



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2018년 2월  
박사학위논문

# 광통신용 방수커넥터의 특성 및 성능평가에 관한 연구

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과(정밀기계설계공학전공)

최 철 준

# 광통신용 방수커넥터의 특성 및 성능평가에 관한 연구

A study on the characteristics and evaluation of  
waterproof connector for optical communication

2018년 2월 25일

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과(정밀기계설계공학전공)

최 철 준

# 광통신용 방수커넥터의 특성 및 성능평가에 관한 연구

지도교수 김 재 열

이 논문을 공학박사학위 신청논문으로 제출함

2017년 10월

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과(정밀기계설계공학전공)

최 철 준

## 최철준의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 양인영 (인)

위 원 전주대학교 교수 김홍건 (인)

위 원 경상대학교 교수 류성기 (인)

위 원 조선대학교 교수 박설현 (인)

위 원 조선대학교 교수 김재열 (인)

2017년 12월

조선대학교 대학원

## 목 차

LIST OF FIGURES .....	iii
LIST OF TABLES .....	vii
ABSTRACT .....	viii
제1장 서 론 .....	1
제1절 연구배경 .....	1
제2절 국내외 연구동향 .....	8
제3절 연구 목적 .....	24
제2장 방수커넥터 설계 최적화 .....	26
1. 기존 상용제품 구조 분석 .....	26
2. LC Duplex 방수커넥터 .....	30
3. LC Quadplex 방수커넥터 .....	49
4. 양산형 방수커넥터 최적화 .....	57
가. LC Duplex 방수커넥터 .....	57
나. LC Quadplex 방수커넥터 .....	64

제3장 성능평가 결과 및 고찰 .....	68
제1절 LC Duplex 방수커넥터 .....	68
제2절 LC Quadplex 방수커넥터 .....	88
제4장 결론 .....	100
References .....	102
Appendix .....	107

## LIST OF FIGURES

Fig. 1-1	Application status of next generation optical networks .....	1
Fig. 1-2	Optics cable of mobile communication base station .....	2
Fig. 1-3	Waterproof optical connector(Harting company) .....	3
Fig. 1-4	Structure of waterproof optical connector .....	4
Fig. 1-5	Isometric view of waterproof connector .....	4
Fig. 1-6	Isometric view and image of waterproof adapter .....	5
Fig. 1-7	Isometric view and image of waterproof dusr-cap .....	6
Fig. 1-8	Optical loss measuring device(return loss) .....	6
Fig. 1-9	Optical loss measuring device(insertion loss) .....	7
Fig. 1-10	Components of the optical connector .....	8
Fig. 1-11	Image of optical connector for communication .....	9
Fig. 1-12	3D drawing of communication optical connector .....	10
Fig. 1-13	Connector world market scale .....	12
Fig. 1-14	Connector world industry growth .....	13
Fig. 1-15	Korea terminal's product line .....	15
Fig. 1-16	Shinhwa contec's product line .....	16
Fig. 1-17	Types of special optical connectors .....	18
Fig. 1-18	Structure of special optical connectors .....	18
Fig. 1-19	Molex's housed connector .....	21
Fig. 1-20	Hirose's housing integrated type waterproof optical connector .....	22
Fig. 1-21	Other waterproof connector .....	22
Fig. 2-1	Analysis of commercial product structure .....	27
Fig. 2-2	Image of destructive analysis 1 .....	27
Fig. 2-3	Image of destructive analysis 2 .....	28
Fig. 2-4	Image of nondestructive analysis .....	29
Fig. 2-5	Design of inter-lock waterproof connector(parts) .....	31
Fig. 2-6	Design of inter-lock waterproof connector(Separation) .....	32
Fig. 2-7	Design of inter-lock waterproof connector(Assemble) .....	32
Fig. 2-8	Prototype building(RP Mock-up processing) .....	33
Fig. 2-9	Prototype production(RP Mock-up finished) .....	34
Fig. 2-10	Prototype production(RP Mock-up part) .....	34



## LIST OF FIGURES(continued)

Fig. 2-11 Prototype production(RP Mock-up a'ssy) .....	35
Fig. 2-12 Design of push-lock waterproof connector(Separation) .....	36
Fig. 2-13 Design of waveguide for fixing LC connector(Disjunction) .....	37
Fig. 2-14 Design of waveguide for fixing LC connecto(Juction) .....	38
Fig. 2-15 FEM analysis(model import) .....	38
Fig. 2-16 FEM analysis(meshing) .....	38
Fig. 2-17 FEM analysis(boundary condition) .....	39
Fig. 2-18 FEM analysis(result) .....	40
Fig. 2-19 Prototype production(QDM Process part) .....	41
Fig. 2-20 Prototype production(QDM Process A'ssy) .....	42
Fig. 2-21 Prototype production of Push-Lock Renewal type(Disjunction) ..	43
Fig. 2-22 Prototype production of Push-Lock Renewal type(Juction) .....	43
Fig. 2-23 Prototype production of QDM process .....	44
Fig. 2-24 Prototype production of QDM Part .....	45
Fig. 2-25 Prototype production of QDM A'ssy(juction) .....	45
Fig. 2-26 Prototype production of QDM A'ssy(Disjunction) .....	46
Fig. 2-27 3D modeling of protected optics a'ssy .....	47
Fig. 2-28 3D modeling of protected optics structure .....	48
Fig. 2-29 3D modeling protected optics(Final) .....	48
Fig. 2-30 3D modeling of LC Quadplex adaptor .....	49
Fig. 2-31 3D modeling of LC Quadplex part .....	50
Fig. 2-32 3D modeling of LC Quadplex a'ssy .....	50
Fig. 2-33 3D modeling of LC Quadplex(section) .....	51
Fig. 2-34 3D modeling of LC Quadplex(a'ssy review1) .....	52
Fig. 2-35 3D modeling of LC Quadplex(a'ssy review2) .....	52
Fig. 2-36 FEM Analysis of LC Quadplex(model import) .....	53
Fig. 2-37 FEM Analysis of LC Quadplex(meshing) .....	53
Fig. 2-38 FEM Analysis of LC Quadplex(Boundary condition) .....	54
Fig. 2-39 FEM Analysis of LC Quadplex(result) .....	55
Fig. 2-40 Prototype production of LC Quadplex .....	56
Fig. 2-41 Prototype production of LC Quadplex(a'ssy) .....	56

## LIST OF FIGURES(continued)

Fig. 2-42 Modification of latch pull .....	57
Fig. 2-43 Modification of shroud bottom .....	58
Fig. 2-44 Modification of cylinder bottom .....	58
Fig. 2-45 Modification of cylinder top .....	59
Fig. 2-46 Modification of connector shroud .....	60
Fig. 2-47 Modification of adapter housing .....	61
Fig. 2-48 Modification of connector housing .....	62
Fig. 2-49 Modification of adapter rib .....	63
Fig. 2-50 Modification of inner socket .....	64
Fig. 2-51 Modification of rear cover .....	65
Fig. 2-52 Modification of shroud .....	65
Fig. 2-53 Modification of shroud C shape .....	66
Fig. 2-54 Modification of nut grand .....	67
Fig. 2-55 Modification of ferrule insulator stopper .....	67
Fig. 3-1 Design of integrated jig for test bed .....	68
Fig. 3-2 Diagram of communication performance test bed .....	69
Fig. 3-3 Result of communication performance test .....	69
Fig. 3-4 Image of tensile test .....	71
Fig. 3-5 Tensile test of sample .....	71
Fig. 3-6 Image of tensile test result .....	72
Fig. 3-7 Graph of tensile test .....	73
Fig. 3-8 Production of tensile test jig .....	75
Fig. 3-9 Tensile test jig(assembly) .....	75
Fig. 3-10 Tensile test equipment .....	76
Fig. 3-11 Result of tensile test .....	77
Fig. 3-12 Structure of temp. cycle test .....	78
Fig. 3-13 Graph of temp. cycle test .....	79
Fig. 3-14 Setting of temp. cycle test .....	80
Fig. 3-15 Inside image of temp. cycle test .....	80
Fig. 3-16 Result image of temp. cycle test .....	81
Fig. 3-17 Wavelength result of temp. cycle test(reference temp.) .....	82

## LIST OF FIGURES(continued)

Fig. 3-18 Wavelength result of temp. cycle test(-40℃) .....	83
Fig. 3-19 Image of Air leakage test #1 .....	85
Fig. 3-20 Image of Air leakage test #2 .....	86
Fig. 3-21 Z Axis tolerance test .....	86
Fig. 3-22 Mating test .....	87
Fig. 3-23 Image of insertion loss test .....	88
Fig. 3-24 Image of Air leakage test .....	90
Fig. 3-25 Setting image of Temp. cycle test .....	92
Fig. 3-26 Result of Temp. cycle test .....	92
Fig. 3-27 Result of Temp. cycle test(Red light source) .....	93
Fig. 3-28 Result of Temp. cycle test(Blue light source) .....	94
Fig. 3-29 Image of tensile test .....	97
Fig. 3-30 Result of tensile test .....	98

## LIST OF TABLES

Table 1-1	Connector classification by application field .....	10
Table 1-2	World connector market sales and growth trend .....	14
Table 1-3	Connector market size by application area .....	14
Table 1-4	Product analysis by major companies .....	19
Table 3-1	Condition of tensile test .....	70
Table 3-2	Result of tensile test .....	74
Table 3-3	Condition of temp. cycle test .....	78
Table 3-4	Condition of air leakage test .....	84
Table 3-5	Result of insertion loss test .....	89
Table 3-6	Condition of air leakage test .....	89
Table 3-7	Condition of temp. cycle test .....	91
Table 3-8	Result of temp. cycle test .....	95
Table 3-9	Condition of tensile test .....	96
Table 3-10	Result of tensile test .....	99

## ABSTRACT

### Study on fabrication and performance evaluation of waterproof connector for optical communication

By Choi Choul Jun

Advisor : Prof. Kim Jae-Yeol, Ph.D.

Dept. of Advanced Parts and Materials  
Engineering Graduate School of Chosun  
University

A waterproof special optical connector is an essential component for high-speed mobile communication. Also high reliability of IP67 level is required as it is used in outdoor environment. Optical connectors are a reliable communication method widely used in the IT industry, Display and Automobile industries. Currently, waterproof special optical connectors, which are mainly used in mobile communication base stations, are all dependent on overseas imports. The most widely used fastening structure shows a push-pull type and a bayonet type structure, and a rubber sealing structure is provided for waterproofing.

We have designed and fabricated a waterproof special optical connector that reflects the requirements in the industrial field through the patent and structure analysis. The design of the waterproof type optical connector was designed by using commercial 3D design program and the reliability of design was secured through FEM analysis. In addition, the prototype was fabricated through mock-up processing using RP m/c and multiple QDM processing.

In order to improve the working efficiency in the field, a waterproof type optical connector of push-pull fastening type was designed and manufactured. In addition, the reliability evaluation of insertion loss, reflection loss, waterproof performance, tensile strength, and malting test, which are basically required, was promoted. In the case of waterproof performance test, it was replaced by Air\_leakage test, and tensile test was carried out by using a composite tester. The insertion loss and the return loss were measured through a light meter after the items were tested. The loss value of fabricated samples was good with loss value within 0.3dB of commercial product level.

We have completed the design, prototype, and performance evaluation for the localization of the waterproof type optical connector which is applied to the Gigabit band repeater which is dependent on the whole import. The performance level was comparable to that of imported products. It is easy and simple to assemble through development of special type optical connector, satisfies high performance and high reliability of connector, and can minimize transmission loss of optical line. It is expected to improve product performance, increase productivity, and improve customer satisfaction by using convenience by securing technological competitiveness advantage in special type optical connector field by securing substantial core and source technology.

Push-pull type waterproof connector for outdoor relay is a part used in special environment, so it does not seem to expand the market. However, dependence on import of special type optical connector is still high in the domestic environment leading the mining industry. From this research, it is hoped that the technology level for the development and manufacture of optical connectors for special purposes will be improved in domestic industry.

# 제1장 서론

## 제1절 연구배경

최근 인터넷은 기존의 데이터 전송 서비스와는 달리 VoIP 전화와 영상 등을 제공하는 통신/방송 융합형 멀티미디어 서비스를 제공하고 있다. 이러한 다양한 서비스를 제공하는 업체들도 많은 수로 늘어나고 있으며, 기존 3.5세대의 WCDMA 무선 통신망과 4세대의 LTE 무선 통신망 구축을 통한 스마트폰의 보급으로 무선 데이터 트래픽이 추가되어, 정보용량의 급증에 따른 데이터 전송 용량의 광대역화로 초고속 대용량 광통신망에 대한 수요가 급속히 증가하고 있다.

이러한 정보용량의 증가는 통신환경의 변화를 가져왔으며, 현재의 네트워크 시스템은 무선망에서 가입자망에 이르러 각 가정까지 신속하고 대용량의 데이터를 전송하기 위한 광가입자망(FTTH : Fiber To The Home)이 구축되고 있다<sup>(18)</sup>.

Fig. 1-1는 차세대 광통신 네트워크 구성을 위한 응용현황에 대한 설명을 나타내는 그림으로 ONU(Optical Network Unit) 통한 복잡한 네트워크를 구성하고 있다.

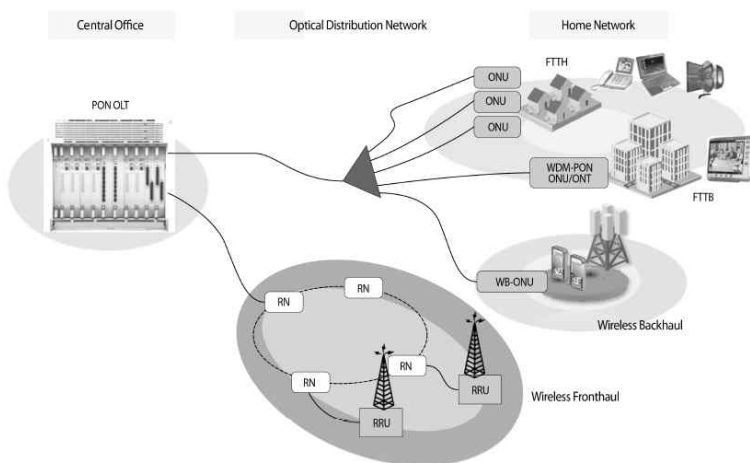


Fig. 1-1 Application status of next generation optical networks

광가입자망(FTTH : Fiber To The Home)은 일반 가정까지 광통신망을 구축하는 기술을 의미하며, 최소 100Mbps이상, 기가비트급의 속도를 지원할 수 있는 기술을 말한다. 이것은 광선로를 이용한 무한대의 정보를 낮은 전송손실로 각 가정까지 대용량의 초고속 데이터 전송 서비스를 제공할 수 있다.

