 노출되기 때문에 가공 선로의 안정화 및 케이블 처리 방안을 고려한 연구가 필요하다²⁾.

본 연구에서는 광섬유 케이블 접속함체의 기술을 소개하고, 기존 돛형 접속함체의 개선점을 분석하였다. 이를 기반으로 새로운 직선형 광섬유 케이블 접속함체를 적용하여 재료 및 구조적인 특성을 확인하고, 사출 성형 공정에 대한 분석 및 해석을 수행하였다. 끝으로 제품의 신뢰성을 위하여 광학, 기계, 환경, 화학 성능을 평가하였다.

2. 광섬유 케이블 접속함체

2.1 접속함체의 개요

광섬유 케이블 접속함체는 광선로망의 구축에서 기간망, 가입자

망 등 광섬유 케이블로 연결하는 과정에 여러 접속지점들이 필요하다. 특히, 연결부위 및 광섬유의 접속 부위를 외부환경으로부터 보호하며 접속, 절체, 분배하는 기능을 가지고, 설치장소와 용도 및 형태에 따라 다양하게 사용되고 있다. 따라서 첫째, 기구적으로 견고해야 하며 안전성을 가져야 한다. 둘째, 물 침투 및 이물질의 유입을 방지하기 위해 기밀성을 유지하며 외부의 온도, 충격, 자외선 등의 환경으로부터 보호해야 한다. 셋째, 유니트 및 광섬유 심선의 곡률 반경을 유지하며 굽힘이 발생하지 않아야 한다. 넷째, 손실이 발생하지 않으며 조립 및 유지보수가 용이해야 한다.

또한 케이블 포설 환경(습기, 물 등)에서 노출되는 금속부품은 우수한 내식성이 필요하여 KS D3706의 스테인레스 강이나 그 이상의 도금을 가진 재료가 사용된다. 함체에 사용되는 모든 비금속 재

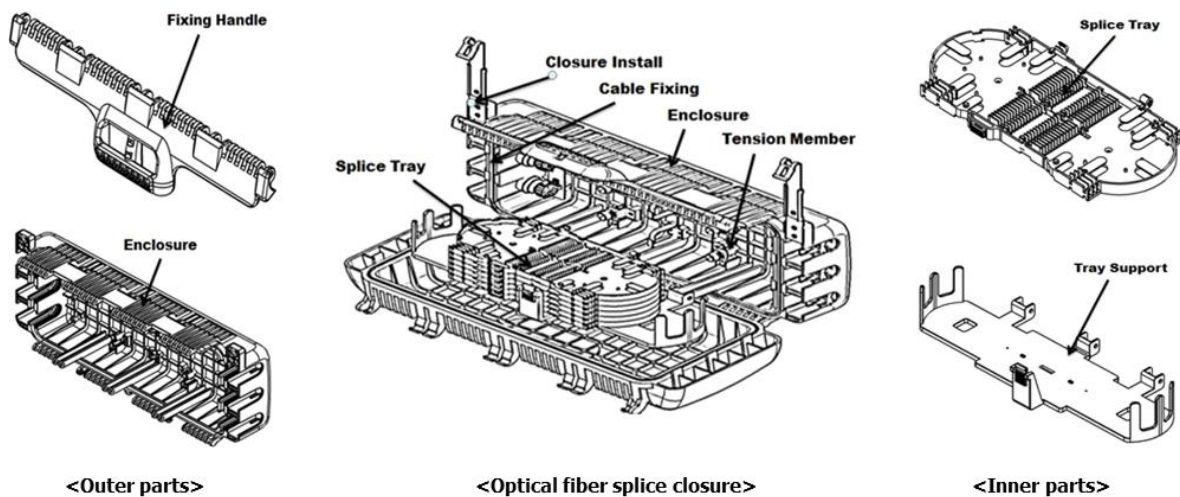


Fig. 1 Optical fiber splice closure structure with outer and inner parts¹⁴⁾

료는 용제 및 응력파괴에 대한 저항성이 있어야 하며, 외함은 비부식성이고 태양 등 자외선에 특성이 변질되지 않아야 한다. 그리고 침수 시에 광섬유 심선 및 광수용 부품 보호를 위해 수밀성을 유지하는 부품을 사용해야 한다. 접속함체 내부에는 접지단자와 접지선이 준비되어야 하며, 환경과 시간에 따라 신뢰성이 보장되어야 한다. 접속함의 유지보수 및 재사용에 따라 해체가 용이해야 한다^[3].

2.2 접속함체의 구조

광섬유 케이블 접속함체의 구조는 Fig. 1과 같이 크게 광섬유 접속 보호부(splice tray), 외함부(enclosure), 케이블 고정부(cable fixing), 중심인장선 고정부(tension member), 설치 고정부(closure install)로 나눌 수 있으며 설치환경에 따라 접지가 가능한 구조이다. 주로 가공 환경에서의 조립 및 해체 작업이 용이해야 하며, 장치 개폐 시 작업 안전성을 고려한 구조로 설계해야 한다.

광섬유 접속 보호부는 가공 접속 및 유지보수 작업 시의 안전을 위하여 여장판 간의 개폐가 독립적으로 분리 및 고정된다. 열수축 슬리브, 기계식 접속자, 스플리터 등의 접속보강재를 모두 수용할 수 있어야 하며 1개 이상의 접속보강재가 수납되며, 양방향에서 인입되는 광섬유의 여장을 각각 분리하여 수납할 수 있다. 여장 수납부는 광섬유의 여장을 허용곡률반경($R=30\text{ mm}$) 이상의 직경을 유지하여 수납하고, 광섬유의 이탈을 방지하기 위한 가이드가 있다. 접속보강재 수납부는 필요시 복층(중첩) 수납이 가능하며 구조로서 접속보강재의 수납 및 분리가 용이하다. 수납 후 진동이나 충격 등의 외부 환경요인에 의해 접속보강재가 이탈하지 않으며 온도 변화에 의한 변형이 없어야 한다^[4].

외함부는 루즈 튜브(loose tube) 및 리본 루즈 튜브(ribbon loose tube), 등의 다양한 광케이블을 모두 수용할 수 있어야 한다. 함체의 조립 및 해체, 유지보수가 용이한 구조를 가지며 중간 분기 및 보호 튜브 정리가 가능하다. 케이블의 충분한 여장 공간을 확보하고 굽힘이 발생을 방지하기 위해 충분한 기계적 성질이 요구된다. 상온 및 저온에서의 온도 변화, 화학물질, 자외선에 대한 변형이나 균열 등에 저항성과 더불어 기밀성을 가지면서 충격 등 환경적 요인에 대한 내구성을 유지해야 한다.

케이블 고정부는 광섬유 케이블을 안전하고 견고하게 고정하며 인장력, 굽힘, 비틀림, 진동에 의한 케이블 이탈이 없으며 케이블 고정에 의한 광전송 손실이 발생하지 않아야 한다. 또한 다양한 케이블을 수용하면서 기밀이 가능한 구조로 케이블이 인입되어야 한다. 장시간 사용, 온도 변화에도 변형 및 탄성을 잃지 않으며 기계적 특성을 유지해야 한다.

중심인장선 고정부는 모든 광케이블의 중심 인장선을 견고하게 고정할 수 있어야 하며, 고정에 사용되는 장치는 어떤 외부적인 영향에 의해서 중심인장선을 파손시키지 않아야 한다. 또한 부식

에 강한 스테인레스 강에 준하는 내부식성 도금 재료를 사용해야 한다^[3].