하지만, 광가입자망(FTTH) 선로의 열악한 작업환경과 설치 및 운용환경으로 인해 발생하는 문제로 기존의 특성 좋은 광커넥터 제품을 사용한다 해도, 기존 유선 케이블과 같이 쉽고 간단한 조립 과정이 제공되지 않으면 조립불량에 따른 광선로의 손실이 발생할 가능성이 크며, 초고속 데이터 전송과 광선로의 장거리화함에 따른 광커넥터의 고성능, 고신뢰성을 만족하기 위한 저손실의 광수동소자의 개발이 요구되어진다<sup>(20)</sup>.

최근 옥외 설치되는 고속통신을 위한 LTE 이동통신 기지국에 설치가 되고 있으며 정비사의 작업성 향상을 위해 Push-Pull 방식의 원터치 체결 방식을 고수하고 있다. 현재 국내 방수형 광커넥터의 경우 볼트-나사 체결 방식을 주로 사용하고 있으며, 본 논문의 개발대상인 원터치 분리형 광커넥터는 아직 국산화가 추진되고 있지 않은 상태이며, 외국의 주요 부품을 수입하여 한국에서 조립 납품하는 수준에 이르고 있다. Fig. 1-2는 현재 옥외 설치되는 통신 기지국 내부의 광 네트워크 구성에 대한 그림으로 매우 복잡한 광스위치 분배 장치와 트랜시버, 광케이블로 연결되어 있다.

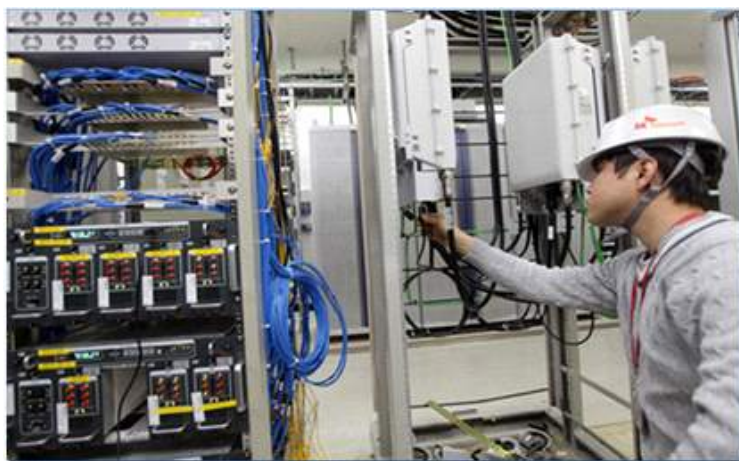


Fig. 1-2 Optics cable of mobile communication base station



본 논문에서는 고속통신용 방수형 특수 광커넥터에 관한 것으로, 공정라인을 개선한 조립과정과 양산성을 검토한 디자인 적용을 통한 원터치 분리형 방수 광 커넥터 & 어댑터에 관한 설계 및 FEM 해석, 성능평가를 통해 옥외 설치가 가능한 수준의 제품을 개발하고자 한다.

Fig. 1-3는 본 과제에서 개발하고자 하는 방수형 광커넥터 대표제품인 독일 Harting사의 LC Duplex 타입부터 RJ45와 파워 동시 전송이 가능한 특수커넥터 제품 사진이다



Fig. 1-3 Waterproof optical connector(Harting company)

이동통신 기지국에서 주로 사용되고 있는 방수형 광커넥터의 경우 기지국내 작업환경을 고려하여 기존 시스템과의 탈착이 용이한 구조여야 되며, 다채널 확장이 용이한 슬립형 구조, 방수 커넥터 내부에 LC 커넥터와 어댑터를 배치 체결을 통한 통신 환경 신뢰성 확보, IP67 레벨의 방수성능과 함께 기존 상용품의 특허구조와는 차별화된 특허구조와 가격경쟁력을 갖추기 위한 설계 포인트 및 해석을 진행하였다<sup>(31)</sup>.

Fig. 1-4는 개발하고자 하는 특수 광커넥터의 구성품이 표기된 그림으로 상용 LC케이블과 연결된 커넥터와 어댑터를 특수 광커넥터 내부에 삽입하여 체결이 되는 구조로 설계를 추진하고자 한다.

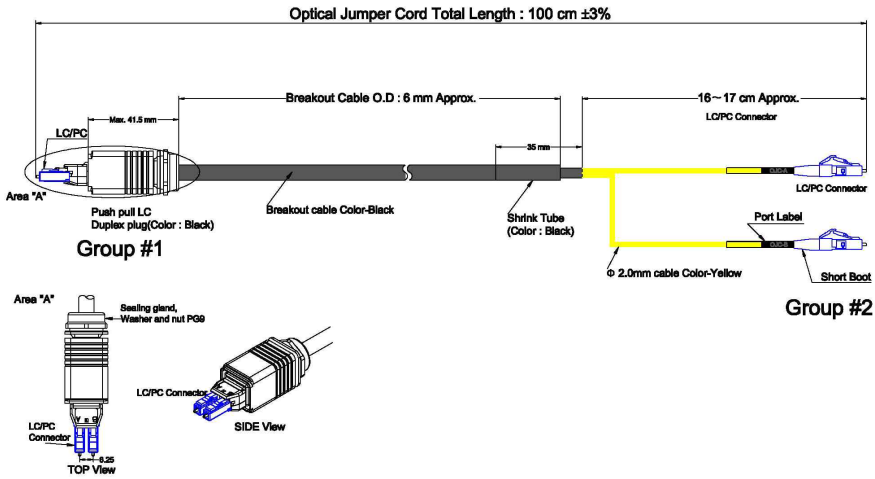


Fig. 1-4 Structure of waterproof optical connector

특히 방수형 광커넥터의 개발에 있어서는 기존에 사용되고 있는 제품의 구조 및 체결 원리 분석을 통한 제품 분석을 진행하고, 기존 제품의 단점을 보완하여 역설계를 추진하며, 내충격과 내진동에 유리한 구조로 설계를 추진하였다. 또한, 멀티미디어 전용 Simplex와 Duplex 커넥터 어셈블리 결합 구조와 다수의 결합-분리-체결에 따른 피로하중부 분석을 통하여 구조 설계를 추진하였다<sup>(31)</sup>.

Fig. 1-5는 독일 Harting사의 커넥터 파트의 투상도를 나타낸 그림으로 앞단의 LC 커넥터를 2중으로 설치하여 송수신이 용이한 LC Duplex 구조를 적용하였다.

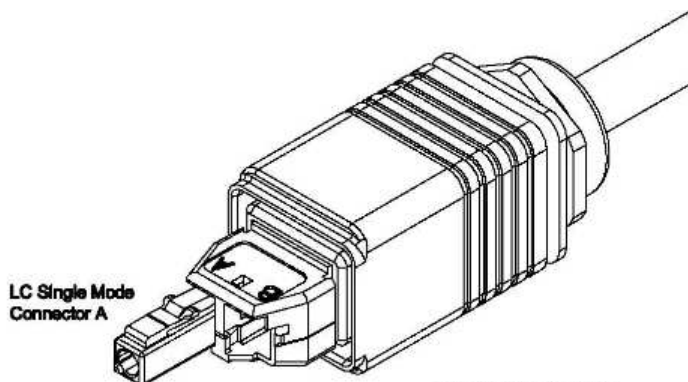


Fig. 1-5 Isometric view of waterproof connector

커넥터에 결합되는 어댑터의 경우, 상용 구조 설계 프로그램을 활용한 SC Simplex/LC Duplex 전용의 방수형 어댑터 설계를 추진하였으며, 광 정렬 최적화를 위한 어댑터 내부 유도라인 설계와 최적의 결합력 제공을 위한 내부 체결고리 설계, 커넥터와 어댑터 반복 체결에 따른 접속부 내부 강성 최적화 설계를 추진하였다.

Fig. 1-6은 커넥터와 연결되는 LC Duplex 어댑터가 삽입되는 특수 광어댑터 이미지로 (a)는 어댑터의 투상도 이며, (b)는 실제 이미지이다.

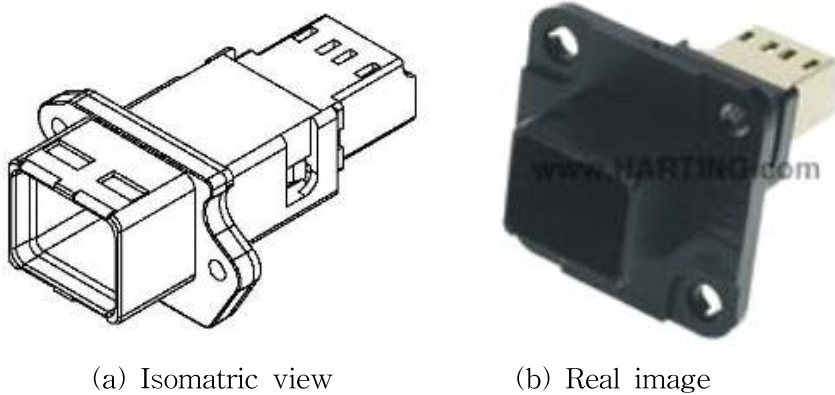
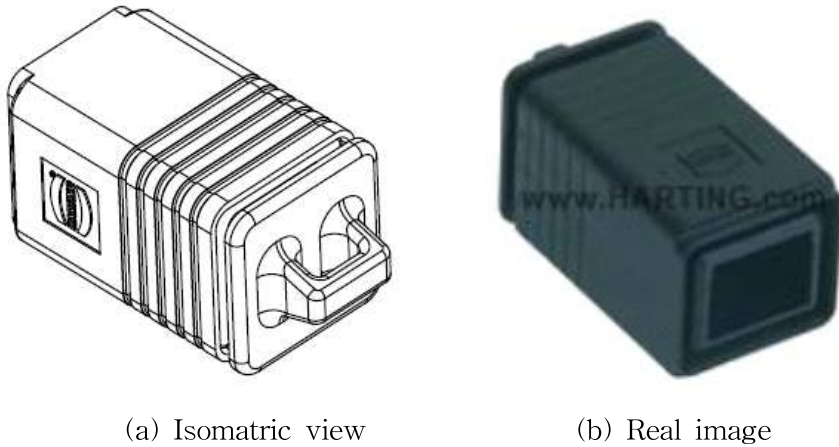


Fig.1-6 Isometric view and image of waterproof adapter

커넥터 미체결 상태에서의 기밀성을 유지하기 위해 dust-cap 설계를 반영하였으며, 방진 효율성 증대, Dust-CAP 내부 고무링 설치를 통한 1차 방수/방진 설계를 하였으며, Flexible 재질의 Dust-CAP 사출 양산에 대비한 수축/팽창력 사전 점검 및 다수의 테스트 진행하며, 용이한 분리를 위한 외부의 결합/분리용 홈가공 구조를 삽입하였다<sup>(33)(34)</sup>.

Fig. 1-7은 평소 체결이 되지 않은 상태의 어댑터의 오염을 예방하기 위한 더스트 캡 이미지로 (a)는 투상도와 (b)는 실물이미지이다.



(a) Isometric view (b) Real image  
Fig.1-7 Isometric view and image of waterproof dust-cap

설계된 방수형 광커넥터-어댑터의 성능평가를 위해 광손실 측정기구 및 평가용 테스트베드를 구성하여 개발품의 성능을 측정하였다. LD 구동회로 설계/개발 및 TEC 드라이버 회로설계 및 광 검출 회로 설계 및 LD 구동 및 제어회로 개발로 성능시험을 지원하였다. 아래 Fig. 1-8은 반사손실을 측정하기 위한 시험 테스트 구성 다이어그램으로 반사손실 측정 계측기와의 연결을 통한 반사 손실 측정 시험기구를 구성하였다<sup>(4)</sup>.

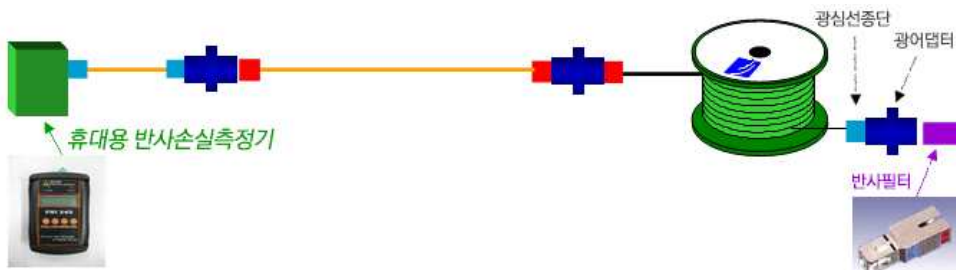


Fig. 1-8 Optical loss measuring device(return loss)

Fig. 1-9는 삽입손실 측정을 위한 시험 구성 다이어그램으로 표준측정코드와 삽입 손실 측정 계측기를 활용하여 측정하였다<sup>(4)</sup>.



Fig. 1-9 Optical loss measuring device(insertion loss)

## 제2절 국내외 연구동향

### 1. 방수형 특수 커넥터 특징

커넥터(Connector)란 전자제품 내에서 사용되어지는 서로 다른 기능을 가진 두 개의 전자부품을 연결하여 하나의 기능으로 통합시키는 역할을 수행하는 부품을 통칭한다. 전자부품들을 집적시켜 원하는 기능을 갖춘 서로 다른 두 개의 보드를 연결하여 하나의 기능으로 통합시키는 역할을 수행하며, 주요 기능으로는 회로 안에서 두 전도체를 이어주는 부품으로 이는 한 전도체에서 다른 전도체로 전류가 흐르게 함으로써 회로 고유의 역할을 수행한다<sup>(17)</sup>.

Fig. 1-10은 전자기기에서 주로 사용되는 커넥터의 대표적인 예시 그림으로 커넥터와 어댑터와의 결합과 탈착을 통해 전기/광 통신의 유지가 가능한 구조로 설계되어진다.