설치 고정부는 가공지선 및 맨홀에 설치가 용이하고 강하게 체결되는 구조이며, 외부 비, 바람 등 환경적인 요인에 의한 풀림이나 빠짐이 없어야 한다. 가공지선에 고정 후 이동 작업 간에 간섭을 최소화해야 한다. 기 설치된 케이블 수량에 맞춰 조절이 가능하며 가공 행거의 상, 하는 완전히 분리되지 않아야 한다^[4].

접속함체의 시공은 양 끝단에서 50 cm 지점에 종단 고정 작업을 실시한 후 가공 행거를 접속함체 인입부에 결합한다. 광섬유를 접속공법에 따라 접속하고 슬리브의 고정을 완료 후 8자 말기를 사용하여 광섬유를 여장시킨 후 커버를 닫고, 핸들을 체결한다.

3. 접속함체의 사출 성형 및 해석

3.1 접속함체의 사출 성형

사출성형은 플라스틱의 대표적인 가공법으로 사출성형기에 금형을 장착하고 적절한 온도로 용융된 수지를 적정한 압력과 속도로 충전하고, 냉각시켜 성형품을 얻는 방법이다. 양질의 제품을 생산하기 위해서는 제품에 맞는 적절한 사출기 및 소재, 금형, 환경 등을 가져야 한다.

사출기 선택은 용량 즉, 최대 형체력과 최대 사출량으로 결정되며 40-70%를 사용하여 정상적인 사출 제품을 생산할 수 있도록 선정해야 한다. 형체력은 용융수지가 금형 내로 유입될 때 금형이 열리지 않도록 지탱하는 최대 압력으로 제품의 투영 면적을 활용하여 계산하고 안전계수 1.2를 고려하여 생산성, 안정성에 대한 문제가 발생하지 않는다. 성형품의 외간, 물리적 성질, 치수 정밀도를 확보하기 위해서는 금형의 온도조절이 반드시 필요하며 금형의 온도가 높고 낮음에 따라 냉각속도의 불균일 등이 제품의 품질에 많은 영향을 가져온다^[5]. 이를 고려하여 Table 1의 사양과 같은 사출 성형조건을 선정했다.

3.2 사출 성형 해석

사출 공정에서 광 접속함체는 기밀성을 요구하고 제품의 정밀도 및 환경적 품질을 확보해야 하기 때문에 반복된 금형 수정과 기간을 소요하여 개발한다. 가장 중요한 부품인 외함부 상, 하판을 Fig. 2(a)와 같이 Moldflow^[6] 프로그램으로 사출 성형 해석하여 제품의 유동 패턴을 분석하여 수지가 완전히 충전되는지를 확인한다. 또한 사출압력, 유동 선단의 온도, 노드 이동량 등을 예측하여 충전(flow), 보압(pack), 냉각(cool), 변형(warp) 등을 최적화된 금형 설계를 수행한다. 즉, 금형의 제작 전 단계에서 생산성과 제품 품질을 미리 검토하고 수정하여 개발 기간의 단축과 비용 초과를 방지할 수 있다.