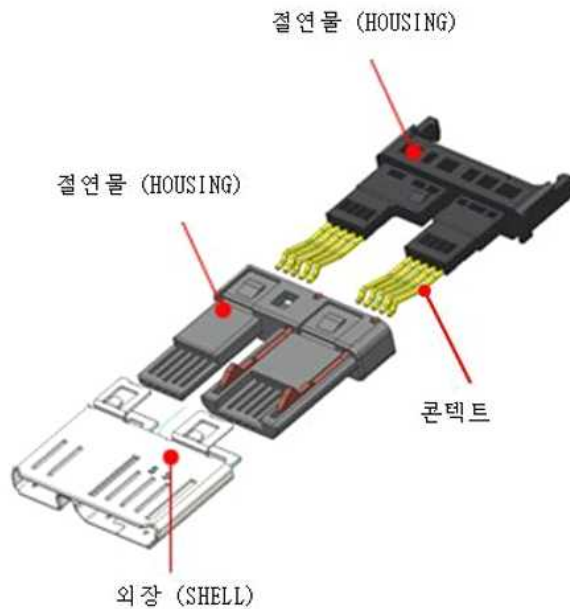


Fig. 1-10 Components of the optical connector

옥외 환경에 설치되고 있는 이동통신 기지국의 특성상 매우 고 신뢰성의 방수-방진 구조의 고속 통신용 광커넥터의 수요가 증가하고 있지만, 광케이블의 경우 국내기업이 강점을 보유하고 있으나, 커넥터-어댑터 Assembly Kit의 경우 통신용 기지국 설치 회사인 삼성전자에서도 국외(Harting사, Mollex사 등) 제품을 주로 사용하고 있는 실정이다<sup>(35)</sup>.

Fig. 1-11는 현재 시중에 가장 많이 유통되고 있는 방수커넥터 사진으로 기존의 광커넥터를 보호하는 외부 캡을 추가 설계하여 반영하고 있으며, 로테이션 체결 구조의 방수구조를 선보이고 있다<sup>(6)(36)</sup>.

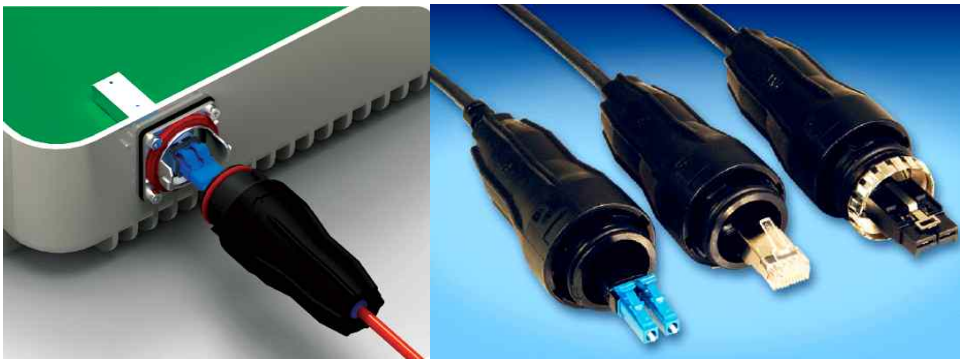
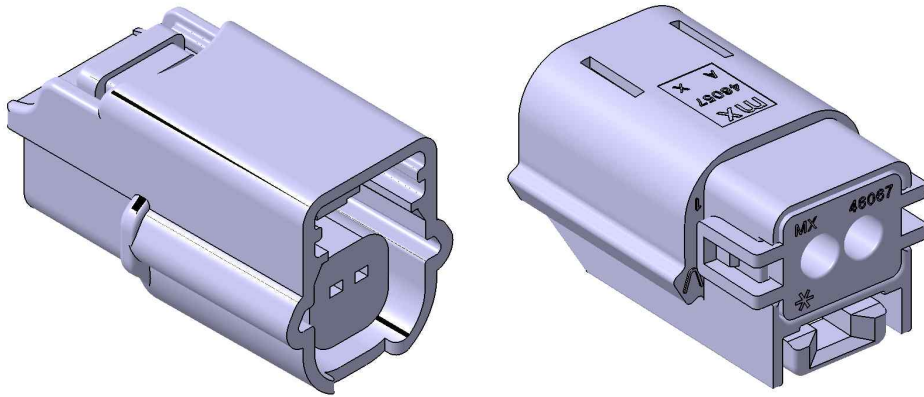


Fig. 1-11 Image of optical connector for communication

Fig. 1-12는 현재 시장에서 가장 높은 점유율을 보이고 있는 Molex사의 방수 커넥터와 어댑터 3D 이미지 파일이다. 이또한, 내부 광케이블을 삽입후 리브 부분의 실링과 커넥터와 어댑터 체결을 통해 방수가 되는 구조가 주요 특징이다. Fig. 1-12의 (A)는 방수형 광커넥터에서 가장 널리 사용되는 몰렉스사의 어댑터 3D 모델링 이미지이며, Fig. 1-12의 (B)는 커넥터의 3D 모델링 이미지이다.



(a) adapter

(b) connector

Fig. 1-12 3D drawing of communication optical connector

Table 1-1는 광커넥터의 산업별 주요 사용처에 대한 구분을 표기하였다. IT 산업분야에서는 스마트폰과 노트북에 가장 많이 사용이 되고 있으며, 디스플레이, PC, 자동차산업에서에서 방수형 광커넥터가 널리 사용되고 있다<sup>(1)</sup>.

Table 1-1 Connector classification by application field

Division	Field
IT industry	Smart phones, tablets, notebooks, etc.
Display industry	TV, refrigerator, washing machine, air conditioner, etc.
PC industry	HDD, ODD, Server, etc.
Automotive industry	Electric parts, etc.
Military industry	Tanks, radios, etc.
Medical industry	Medical equipment, etc.
etc.	Industrial equipment, enterprise business equipment, equipment devices, etc.



## 2. 커넥터산업 시장동향

### 가. 사용 부문별 커넥터 산업

범용 커넥터는 소비자가전과 산업기기에서 사용되는 커넥터로서 소비자가전용 인터페이스 커넥터(USB)에서 신규 규격의 USB Type-C의 사용이 2016년부터 크게 증가 추세이다.

산업기기용은 제조업에서 인건비 절감, 저비용화, 생산성 향상 관점에서 로봇의 도입이 증가하고 있어 산업이 확대중이며 방수, 내부식성, 내열성 등의 특수한 성능이 요구되고 있어 주문제작 비율이 높고, 단가 상승 추세이다. 전용 커넥터는 자동차용과 철도 인프라용이 대상이며 자동차용 비중이 압도적으로 많고 차량의 전장화에 따라 1대당의 커넥터 탑재 수가 증가하고 있어 앞으로 산업이 증가할 전망이다<sup>(1)</sup>.

수소 스테이션, 충전소 등 교통 인프라 정비가 진행됨에 따라 사용되는 커넥터의 수요 증가가 예상되며 수소 충전용 플러그 연결·리셉터클은 수소 스테이션 건설과 FCV의 증산으로 늘어날 전망이다. 전기자동차용 급속 충전 커넥터는 2017년 이후 일본 국내 시장에서 교체 수요 기대된다.

### 나. 커넥터 산업 예측분석

자동차용 커넥터 시장은 차량 탑재 전장품의 증가에 의해 ECU, 센서, 와이어 하니스의 탑재 개수가 증가하고 있으며, 커넥터도 증가 추세이다. 특히 와이어 하니스용의 비중이 커서 시장을 견인 중이며 와이어 하니스용은 해외에서는 규격화되어 있어 범용품이 되었지만 국내는 향후 규격화가 진행될 전망이다<sup>(2)</sup>.

ECU 외부 접속용 커넥터는 와이어 하니스용에 비해 크기가 크고, 엔진 매니지먼트 ECU 등의 경우 핀 수가 많고 가격이 비싸며 앞으로 제어 기능이 부가됨으로써 핀 수가 더 증가할 전망이다.

인터페이스용 커넥터(USB)는 데이터 인터페이스의 가장 일반적인 규격으로 대부분의 전자기기에 채택되고 있으며, 2015년 후반부터 제품 채용이 시작된 USB Type-C는 대용량 전원 공급과 영상 신호와 정보 신호를 동시에 공급할 수 있는 Alternate Mode를 갖추고 있어 앞으로는 PC와 스마트폰 등 모바일 기기에서의 전환으로 시장은 지속적으로 확대될 전망이다.

세계 커넥터 시장은 Fig. 1-13의 세계 시장 규모 그래프에서와 같이 1980년 86억달러 대비 6배 성장하여 2014년 529억달러로 년평균 성장률 성장하여 2018년 676억 달러로 성장할 전망이다<sup>(1)</sup>.

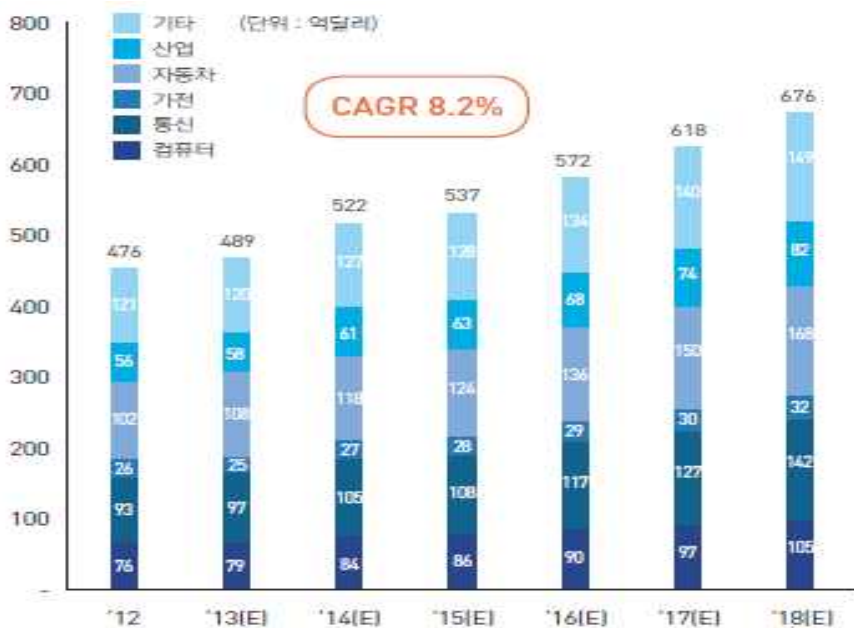


Fig. 1-13 Connector world market scale

Fig. 1-14 커넥터 세계 시장 성장률 그래프에 따르면 산업분야별 시장 점유율 분야는 자동차 커넥터가 11.9%로 가장 높았으며, 다음이 산업용 커넥터 10.3%, 그 다음이 통신용 커넥터 분으로 성장할 것으로 예상된다<sup>(1)</sup>.

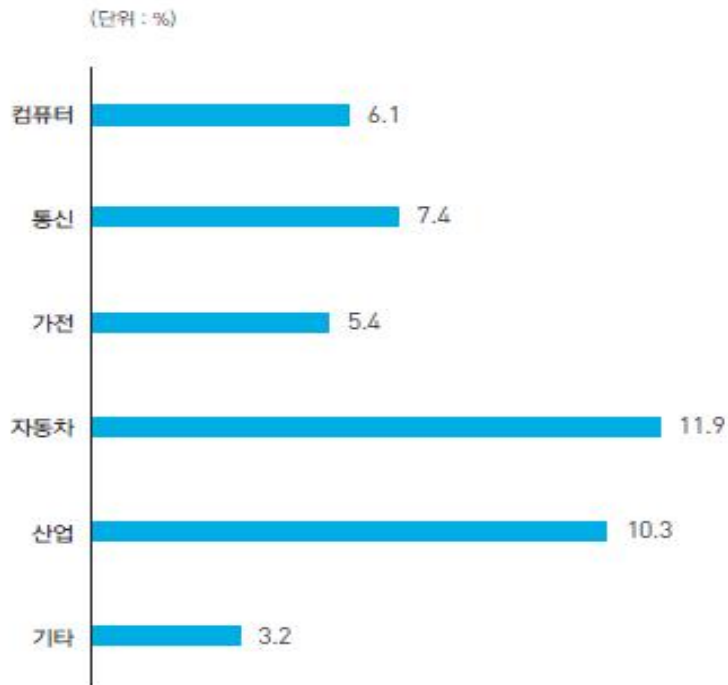


Fig. 1-14 Connector world industry growth

Table 1-2은 세계 커넥터 산업의 분기별 성장률에 대한 비교표로 고속이동 통신이 본격적으로 도입된 2014년에 9%대의 높은 성장률을 기록하였다. Table 1-3은 산업별 구분에 따른 커넥터 산업 성장률로 연평균 9%이상의 성장세를 기록하였다. 이중 교통산업이 10%대의 높은 성장률과 이동통신 산업이 9.5%의 높은 성장률을 기록하였다.

Table 1-2 World connector market sales and growth trend

(unit:million dollar)

Division	2012	YoY(%)	2013	YoY(%)	2014	YoY(%)
1Q	11,527	2.3	11,665	1.2	12,790	9.6
2Q	12,020	3.7	12,234	1.8	13,400	9.5
3Q	12,094	7.1	12,529	3.6	13,575	8.3
4Q	11,970	3.1	12,449	4.0	13,090	5.1
Total	47,611	2.7	48,877	2.7	52,855	8.1

Table 1-3 Connector market size by application area

(unit:million dollar)

Division	2013	2014	YoY (%)
Automotive	10,943	11,730	7.2
Telecom/Datacom	9,830	10,760	9.5
Compute & Peripherals	7,892	8,602	9.0
Industrial	5,755	6,299	9.5
military/Aerospace	3,136	3,215	2.5
Transportation	2,883	3,172	10.0
Consumer	2,525	2,756	9.1
Other Equipment	2,379	2,567	7.9
Medical	1,662	1,758	5.8
Instrumentation	1,127	1,196	6.1
Business/Office Equipment	745	797	7.0
Total	48,877	52,852	8.1

## 다. 시장 점유율 분석

### (1) 한국단자

한국단자는 1973년 설립 이후 자동차 및 전기전자 커넥터 생산을 주요 사업으로 영위하고 있는 기업으로 주요 제품인 커넥터(Connector)는 전원과 기기, 기기와 기기, 또는 기기 내부 단위들 사이를 전기적으로 연결하는 핵심부품인 커넥터 개발을 모태로 시작한 제품 개발은 현재 자동차용 전장 모듈 및 HEV/EV/PHEV용 친환경 부품, IT Module, LED L/F 등 사업영역 확장하고 있으며, 국내 자동차용 커넥터 50% 수준의 점유율 1위 기업으로 매출 비중은 자동차용 커넥터 74%(수출용 14%, 내수용 60%), 전자용 커넥터 16%, 기타(LED 리드프레임, 임가공 등)10% 수준으로 자동차용 커넥터 제조 및 판매하고 있다.

Fig. 1-15는 현재 한국단자에서 생산하고 있는 주요 커넥터 제품군으로 자동차용부터 통신, 모바일 기기에 걸쳐 광범위한 제품을 생산하고 있다.