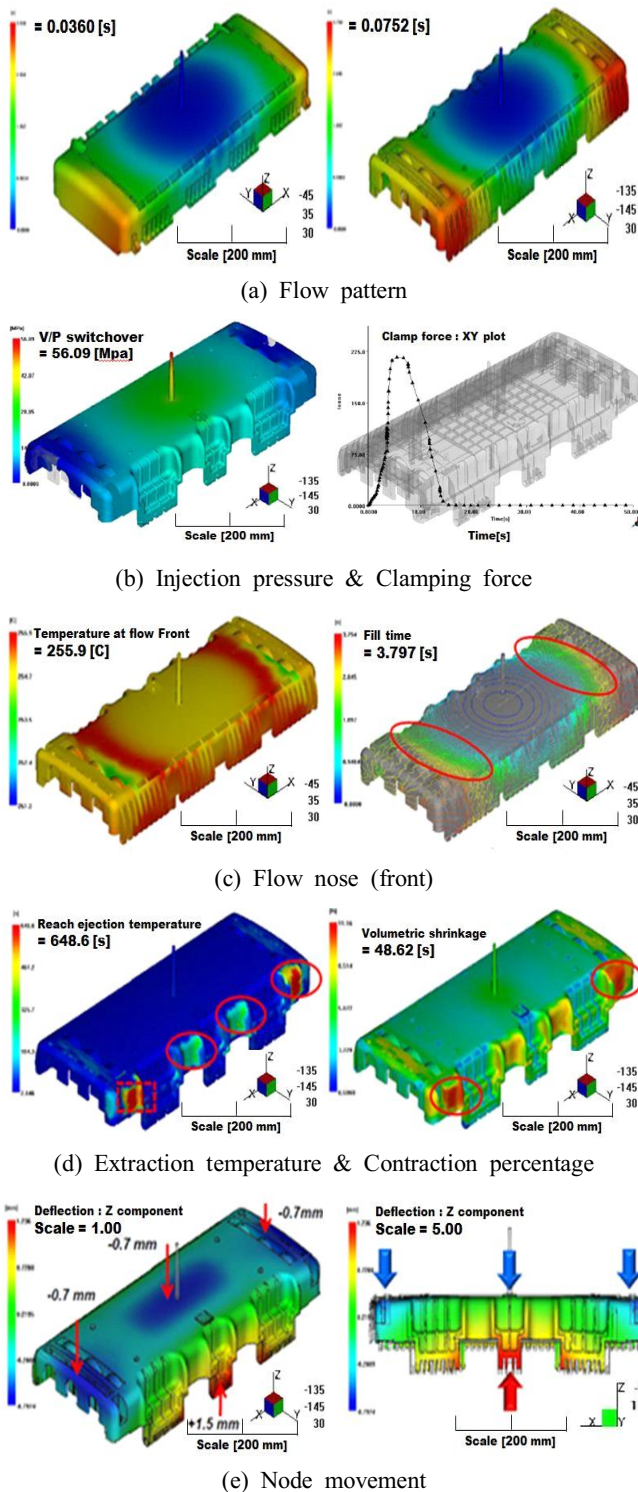


Fig. 2 Finite element analysis of Injection molding process

사출압력은 사출 성형기의 최대 사출압력의 80% 이하가 안정적이며, 우수한 치수 정밀도를 얻고 sink mark를 줄이기 위해서는 낮은 사출압력이 좋다. Fig. 2(b)에서 계산된 사출압력은 56 MPa로 사출 성형기의 최대 사출압력의 80%보다 작다. 또한 선정된 사출기보다 요구되는 형체력이 높으면 플래쉬, 미성형 등이 발생할

수 있으며, 제품에서 수지의 종류, 게이트 위치, 공정 조건에 따라서 금형의 내압을 낮추면 형체력이 달라질 수 있다. 형체력은 Fig. 2(b)와 같이 투영면적과 사출 내압의 곱으로 최대 215 ton으로 계산된다.

Fig. 2(c)의 유동 선단은 전이온도인 160°C보다 큰 255°C이며, 전체 온도편차는 ±10°C를 넘지 않아야 제품 성형에 큰 문제가 발생하지 않는다. 수지가 캐비티 속에서 흐르는 유동 선단의 속도를 보면 빠르게 흐르는 부분과 유동 정체가 일어나게 되는데, 속도를 일정하게 하기 위해서는 다단 사출이 필요하다.

취출 온도 및 수축률은 Fig. 2(d)와 같으며, 냉각수 온도, 수지, 공정 조건에 따라 달라질 수 있으나 표시된 부분이 두껍기 때문에 수축률이 높은 문제가 있다. 구조적인 검토 후 모델링 수정을 통해 제품 체적을 줄이면 냉각 시간 및 변형량을 줄이고, 수축편차 및 취출 온도에 도달하는 시간을 줄일 수 있다.