Fig. 1-15 Korea terminal's product line

(2) 신화콘텍

2002년 설립한 커넥터 제조업체로서 2006년에 신화콘텍으로 상호 변경하였다. 전자회로에 사용되어지는 정밀커넥터의 연구개발 및 글로벌 사업화에 주력하는 전문기업으로 정보산업의 핵심 IT업계와 연계하여 Mobile, HDD Display등에 쓰여지는 주요 커넥터를 공급하였다. 모바일용 커넥터는 국내 우주일렉트로닉스, 제이엔티스, 해외 진출기업인 히로세코리아, 한국몰렉스가 경쟁 중이며 주요 고객은 삼성전자와 LG전자, Seagate 등이 있다.

Fig. 1-16은 신화콘텍 주력 생산품에 대한 이미지로 소형 커넥터와 어댑터를 주력으로 생산하고 있다. 다음은 신화콘텍의 주요 개발 현황을 기록하였다.

- Super Speed Data 전손용 Micro USB 3.0 커넥터 개발
- FPD의 LVDS / TMDS Interface용 51Pin 커넥터 국산화
- Thunderbolt (썬더볼트) 커넥터 국산화 개발
- 고해상도 Display I/O Interface 통합 및 입출력 포트 개수 감소
- 컴퓨터, Mobile 기기뿐만 아니라 가전으로 적용 확대



Fig. 1-16 Shinhwa contec's product line

### 3. 커넥터산업 기술동향

#### 가. 국내 커넥터 기술현황

방수방진형 특수 광커넥터의 중요성을 인식하면서도 초기개발 수준에 머물러 있을 뿐만 아니라 우천시 또는 습기가 많은 옥외에서 사용될 방수방진형 특수 광커넥터의 국내개발은 아직 상용화 실적이 없는 상황이다.

현재 국내 시장에 출시되고 있는 방수형 광커넥터는 몇몇 업체에서 출시하고 있다. 포스텍, 케이오티 업체에서 개발되었다고 인터넷 매체를 통하여 알 수 있다. 하지만 국내 업체들은 외산 제품의 벤처마킹으로 기술적인 문제를 해결하여 진행되어진 것으로 보인다.

#### 나. 국외 커넥터 기술현황

현재 국내외 시장에 출시되고 있는 일반 광커넥터와 특수형 광커넥터는 다양한 종류의 제품이 출시되고 있으나, 대부분 해외 브랜드의 제품이 기존 통신사업자나 시스템 제조업체에게 공급하고 있는 실정이다.

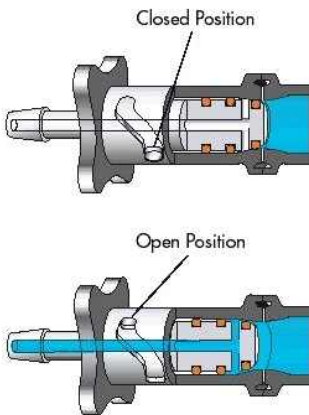
일반적으로 광커넥터는 광섬유의 심선 수에 따른 단심형과 다심형의 제품이 있으며, 커넥터의 형태와 체결방식에 따른 SC, ST, FC, LC, MU, MT-RJ 등의 다양한 형태의 제품들이 주종을 이루며 시장에 공급되고 있다<sup>(2)(11)</sup>.

특수형 광커넥터의 경우, 일반 광커넥터와는 달리 MT-Clamp, Cylindrical Housing 등의 결합구조와 다심형 구조의 제품들이 대부분 국내외 시장의 수요자들에게 공급되고 있다. Fig. 1-17은 통신용 광커넥터에서 산업용 광커넥터 까지 다양한 종류의 광커넥터를 보여주고 있다. 방수형 광커넥터는 옥외 환경에서 가장 널리 사용되고 있는 연결 방식으로 단락된 케이블의 연결을 통한 통신/전기 연결이 가능하게 만드는 오래된 연결 방식이다<sup>(31)</sup>.



Fig. 1-17 Types of special optical connectors

Fig. 1-18는 베이오넷 체결 방식의 광커넥터 체결 방식을 나타내고 있으며, 반회전을 통한 연결구조로 회전시 커넥터와 어댑터간의 연결을 위한 구조를 자세히 나타내고 있다.



(a) Fastening method



(b) Real image

Fig. 1-18 Structure of special optical connectors



Table 1-5은 방수형 특수 광커넥터 주요 메이저 회사 제품을 분석한 표로 결합구조에서부터 지원 가능 채널수, 광통신용 페럴 재료를 구분하여 기록하였다.

Table 1-4 Product analysis by major companies

Company	Fujikura	Fujikura	NTT	Sumitomo	Sumitomo /Fujikura
Joint structure	MT-clamp	Push-pull	MT-clamp	MT-clamp	Cylindrical housing
Ferro Material	Thermosetting Plastic	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic
Connection structure	Polymeric Film( $\Delta=1.48\sim 1.50$ )	8°사면연마 PC Fiber tip protude	Micro-hole Polished	Micro-hole Polished	Micro-hole Polished
Number of channels	8	8	40/8/4/1	8/4	5
Usage	SM-ribbon	SM-ribbon	SM-ribbon	SM-ribbon	GI-ribbon
Production Method	성형전사	성형전사	성형전사	성형전사	성형전사

최근에는 루슨트·노텔·알카텔 등 시스템 업체와 핵심 부품 업체가 중심이 되어 전자용 커넥터와 동등 수준의 고밀도 실장을 목적으로 한 소형폼팩터(SFF : Small Form Factor) 커넥터의 수요가 증가하고 있다. 특히 이 시장의 주도권 경쟁을 하고 있는 제품이 MU형과 LC형이다. 일본의 경우 NTT가 주도하는 MU형 위주의 제조업체가 많고, 세계적으로는 루슨트가 주도하는 LC형 제조업체가 많은 추세다. 광커넥터를 공급하는 해외업체로는 루슨트, Oz 옵틱스(Optics), 세이코, 후지쯔 등이 있고, 국내의 경우에는 LS 전선, JC com, 히로세코리아 등 다수 업체가 공급하고 있다<sup>(1)</sup>.

최근 광통신 분야의 권위 있는 저널인 ‘라이트웨이브(Lightwave)’에 따르면 세계적으로 광통신부품시장을 주도하고 있는 JDS 유니페이즈는 공장부지 확보 및 증설, 세계적 수준의 제조공정 구축, 수동광소자 제조공정의 자동화 구현을 추진해 생산량 4배 확대를 추진하고 있다. 또한 시에나(ciena)의 최고 기술책임자 (CTO) 리바스(Livas)는 “인터넷 사용자 폭증과 데이터 트래픽 급증은 광통신 부품 및 광통신시스템 제조업체 생산흐름의 패러다임을 변화시킬 것” 이라고 예상하고 있다.

최근 세계시장에서의 광통신 부품은 중국·대만 등에서 생산하는 저가 제품과 일본, 미국을 중심으로 하는 고품질의 제품이 시장을 양분해 주도하고 있다. 국내 업체의 경우, 생산수율과 수작업 중심의 제조공정으로 인한 인건비 부담으로 중국, 대만 제품에 비해 원가경쟁력이 떨어지고 있고, 이러한 원가경쟁력을 확보를 위해 생산기술 기반을 이용한 자동화 구현이 요구되고 있다. 또한 일본·미국 제품에 비해 떨어지는 품질 경쟁력과 특허권 확보를 위해서는 핵심부품, 소재, 소자 기술의 확보에 지속적인 투자와 노력이 요구되고 있다<sup>(2)</sup>.

(1) Molex의 하우스징 매입형 광커넥터

일반적으로 사용되고 있는 표준형의 LC, SC 및 다심형 MPO 광커넥터 전체를 어댑터와 함께 방수형 외부 하우스징 내에 내장하여 외부 Housing을 이용하여 방수 특성을 실현하는 방식으로 제작은 간단하지만 외형이 커서 콤팩트 타입의 방수형 광커넥터가 필요하게 되었다. Fig. 1-19는 몰렉스사의 방수 커넥터 이미지로 내부 삽입된 커넥터 종류에 따라 다양한 커넥터 연결방식을 지원하고, 외부의 로테이션 방식의 체결을 담당하는 외부 커넥터 지지부로 반대편 어댑터와 체결되는 구조로 설계되었다.



Fig. 1-19 Molex's housed connector

(2) Hirose의 하우스징 일체형 방수형 광커넥터

1.25 mm 또는 2.5 mm 표준형 페를을 사용하여 외부 Housing과 내부 하우스징을 일체화하여 간이 구조로 만들었으며 초소형으로 광섬유 2심을 채택한 방수형 광커넥터이다. Fig. 1-20은 히로세사의 특수 커넥터로 광섬유 Duplex 커넥터에 삽입 후 외부에서 실링을 통해 방수가 되는 구조로 비교적 단순한 구조의 커넥터 구조를 보이고 있으나, 다수의 탈착에 대한 내구성이 다소 떨어지는 단점을 가지고 있다.



Fig. 1-20 Hirose's housing integrated type waterproof optical connector

(3) 미노야키 다지로(多治見) 등에서도 방수형 광커넥터를 개발하기는 하였으나 생산하지는 않고 있으며 외관 형태는 다음과 같다. Fig. 1-21는 개발된 방수형 광커넥터이며, 기본 체결 구조는 베이오닛 방식으로 체결된다.



Fig. 1-21 Other waterproof connector

위의 여러 개발 예에서 볼 수 있는 것처럼 방수를 보증하기 위해서 외부 Housing의 체결방법으로 고무 패킹의 압착에 의해 물이 스며드는 것을 방지하고 있으며 회사마다 설계 구조가 다를 수 있으나 대체적으로 2 가지가 적용되고 있는데 Water Proof에서는 Bayonet Type이며, Moisture Proof에서는 Screw Type이 일반적이다.

최근 세계시장에서의 광통신 부품은 중국·대만 등에서 생산하는 저가 제품과 일본, 미국을 중심으로 하는 고품질의 제품이 시장을 양분해 주도하고 있다. 국내업체의 경우 생산수율과 수작업 중심의 제조공정으로 인한 인건비 부담으로 중국·대만 제품에 비해 원가경쟁력이 떨어지고 있고 이러한 원가경쟁력 확보를 위해 생산기술 기반을 이용한 자동화 구현이 요구되고 있다. 또한 일본·미국 제품에 비해 떨어지는 품질 경쟁력과 특허권 확보를 위해서는 핵심 부품, 소재, 소자 기술의 확보에 지속적인 투자와 노력이 요구되고 있다.

### 제3절 연구 목적

4G ~ 5G 이동통신용 기지국 사용을 위한 고속통신용 방수형 광 커넥터 Assembly Kit 국산화 기술을 확보하고, 내부 커넥터 결합유도를 통한 광 손실을 최소화 유도 및 외부 방수구조 커넥터 & 어댑터 구조 설계를 추진한다.

시제품 단계에서부터 철저한 통신 및 신뢰성 테스트 진행으로 제품 통신 에러율 저감을 통한 불량률 감소하고, 양산화를 통한 제품 소형화 및 최적화를 추진하고, 옥외 광케이블(LC Type) 설치시 커넥터 내부 삽입형 방수 커넥터 구조의 2중 커넥터 적용을 통한 방수/방진 효과를 증대하고자 한다.

이를 위해 기존 방수 광커넥터의 구조분석을 통한 광케이블을 각각의 커넥터에 고정하는 외부 커넥터 체결방식(Rotation, Push-Pull 방식 등)과 광케이블 연결하는 구조 최적화를 통한 광손실을 최소화하고자 한다. 방수구조 설계는 기존 상용품 구조 분석을 통한 별도 실링구조(스파이럴구조 실링, 커넥터 - 어댑터 접촉면 특수 가공)의 특허구조 설계 적용을 통한 방수 커넥터-어댑터 설계를 추진한다.

시제품 제작 후 통신 환경 측정장비와 환경신뢰성(항온항습, 열충격, 방수, 방진, 복합환경 시험) 평가 장비의 활용을 통한 개발 제품의 가혹 수명 테스트 동시 진행을 통해 제품 자체의 불량률 감소를 목표로 하며, 기존 방수형 커넥터는 광케이블을 커넥터에 삽입하여 고정하여 어댑터와 체결하는 단점을 보완하고자, 실질적으로 내부 광케이블이 직접 연결되는 구조가 아닌 것으로 분석되고 있다. 이에 커넥터 연결시 내부 광케이블이 직접 연결될 수 있는 구조로 설계를 추진한다.

또한, 상용품 구조 분석 결과 각 제조사의 방수구조의 특허를 분석하고, 개발 방수 구조의 특허를 출원하여, 커넥터-어댑터 체결 특허 구조를 보호하며, 방수형 커넥터-어댑터 설계는 상용 3D 구조설계 프로그램을 활용하며, 설계된 모델링은 FEM 해석 프로그램을 통하여 사전 시뮬레이션을 추진하여 외부 환경 요인에 대한 제조 스펙을 선정하고자 한다.

설계가 완료된 커넥터 구조는 전자부품연구원이 보유중인 RP M/C를 활용하여 시제품을 제작하고, 체결력과 탈거력 및 케이블 인장강도와 내구성에 대한 사전테스트를 진행하며, 매우 중요한 요소인 광학적 특성인 삽입손실 및 반사손실 측정은 광학 계측기를 활용하여 진행하고자 한다.

실험실 환경에서와 필드테스트를 동시에 진행함으로써 각 설치 환경에 따른 환경요인을 분석하며, 통신 효율에 가장 크게 영향을 주는 환경인자에 대한 분석을 동시에 진행하며, 방수/방진 시험은 살수시험기와 분진시험기를 활용하여 테스트를 진행하며, 테스트 Fail 시 구조 설계 변경을 추진하여 양산형 제품의 구조를 최적화를 추진하고자 한다<sup>(4)</sup>.

## 제2장 방수커넥터 설계 최적화

### 1. 기존 상용제품 구조 분석

#### 가. 구조 및 성능분석

방수형 특수 광커넥터 설계 및 제작을 위해 해외 유명 제품의 방수형 특수 광 커넥터에 대한 구조 및 성능 분석을 진행하였다. 주요 분석 제품으로는 해외 Hating, CONEC, Molex, Welfo, Radiall, Tyco, Fisher, Huber Suhner, Weidmuller사의 제품을 주로 분석하였으며, 기본적으로 방수방진(IP Protection) IP67의 성능을 만족하는 제품으로 체결 방식으로는 Bayonet Locking 방식과 Pushpull Locking 방식으로 구성되었다. 주요 재질(Material)로는 Zinc 재질(금속)과 Polymer 재질(플라스틱)로 구성되었으며, 커넥터 구조는 LC Type의 Simplex와 Duplex, Mating Cycle은 최소 100 Cycle 이상의 성능 구현이 가능한 제품을 대상으로 선정하였다.