Fig. 2(e)의 node 이동량을 보면 형상의 Y축 방향으로 비대칭성이 크고 두께 편차에 의한 수축률의 차이로 변형량이 상대적으로 크게 나타난다. 수축률 편차가 +1.5 mm ~ -0.7 mm로 제품을 조립 했을 경우 구조적으로 gap이 발생할 수 있다. 모델링을 수정하거나 냉각 및 공정 조건을 변경함으로써 사출 성형 변형량을 줄일 수 있다.

4. 신뢰성 평가

4.1 광학 성능시험

광케이블을 고정한 후 접속함을 완전히 조립하는 과정에서 발생하는 광 손실(optical loss)을 측정하기 위해 3개의 광섬유 심선을 Fig. 3(a)와 같이 시험했다. Table 2와 같이 두 개의 광케이블을 고정하지 않은 상태로 접속함에 위치시켜 느슨한 상태로 광섬유를 서로 융착 접속한 후 광섬유의 접속손실을 측정한다. 이 값을 접속함 조립 전에 측정된 값과 비교한다. 각각의 광섬유 전송 손실 변화가 ±0.05 dB 이하로 고정 및 조립 후의 손실이 매우 낮은 것으로 확인된다.

Fig. 3(b)는 분해 및 재조립 과정에서 발생하는 광 손실을 측정하기 위한 시험으로 접속함의 고정, 조립 시험과 동일하게 3개의 광섬유 심선의 측정을 수행했다 (Table 3 참조). 공법에 따라 접속함체를 광섬유의 재접속 없이 접속함을 3회에 걸쳐 분해 및 재조립 하며 재조립 후 심선의 광 손실을 측정한다. 이 값을 이전의 광케이블 고정 및 조립시험에서 완전 조립 후에 측정된 값과 비교한다. 광섬유 각각의 손실 변화는 ±0.05 dB 이하로 분해 및 조립 후 손실이 매우 낮은 것으로 확인된다.

4.2 기계 성능시험

축 인장시험은 상온에서 내부 압력을 41.37 kPa(6 psi)로 조절



(a) Mounting & Assembly test



(b) Disassemble & Assembly test

Fig. 3 Optical test of splice closure with optical fiber

하고 접속함을 고정시킨 상태에서 케이블의 100 cm 위치에서 케이블의 외경/45×100 kg의 무게로 8시간 유지한다. 이후 시료의 케이블이 1 cm 이상 나오지 않았으며, 공기 누설이 6.89 kPa(1 psi) 이하를 유지했다. 또한 시험편을 10분간 침수시킬 때 공기 누설이 없었으며, 접속함체에 물리적 손상이 발생하지 않았다.

굽힘 시험은 내부 압력을 41.37 kPa로 조절하고 접속함을 테이블에 수평하게 고정시킨 상태에서 100 cm 지점의 케이블에 10 kg의 무게의 추를 부착시킨다. 15분을 유지한 후 접속함을 90°회전시켜 본래의 위치로 되돌아 올 때까지 4번의 반복 시험을 한다. 이러한 과정을 2회 실시한 후 침수 시 기포 발생이 없었으며, 공기압의 변화가 6.89 kPa 이하를 유지하며, 접속함에는 물리적 손상이 발생하지 않았다.

비틀림 시험은 -20°C±2°C에서 2시간 유지한 시험편을 10분 이내에 접속함 내부 압력을 상온에서 41.37 kPa로 조절한다. 접속함에서 케이블 외경×10 mm 되는 지점에 한쪽 케이블을 시계방향으로 90°, 반시계 방향으로 180° 시계방향으로 90°를 한 주기로 반복 시험한다. 또한 40°C±2°C에서 같은 방법으로 실시한다. 10회 반복 시험한 후 케이블 입구의 변형 및 침수 시 기포 발생이 없었으며, 공기압의 변화가 6.89 kPa 이하에서 접속함의 변형이 없었다.

충격 시험은 -20°C±2°C에서 2시간 유지한 시험편을 10분 이내

Table 2 Mounting & Assembly optical loss results

Cable	Mounting			Assembly		
	Core 1	Core 2	Core 3	Core 1	Core 2	Core 3
Before	-7.65	-7.56	-7.92	-7.66	-7.55	-7.92
After	-7.68	-7.54	-7.91	-7.68	-7.58	-7.91
Loss	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01

Table 3 Disassembly & Assembly optical loss results

Cable	Mounting			Assembly		
	Core 1	Core 2	Core 3	Core 1	Core 2	Core 3
Before	-7.86	-8.12	-7.34	-7.87	-8.11	-7.34
After	-7.90	-8.09	-7.34	-7.88	-8.13	-7.33
Loss	0.04	0.03	0.00	0.01	0.02	0.01

에 접속함 내부 압력을 상온에서 41.37 kPa로 조절하고 무게 2.4 kg, 직경 2.54 cm의 환봉을 1 m 높이에서 자유 낙하시켜 접속함을 타격한다. 외함부의 균열, 갈라짐, 찌그러짐 등이 없었으며, 침수 시 기포 발생이 없었다. 시험 전과 후의 공기압 차는 6.89 kPa 이하로 유지되었다.

압축시험은 -20°C±2°C에서 2시간 유지한 시험편을 10분 이내에 접속함 내부 압력을 상온에서 41.37 kPa로 조절하고 접속함의 중앙부 5 cm² 이하의 면적에 90 kg의 힘을 15분간 가한다. 외형과 손 및 침수 시 기포 발생이 없었으며, 공기압의 변화가 6.89 kPa 이하였다. 또한 40°C±2°C에서도 실시하였으며, 수직과 수평 방향의 변형은 10% 이내로 발생했다.

낙하시험은 -20°C±2°C에서 2시간 유지한 시험편을 1분 이내에 75 cm의 높이에서 편평한 콘크리트 바닥에 자유 낙하시킨다. 균열, 깨짐 등의 물리적 손상이 없었으며, 기밀성에도 이상이 발생하지 않았다.

4.3 환경 성능시험

온도 변화 시험은 광섬유를 접속함과 조립하고 항온 항습기에 넣고 +65°C에서 -30°C의 온도 변화를 7시간 1주기로 20회를 반복한다. 이후 임의의 광섬유 심선을 선택하여 손실을 측정하고, 기밀성을 평가한다. 물리적인 손상이 없었으며, 각각의 접속 상태에서 0.1 dB 이하의 손실이 발생했다.

침수 시험은 대기압과 동등하게 접속함 내부 압력을 조절하고 1.5 m 깊이의 수조에 20일 동안 담근다. 이후 건져내어 접속함체 바깥부분의 물기를 완전히 제거한 후 해체하였을 때, 내부에 미세한 수증기 방울이나 수분이 흘러내린 자국이 없었다.

진동 시험은 두 개의 시험편을 진동 시험기에 고정하고, 내부 압력은 상온에서 41.37 kPa로 조절하여 분석한다. 진동 주파수는 5,

55, 5 Hz의 2분 1주기로 2시간 동안 반복한다. 시험 종료 후 침수 기포가 발생하지 않았으며, 내부 압력 손실이 6.89 kPa 이하로 확인되었다. 광 손실 측정은 진동 중 30분 간격으로 3회, 진동이 끝난 후 1회 측정하였으며, 진동 중에는 손실 변화가 ± 0.5 dB 이하, 진동이 끝난 후의 손실 변화는 ± 0.1 dB 이하로 측정되었다.

인공 강우 시험은 접속함 상부, 전면, 측면으로부터 0.5 m 거리에서 3.8 L/min의 강우량으로 각 1시간씩 총 3시간을 분무한다. 이후 접속함을 열었을 때 내부에 수분 자국이 없었다.