케이블 인장력(Retention Force)에 대한 규격은 없으나 최소 200N 이상의 제품으로, 내연성(Flammability) UL94 V-0의 내연성을 만족하고, 동작온도(Operating Temperature)는  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$ 에서  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$ 의 다양한 제품을 대상으로 분석을 진행하였다. Fig. 2-1은 상용 제품에 대한 분석 내용을 정리한 그림이다.

	Molex		Radiall		Tyco		
	Plug Kit	Adapter Kit	Plug Kit	Receptacle Kit	Plug Kit	Receptacle Kit	Dust Cap
Image							
VPN	SM : 106059-1110	SM : 106059-0210 (Ceramic Sleeve) MM : 106059-0200 (Metal Sleeve)	R2CT 115 000	R2CT 105 000	SM : 1828618-2	SM : 1828619-2	1918177-1
	MM : 106059-1100		OGIS 115 000	OGIS 107 000	MM : 1828618-1	MM : 1828619-1	
	LC/2 Fibers/Plastic (Plug + Cable 구조)	LC/2 Fibers/Plastic (Dust Cap 포함)	LC/2 Fibers/Metal	LC/2 Fibers/Metal (Dust Cap 포함)	LC/2 Fibers/Plastic	LC/2 Fibers/Plastic	Plastic



Fischer			Huber + Suhner			Waldmüller		
Plug Kit	Receptacle Kit	Dust Cap	Plug Kit	Receptacle Kit	Dust Cap	Plug Kit	Receptacle Kit	Dust Cap
								
FD P01	FD R03	FDCR14P 1B2 E150	Q-XCO Connector	841086683(Metal) 850061511(Plastic)	-	Order No. : 1963340000 IE-P6-V04P-2LC-SM	Order No. : 1963450000 IE-8S-V04P-LCD-SM-C	-
LC/2.4 Fibers/Metal	LC/2.4 Fibers/Metal	Plastic	LC/2 Fibers/Plastic (Plug + Cable)	LC/2 Fibers/Metal (Integrated SFP)	Plastic			-

Fig. 2-1 Analysis of commercial product structure

### 나. 구조 파괴/비파괴분석

방수형 광커넥터 제품중에 가장 널리 사용되고 있는 Hartig사의 Push-Pull 커넥터의 내부 구조 분석을 위해 파괴검사를 통해 어댑터-커넥터 하우징 Lock 구조를 분석하였다. Hartig사의 Push-Pull 커넥터 체결 및 분리 원리는 커넥터 하우징 외부에 있는 사각 Collar가 어댑터와 체결되면서 고정이 되는데, 외부 캡의 좌우 이동시 사각 Collar의 고정된 부위를 해제하여 주는 원리로 분리/체결이 되고 있다.

Fig. 2-2와 Fig. 2-3은 Harting사의 Push-Pull 커넥터의 대표 제품의 Lock 구조 분석을 위해 어댑터 부분의 상판과 하판을 분리하여 Lock을 위한 hook 위치를 확인하였다.

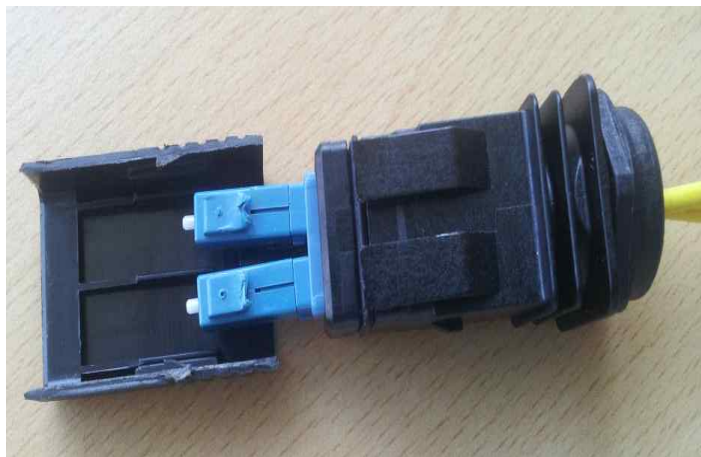


Fig. 2-2 Image of destructive analysis 1(Harting社)



Fig. 2-3 Image of destructive analysis 2(Harting社)

해외 유명 제품 중 Harting, Radiall사 제품으로 선정하여 구조 비파괴 분석을 진행하였다. 설계 이전의 내구 구조 분석을 통해 체결구조 및 lock 구조, 방수구조, 부품 구성 요소에 대한 사전 구조에 대한 이해를 통해 설계 및 최적화에 대한 연구를 진행하였다.

주요 체결방식으로는 Bayonet Locking 방식과 Pushpull Locking 방식으로 구성되어 있으며, 방수구조는 내부 Sealing 및 외부 Sealing의 2단 방수 구조를 채택하였다. 주요 부품의 구성으로는 외부 하우징, 내부 하우징, 방수용 Sealing, 내부 슈라우드로 구성되었다. Fig. 2-4 (a)와 Fig. 2-4 (b)는 비파괴 검사의 일종인 X-ray 투과 이미지로 push-pull 커넥터의 체결 상태와 미체결 상태에서의 lock 구조에 대한 이미지이다. Fig. 2-4 (c)는 베이오넷 타입 커넥터의 X-ray 이미지로 커넥터 내부의 광 패들에서부터 장력 유지를 위한 후단 스프링이 적용된 구조를 보이고 있다.

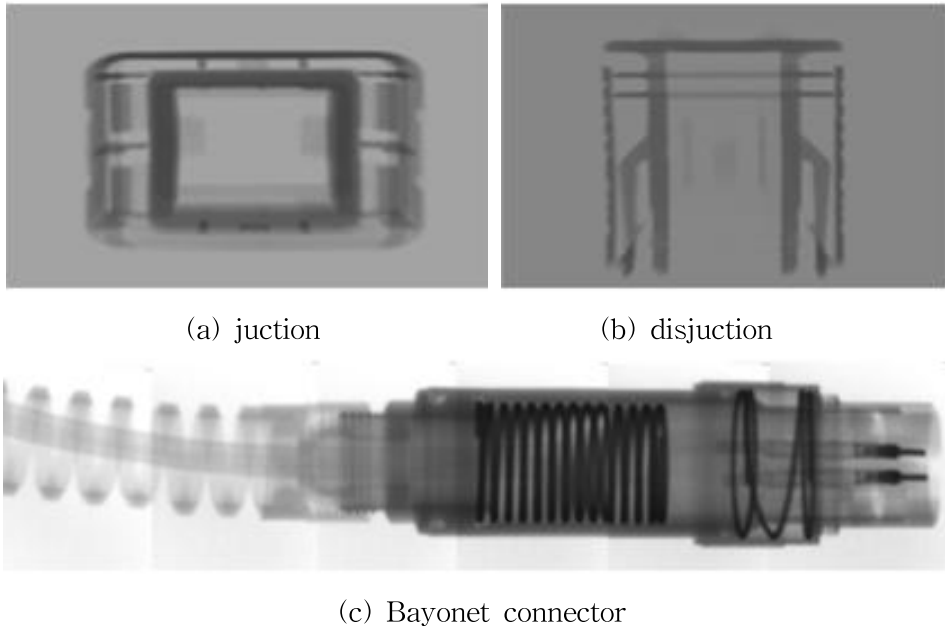


Fig. 2-4 Image of nondestructive analysis

## 2. LC Duplex 방수커넥터

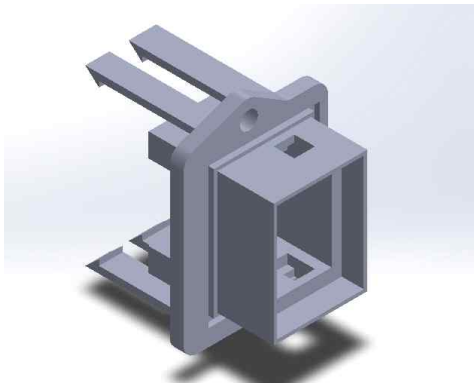
### 가. LC Duplex 방수커넥터 설계 및 FEM 해석

#### (1) Inter-Lock 방수형 커넥터

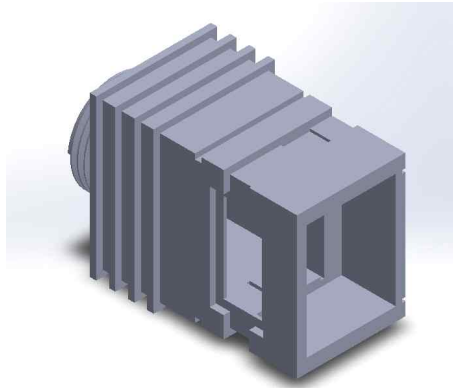
내부 삽입된 LC 커넥터와 어댑터가 실 체결되어 광통신에 대한 신뢰성을 확보할 수 있으며, 유지 보수를 위해 원 터치 분리 및 Push-Pull 타입의 방수형 광커넥터를 초기에 설계하였다. 이에, Inter-Lock 타입을 고안하여 내부 삽입된 LC 커넥터와 어댑터 체결 부위를 Push force를 활용하여 Lock을 해제할 수 있는 Inter-Lock 버튼을 설계하여 적용하였다.

어댑터 하우징 외부 좌우에 설계된 사각 Collar로 커넥터 하우징 체결시 어댑터와 커넥터의 고정을 유지하고, Inter-Lock 버튼의 옆면에 사각 챔퍼형 돌기로 상부에서 Inter-Lock 버튼을 압입하였을 때 어댑터 옆면의 사각 Collar가 분리되는 구조로 설계하였다.

Fig. 2-5는 설계된 inter-lock 방식의 특수 커넥터에 주요 구성품으로 메인 바디에서부터 커넥터 락킹 파트, 피팅 파트, 보호 커버의 3D 도면을 표기하였으며, Fig. 2-6은 상용 3D 설계 프로그램에서 설계된 각 부품별의 위치와 체결 구조에 대한 이미지를 나타내었다. 메인 바디 부분에 상용 SC Duplex 타입의 커넥터를 삽입하고 어댑터 피팅파트에 SC 어댑터를 체결한 상태에서 그 파트를 결합하기 전에 락킹 파트를 삽입한 후 보호 커버를 체결하는 방식으로 설계를 진행하였다. Fig. 2-7은 최종 3D 설계 프로그램 상에 서로 체결된 방수 커넥터의 이미지이다.



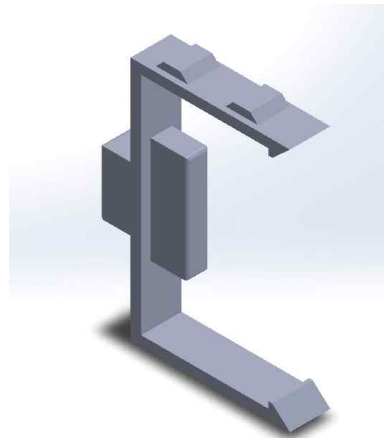
(a) connector-adapter fitting part



(b) connector main part



(c) Protective cover



(d) inter-Locking part

Fig. 2-5 Design of inter-lock waterproof connector(parts)

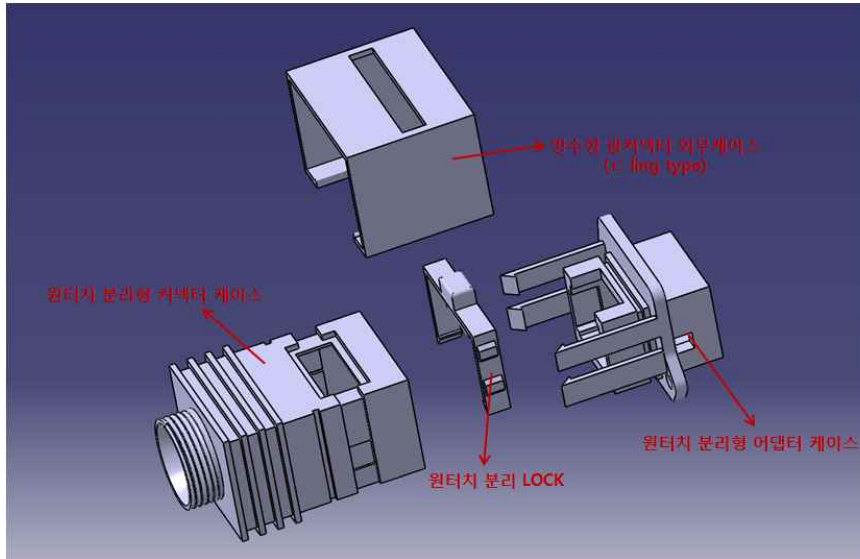


Fig. 2-6 Design of inter-lock waterproof connector(Separation)

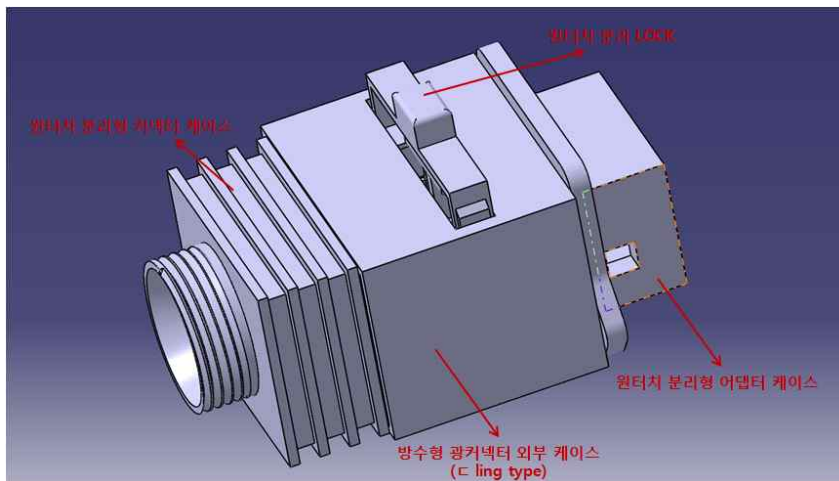


Fig. 2-7 Design of inter-lock waterproof connector(Assemble)

Inter-Lock 타입 커넥터의 시제품은 RP(Rapid Prototyping) M/C를 활용하여 제작하였다. 시제품 제작을 통해 조립성 및 Lock 분리에 대한 상태를 검토하였으며, 재질은 ABS로 제작을 추진하였다. 각 파트별 가공성 조립성은 양호하였지만, Inter-Lock의 방수/방진 구조 개선을 위해 고리 실링 미제작으로 방수-방진 테스트는 추진하지 못하였다. 이에 방수구조가 유리한 좌우 Push-Button 타입의 방수형 광커넥터로 설계를 변경 추진하였다. Fig. 2-8는 Inter-Lock 타입 커넥터 설계 도면을 RP M/C를 활용하여 Mock-up을 제작 중인 이미지이며, Fig. 2-9은 RP Mock-up 가공이 완료된 이미지 이다.