4.4 화학 성능시험

화학 성능시험은 시험편의 상온에서 41.37 kPa 상태에서 HCl (pH 2), NaOH (pH 12), 10% 폴리에틸렌 글리콜(IGEPAL, CO-630, Polyethylene glycol) 용액에 잠기게 하여 120시간 동안 유지시킨다. 녹 또는 부식이 없었으며, 침수 시 기포 발생과 공기압의 변화가 6.89 kPa 이하로 확인되었다. 계속해서 상온 충격시험과 압착시험을 실시하여 물리적인 변화(찌그러짐, 균열, 파손 등)가 없었다.

염수 분무 시험은 KS D 9502에 따라 함체를 챔버(chamber) 안에 넣고 96 \pm 4시간을 유지한다. 이후 녹이나 기타 불순물이 생성되지 않았다.

5. 결론

본 논문에서는 광섬유의 접속 기술을 소개하고 직선형 광섬유 케이블 접속함체의 개발 과정에서 구조 및 성능을 분석하였다. 광섬유 케이블 접속함체의 가장 중요한 부분인 외함부를 사출조건을 분석하고 사출성형 해석을 수행하였다. 특히, 유동 패턴을 해석하여 수지의 충전이 미성형 없이 완충되는지 확인하고 최대 사출압력이 80%보다 작기 때문에 성형성 문제가 발생하지 않는 것을 확인하였다. 유동 선단을 해석하여 빠르게 흐르는 부분과 유동 정체가 일어나는 부분을 파악하여 다단 사출의 필요성을 확인하였다.

제품의 두꺼운 부분으로 인해 수축률 편차가 발생하여 +1.5 ~

-0.7 mm의 변형이 발생한다는 것을 예측하였으며, 모델링을 수정하여 수축편차 및 취출 온도에 도달하는 시간을 줄일 수 있었다. 설계 단계에서 생산 가능성과 제품 품질을 미리 판별을 하여 시간 지연 단축과 비용 초과하는 문제를 미리 방지하고 설계를 최적화하였다.

다양한 신뢰성 시험을 수행하여 광케이블 접속함체의 신뢰성을 분석하였다. 제품의 케이블 고정 및 조립 시험을 통한 광 손실을 측정하여 손실률에 따른 광학적 신뢰성을 확인하였으며, 성능시험으로 축 인장, 굽힘, 비틀림, 충격, 압축, 낙하 시험을 수행하여 기계적 신뢰성을 확인하였다. 환경적으로 온도 변화, 침수, 진동 등의 시험을 통해 광 손실 발생여부와 내부에 수분 침투여부를 확인하였다. 또한, 화학적으로 염산, 수산화나트륨, 글리콜 및 염수 분무 시험을 통해 부식 및 변형에 대한 신뢰성을 분석하였다.

References

- [1] Kim, Y. H., Yoo, K. H., 2007, A Study on the Optical Loss Variation of Optical Fiber Splicing Part due to Environment, J. of the Korea Institute of Information and Communication Eng., 11:2 349-357.
- [2] Park, J. S., 2008, Installation Plan for Aerial Optical Network, VISSEM Electronics, Korea.
- [3] KT Corporation Purchase Strategy Department, 2009, Optical Cable Splice Closure a Written Request, KT Corporation, Korea.
- [4] Sejong Telecom Technology Division N/W Support Headquarters, 2011, Optical Cable Splice Closure Specifications, Sejong Telecom, Korea.
- [5] Lim, S. H., 2005, Injection Metallic Mold Design, BoSeongGak, Korea.
- [6] Moldflow Team ED&C, 2011, Moldflow Analysis Results of JK8012 Upper & JK8013 lower, Autodesk.
- [7] Choi, J. Y., 2012, Configuration Analysis of Optical Fiber Splice Closure and Research on Technical Features, A Thesis for a Master, Ajou University, Republic of Korea.