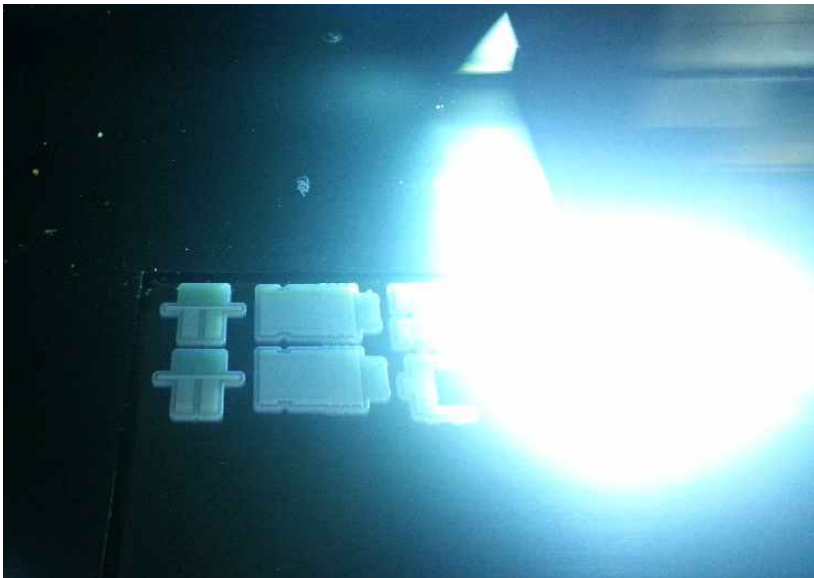


Fig. 2-8 Prototype building(RP Mock-up processing)

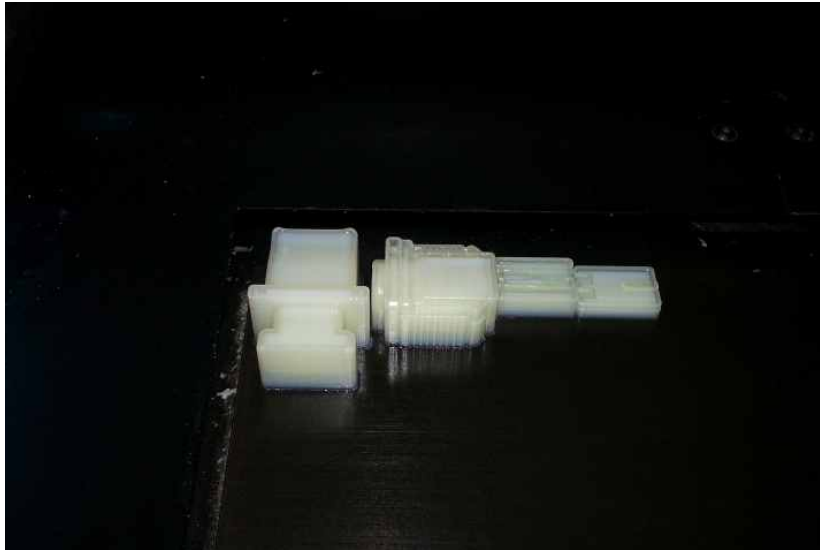


Fig. 2-9 Prototype building(RP Mock-up finished)

Fig. 2-10은 RP 가공 Mock-up 제품의 후처리 완료된 시료이다. 각 파트 별로 3 SET를 제작하였다.



Fig. 2-10 Prototype production(RP Mock-up part)



Fig. 2-11은 RP 가공 Mock-up을 활용하여 조립된 방수형 특수 광커넥터이다. 제품의 활용 가능성 판단하기 위해 내부에 삽입되는 LC 광커넥터와 케이블을 삽입하여 조립을 완료 하였다.

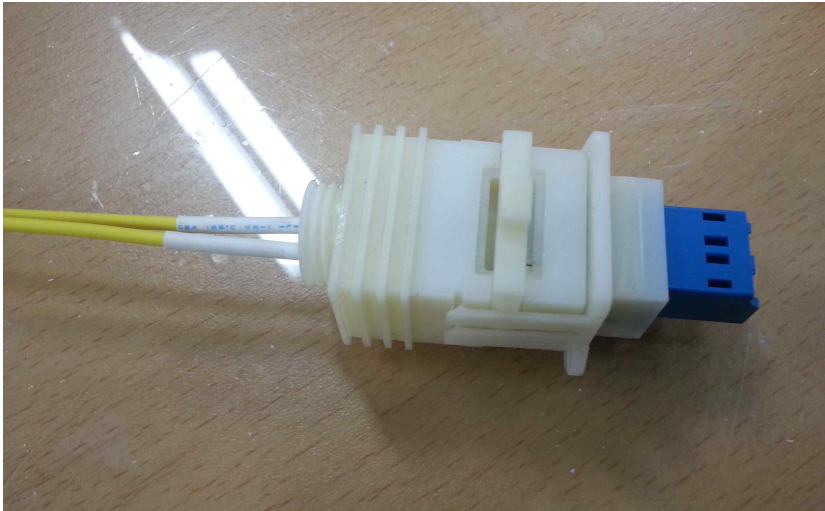


Fig. 2-11 Prototype production(RP Mock-up A'ssy)

(2) Push-Lock 방수형 커넥터 설계 및 제작

Inter-Lock 타입의 시제품 제작 운영 결과 Lock 구동에 따른 방수/방진의 효율 극대화 및 실 체결에 대한 신뢰성을 확보하기 위한 좌우 양면의 Push-Button 타입의 방수형 광커넥터 하우징을 설계하였다. 양산시의 조립성을 고려하여 부품수를 7개로 구성하여 양산 시간을 단축하였으며, 현장 작업자의 상하 좌우 오류 삽입에 대한 체결 신뢰성을 확보하기 위해 커넥터와 어댑터 하우징 사이 체결 유도 가이드를 설계하였다. Fig. 2-12은 최종 설계된 Push-Lock 방식의 특수 광커넥터 설계 이미지이다.

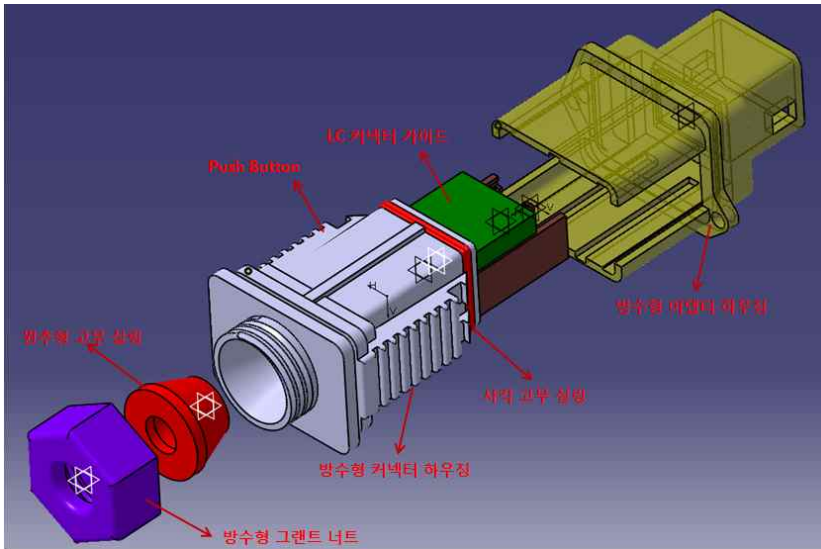


Fig. 2-12 Design of push-lock waterproof connector(Separation)

내부 삽입형 LC 광커넥터의 고정을 위해 전용 웨이브 가이드를 설계하였으며, 내부 공차를 두어 LC 커넥터와 어댑터 조립시 상호 체결에 대한 방해 요인을 해결하였다. 또한, 내부 삽입형 LC 광커넥터의 고정을 위한 웨이드 가이드를 별도 설계하여, 현장 조립성을 확보하였으며 LC 커넥터 조립 후 웨이브 가이드를 커넥터 내부 삽입하여 체결을 하는 방식으로 설계하였다. Fig .2-13와 Fig. 2-14은 커넥터 하우징 내부 하단 Lock 홈과 웨이브 가이드 하단의 고정 핀이 체결되는 구조로 최초 삽입시 고정이 되는 구조의 웨이브 가이드를 설계 적용하였다.

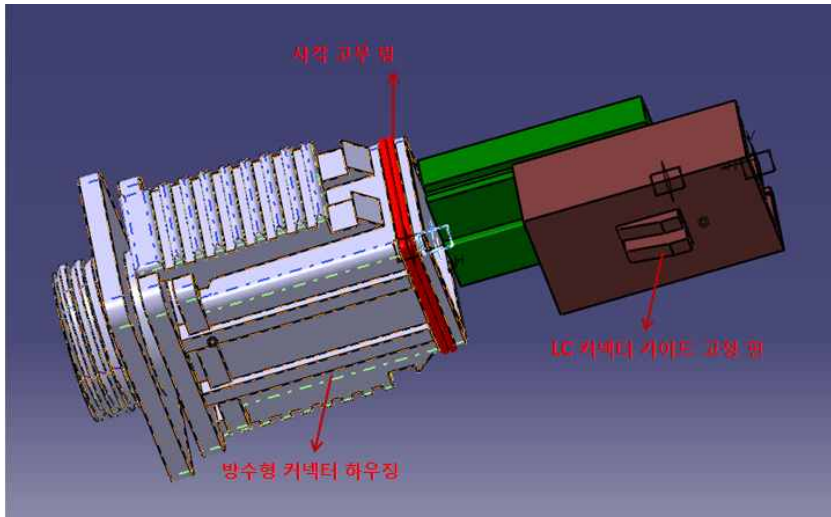


Fig. 2-13 Design of waveguide for fixing LC connector(Disjunction)

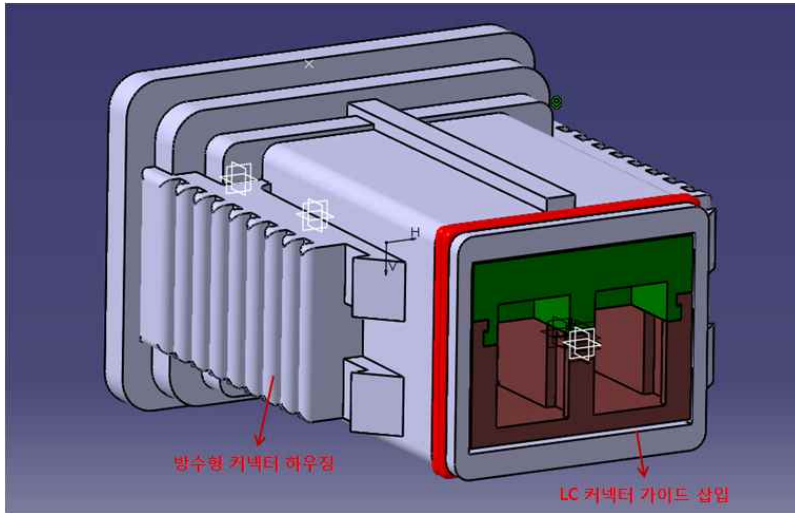


Fig. 2-14 Design of waveguide for fixing LC connector(Juction)

설계된 모델링의 조립 및 다수 반복 체결에 대한 안정성을 검증하기 위해 FEM 해석을 수행하였으며, 상용 해석 프로그램인 ANSYS 15를 활용하여 정상 상태에서의 좌우 Force 인장하는 시뮬레이션을 수행하였다<sup>(7)</sup>.

Fig. 2-15은 상용 FEM 해석 프로그램인 ANSYS 15에 모델링 파일을 삽입된 Model import 시의 이미지이다.

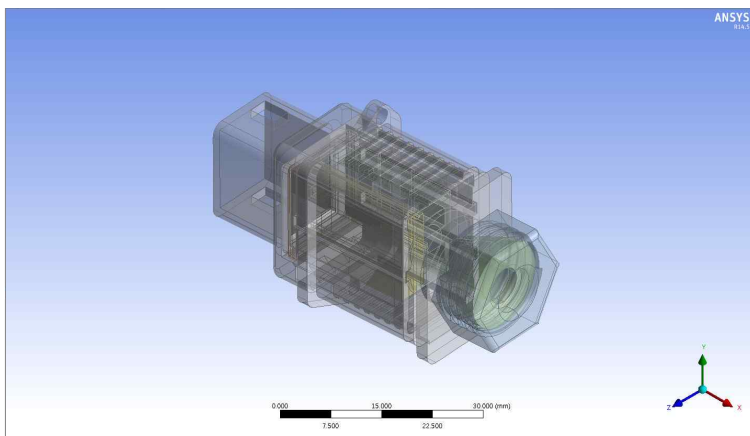


Fig. 2-15 FEM analysis(model import)

FEM 해석을 위한 MESH 생성은 ANSYS Auto Mesh Tools를 사용하여 생성하였으며, 생성결과는 Fig. 2-16과 같이 매우 좋은 메쉬생성을 확보하였다.

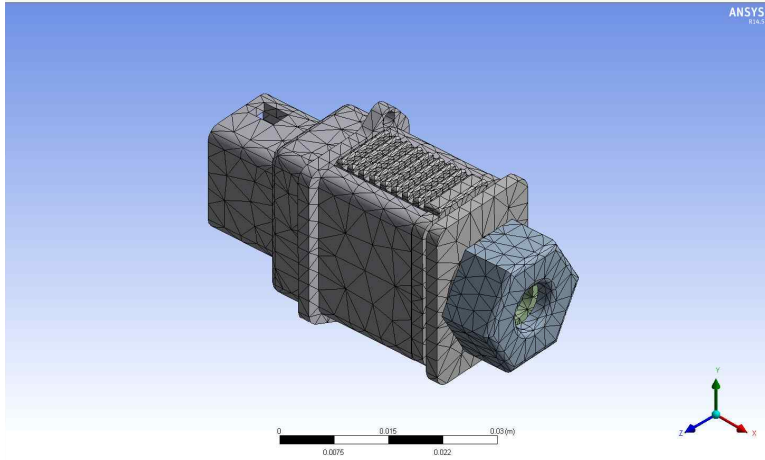


Fig. 2-16 FEM analysis(meshing)

Fig. 2-17은 FEM 해석전에 경계조건을 삽입한 상태에서의 그림을 보여주고 있으며, 기지국 중계기 광스위치 박스에 설치되었을 때를 가정하여 부하가 발생하는 파트에 하중을 인가하였으며, 커넥터 연결 후 지상까지의 케이블 무게를 고려하여 200N의 하중을 부여하였다.

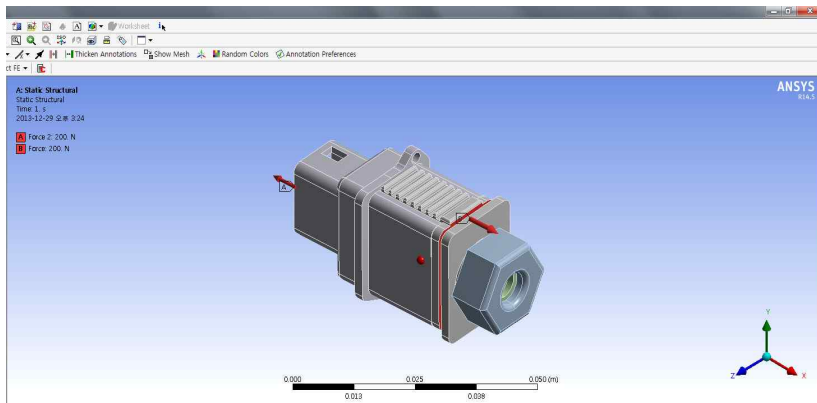


Fig. 2-17 FEM analysis(boundary condition)

FEM 해석의 경계조건은 기본 정상 Mechanic 상태를 기본으로 선정하였으며, 어댑터 고정부와 커넥터 주요 고정부의 각각 200N의 Force로 인장하는 조건을 삽입하였다.

Fig. 2-18 해석 결과는 각각의 인장력에 의한 어댑터 고정부의 부하가 집중되는 것을 확인하였고, 커넥터 하우징 Lock의 사각 Collar에 하중이 집중되었으나, 시뮬레이션 상 200N의 인장력으로 외형의 변화 및 부품의 탈착을 확인할 수 없었다.

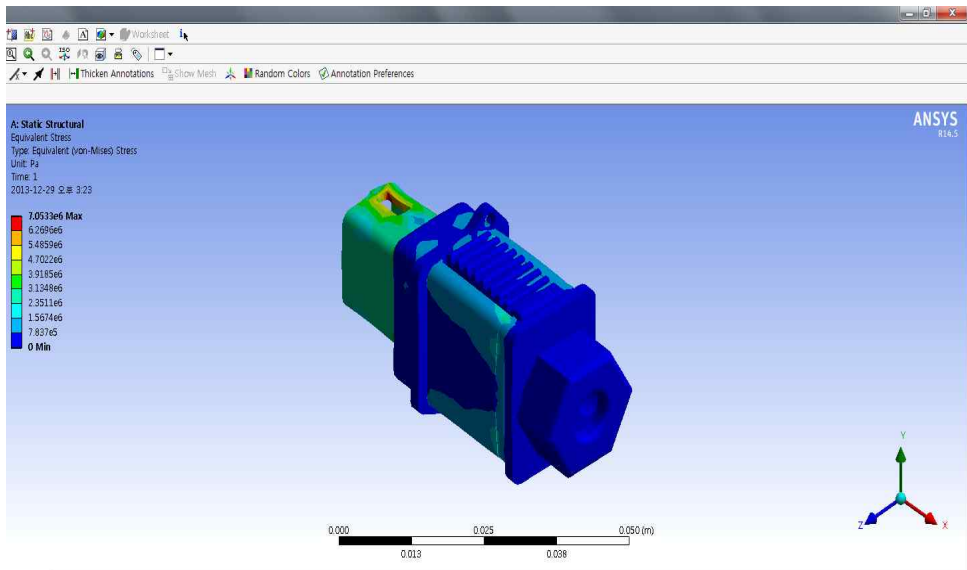


Fig. 2-18 FEM analysis(result)

시제품 제작은 RP M/C를 활용하여 4차례 제작하였으며, 각 부품별 공차 및 사이즈 조정, 조립성을 사전테스트 하였다. 제작에 사용된 RP M/C는 Objet사(이스라엘) Eden-350V 모델로 UV 경화 수지를 활용한 3D 프린팅 타입의 RP 장비로 현재까지의 RP 장비 중 가장 정밀도가 뛰어나며, 표면의 가공도 또한 우수한 장비이다. RP Mock-up를 통한 시제품 조립성 검토 후 3D 모델링을 수정한 후 Mock-up가공을 통한 시제품 제작을 추진하였다.

Fig. 2-19는 QDM 가공을 통한 Mock-up 가공 제품 사진으로 RP Mock-up 단점인 탄성력을 보완하여 ABS 재질 수지를 활용하여 QDM 가공으로 제작하였다. 총 5SET를 가공하였으며, 제작된 파트별 구성품은 아래 그림에 표기하였다.



Fig. 2-19 Prototype production(QDM Process part)

Fig. 2-20은 QDM 가공된 구성품을 활용하여 실제 적용되는 LC Duplex 어댑터와 커넥터를 활용하여 조립된 방수형 특수 광커넥터 이미지이다.

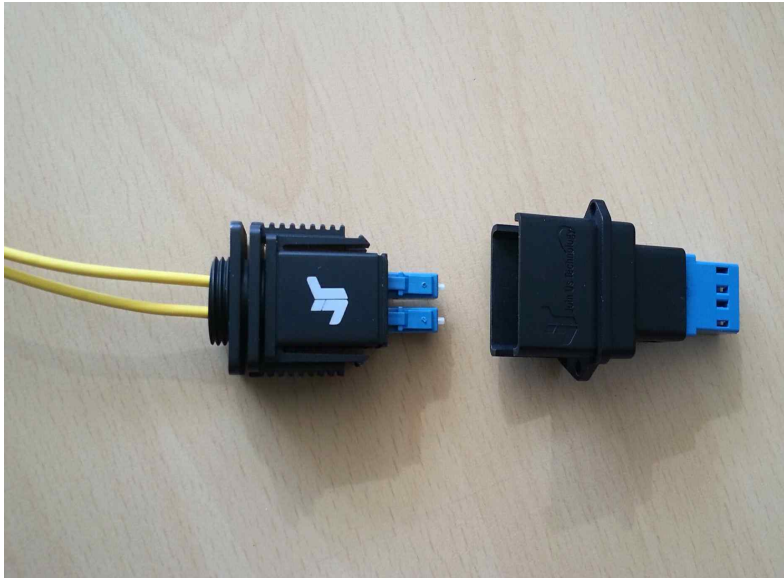


Fig. 2-20 Prototype production(QDM Process A'ssy)

Push-Button 타입의 방수형 광커넥터의 시제품 테스트 결과 현장에서의 조립 오류 최소화를 위해 커넥터 상하면의 유도 삽입용 가이드를 추가 설계하였으며, A-B 등 내부 삽입형 LC 광커넥터와 방향을 고려하여 추가하였다.

최종 시제품은 진공주형을 통해 30 SET 가공하였으며, 재질은 ABS, 가공 후 블랙 도장을 실시하였다. 또한 그동안 제작하지 않았던 고무 실링 또한 제작하여 실증 테스트를 추진하였다.

Fig. 2-21은 제작된 Mock-up를 활용하여 LC Duplex 광커넥터와 어댑터를 삽입하여 조립하기 위한 예시도로 각각의 부품의 공차와 체결 상태를 확인하였다. 체결 부품들의 위치를 표기 하였으며, 조립 순서에 따른 부품 결합으로 체결 상태를 확인하였다.



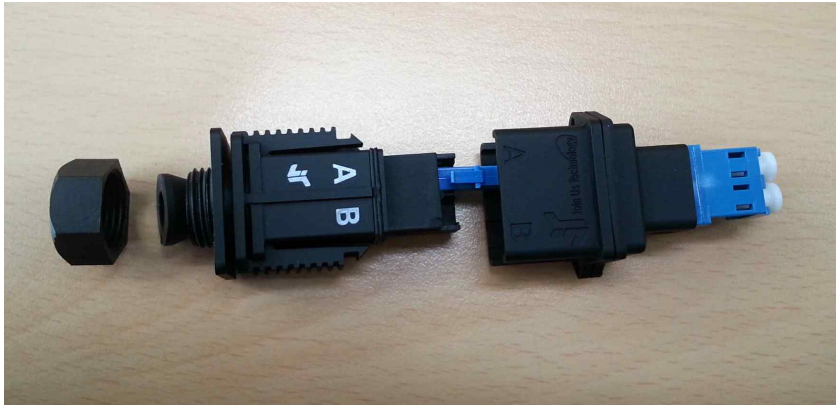


Fig. 2-21 Prototype production of Push-Lock Renewal type(Disjunction)

Fig. 2-22는 위의 조립 순에 따른 각 파트들의 결합이 완료된 상태의 결합 이미지이다. 각 파트들의 결합 상태는 매우 양호하였으며, 어댑터와 커넥터 사이의 방수 구조 또한 고무재질의 실링으로 마감하였으며, 커넥터 하단의 광케이블 배출 후 홀 고무부싱으로 가이드 하였으며, 홀 너트로 마감하였다.



Fig. 2-22 Prototype production of Push-Lock Renewal type(Junction)

(5) Push-pull 방수형 커넥터 설계 및 제작

1차와 2차 방수형 커넥터의 설계의 보완을 통해 최종적으로 Push-pull 타입의 방수형 커넥터 설계 및 시제품 제작을 추진하였다. 1차 제품의 경우 방수 및 방진을 위한 구조에서 미비점이 발견되었으며, 2차 제품의 경우 소형화 추진에 있어 기존 제품 대비 사이즈의 축소가 어려운 구조여서 현장에서 사용되고 있는 기존 제품을 대체하기 어려움이 있었다.

Fig. 2-23는 2회의 설계변경을 통해 최종 완성된 특수 광커넥터 A'ssy이다. 광케이블의 상하단 연결 구조로 설계하였으며, 상하단 모두 특수 광커넥터로 연결하여 스위치박스과 체결하는 구조로 제작하였다. 기존 Harting사 제품의 역설계 버전의 Mock-up 및 진공주형을 통한 시제품으로, 각각 부품의 가공 후 최종 조립된 사진이다. 재질은 ABS 수지로 제작하였으며, 내부 실링을 위해 사용되는 3종의 고무링은 기존 제품의 부품을 호환하여 사용하였다. 이에 총 제작된 파트는 5개 파트(어댑터, 커넥터 하우징, 고정 가이드 상하, Dust Cap)로 제작하였다. 각각의 파트별 Mock-up 및 제품별 조립의 상태는 양호하였으며, 아래 그림에 파트별 구성 및 조립성을 나타내었다.



Fig. 2-23 Prototype production of QDM process

Fig. 2-24은 특수 광커넥터의 주요 부품들을 표기한 그림으로 고정 가이드의 경우 상용 SC Duplex 광커넥터를 고정하는 부품이며, 어댑터 하우징은 SC 어댑터의 고정, 광커넥터 하우징을 고정 가이드와 SC 커넥터가 체결된 부품을 결합하는 부품이며, Dust CAP은 어댑터 하우징의 빈 체결 상태의 외부 오염을 방지하는 부품이다.



Fig. 2-24 Prototype production of QDM Part

Fig. 2-25은 제작된 특수 광커넥터의 최종 결합 상태와 분리 상태의 이미지이다. QDM 가공 제품이지만 바로 현장에서 사용이 가능한 수준으로 제작하였다. 현장에서의 실증을 거친 후 일부 디자인 수정 후 최종품 제작을 추진하였다.



Fig. 2-25 Prototype production of QDM A'ssy(Juction)

Fig. 2-26은 QDM 가공 샘플을 활용하여 실제 적용된 LC 커넥터와 어댑터를 삽입하여 조립성을 확인하였다. 단품별 조립성에 있어 재질의 수축성을 고려하여 일부 수정 포인트를 확인하였다.

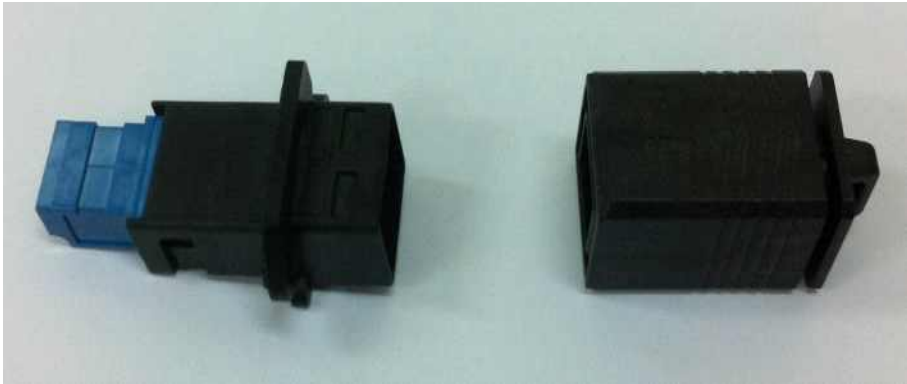


Fig. 2-26 Prototype production of QDM A'ssy(Disjuction)

(6) Protected optics 커넥터 설계

Protected optics 방수커넥터는 작업 환경 개선을 위한 기존 설계된 Push-pull 타입의 체결 방식을 고수하였으며, 다수의 체결과 분리에서도 내구성 향상을 기대하기 위해 ABS재질에서 메탈 재질로 제작하여 내구성을 높이고 옥외 환경에의 신뢰성을 향상하였다.

본 제품의 경우 가혹한 옥외 환경에서의 사용을 위해 기존 IP67 등급보다 우수한 IP68 등급을 만족하기 위한 설계와 재료를 선택하였다. 외부 어댑터와 커넥터 탈착시, 내부 LC 커넥터가 동시에 탈착 되도록 설계하여 운용자의 편리성을 향상시켰다. Fig. 2-27와 Fig. 2-28는 신규 설계된 3D 모델링 파일과 체결 구조를 나타내었다.

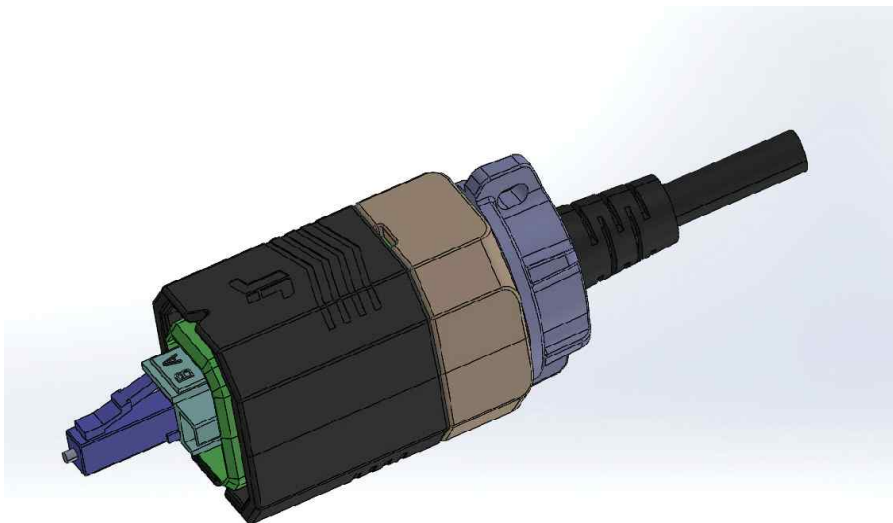


Fig. 2-27 3D modeling of protected optics a'ssy

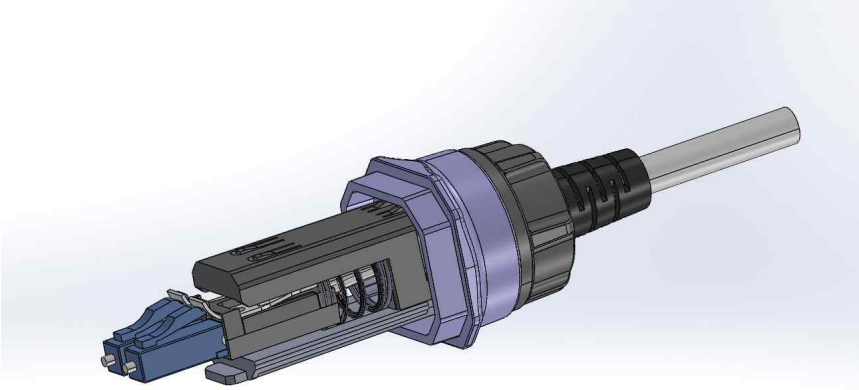


Fig. 2-28 3D modeling of protected optics structure

Fig. 2-29는 최종 설계된 Protected optics 커넥터이다. 기존의 Push-Pull 타입 보다 부하가 많이 걸리는 곳에 사용되는 커넥터로 동일한 SC Duplex 광커넥터를 삽입한 구조로 설계하였다.

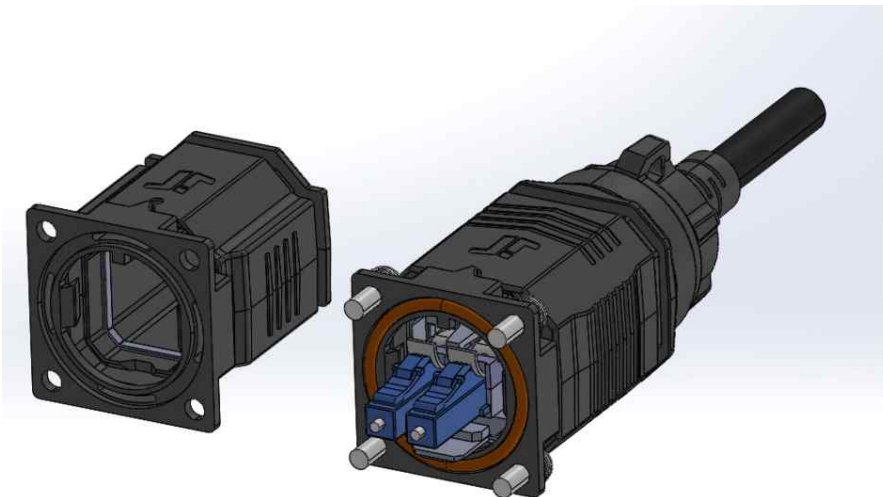


Fig. 2-29 3D modeling of protected optics(Final)

### 3. LC Quadplex 방수커넥터

#### 가. LC Quadplex 방수커넥터 설계 및 FEM 해석

##### (1) Bayonet type 방수형 커넥터

Fig. 2-30에서와 같이 상용 3D 설계 프로그램을 활용하여 LC Quadplex adaptor 개념 설계를 진행하였으며, 기존 Duplex 제품과는 차별된 Bayonet Type의 체결 구조를 반영하였다. 방수커넥터에 적용되는 케이블의 종류에 따라 유격 조절이 가능한 공차를 삽입하였으며, 전체 길이는 제품의 조립성을 고려하여 100mm 이내의 사이즈로 설계를 진행하였다.

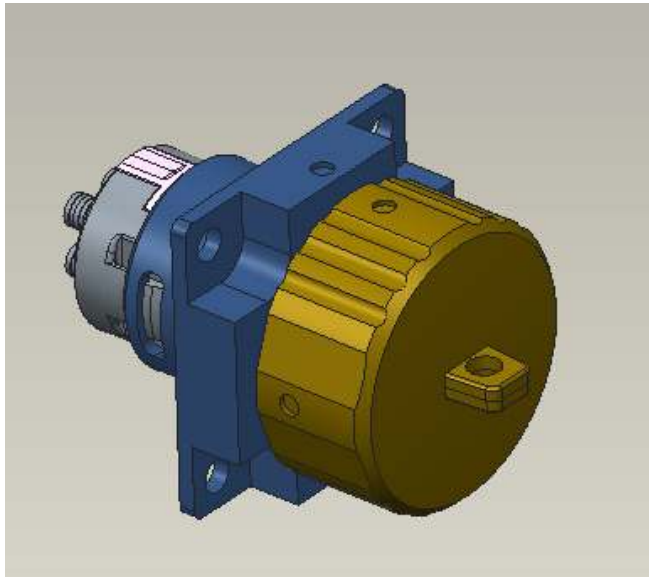


Fig. 2-30 3D modeling of LC Quadplex adaptor

Fig. 2-31은 설계된 방수커넥터 메인 바디와 Dust cap이 결합된 이미지이다. 설계 파트별 부품들의 결합성의 검토를 위해 파트별 부품들은 3D 상용 프로그램을 활용하여 조립 과정을 통해 공차를 확인하였다.

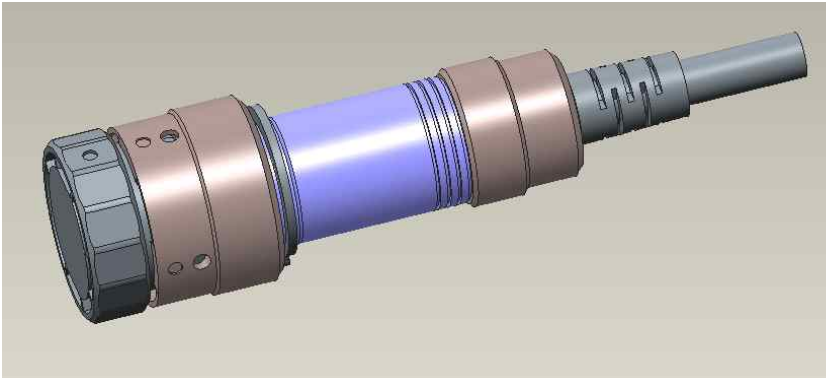


Fig. 2-31 3D modeling of LC Quadplex part

Fig. 2-32은 설계된 LC Quadplex 방수 특수 커넥터와 실제 연결이 되는 어댑터와의 결합 공정을 확인하기 위해 결합 상태를 확인하였다. 이를 통해 실제 Mock-up 과정을 추진하였다.

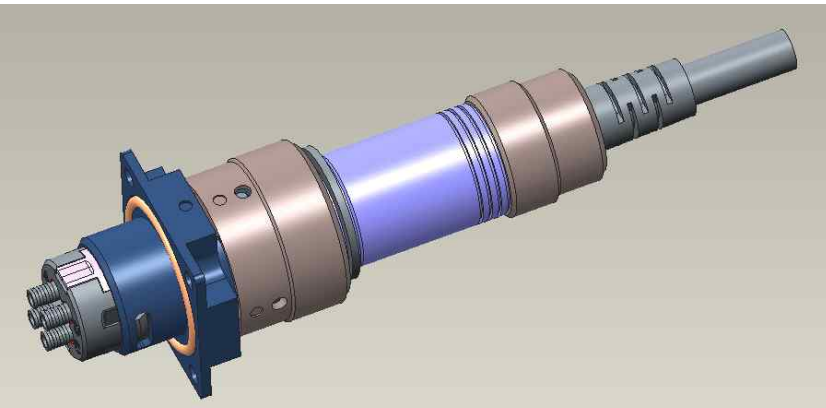


Fig. 2-32 3D modeling of LC Quadplex a'ssy



Fig. 2-33은 설계된 LC Quadplex 방수형 특수 광커넥터와 어댑터와의 결합시 발생될 수 있는 간섭부를 확인하기 위해 주요 시점을 section를 통해 간섭부를 확인하였다. 3D 설계 프로그램상의 Section에서는 간섭부가 확인되지 않았다. 이를 기반으로 Mock-up과 QDM 가공을 추진하였다.

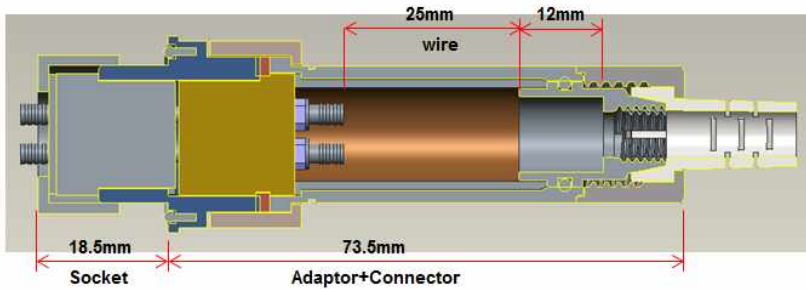


Fig. 2-33 3D modeling of LC Quadplex(section)

개발 초기 LC Quad Type으로 구조 설계를 진행하였으나, 제품의 크기가 커지고 사업화 측면에서 불리한 점과 시장 요구사항을 반영하여 최종 LC Quad Ferrule Type으로 개발을 진행하기로 변경하였다. Fig. 2-34는 위에 설계된 컨셉을 기반으로 Quad Ferrule만을 활용하여 광통신 연결 커넥터와 어댑터의 양산 컨셉으로 수정하여 1차 설계를 변경한 이미지이다. Fig. 2-35는 1차 설계를 변경한 파일에서 어댑터와 커넥터의 연결 상태의 안정성 강화를 위해 체결 구조에 있어 Screw Type의 운용성을 개선한 Bayonet Type으로 설계를 변경하였다.

또한 국내외 출시되고 있는 제품을 검토를 통해 체결 방식에 있어 보다 안정적인 구조를 적용 하였으며, 커넥터 파트별 조립성 향상과 LC 커넥터와 연결되는 어댑터 Lock 고리의 직접적 해제 button 구조를 적용하였다.

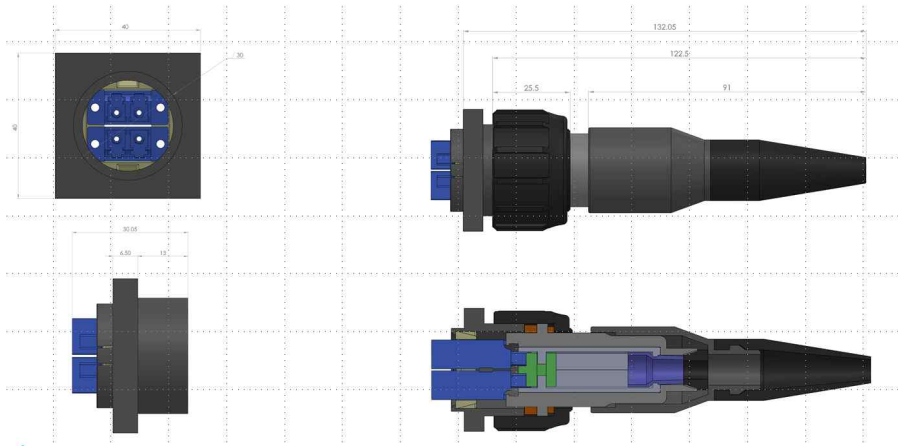


Fig. 2-34 3D modeling of LC Quadplex(a'ssy review1)

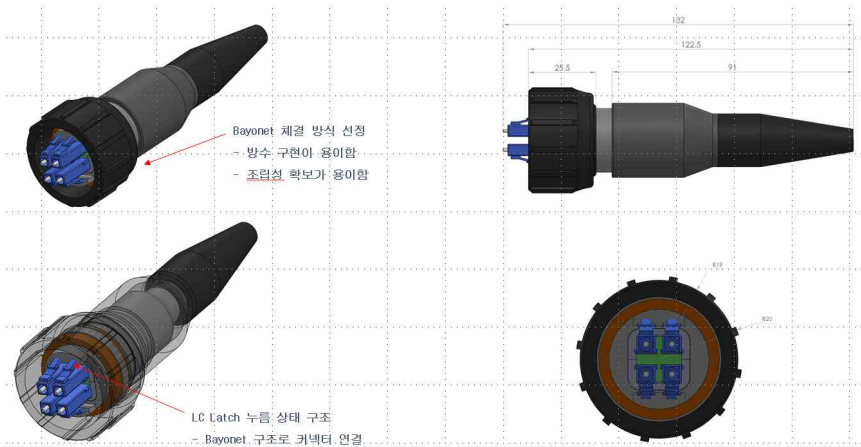


Fig. 2-35 3D modeling of LC Quadplex(a'ssy review2)

방수커넥터(LC Quadplex) 인장력 FEM 해석은 3D 설계파일을 활용하여 상용 FEM 해석 프로그램인 ANSYS 14.5(Workbench)에서 Static Structural 상태에서 커넥터 고정부와 케이블 연결부 양단 100N의 인장력을 부여하였다<sup>(7)</sup>.

Fig. 2-36는 3D 설계 DATA를 ANSYS 프로그램에 Import된 이미지이며, 3D 데이터의 확장명은 .STP로 지정하였으며, 아래의 그림은 상용 해석 프로그램인 ANSYS를 활용하여 Model Import 이미지이다.

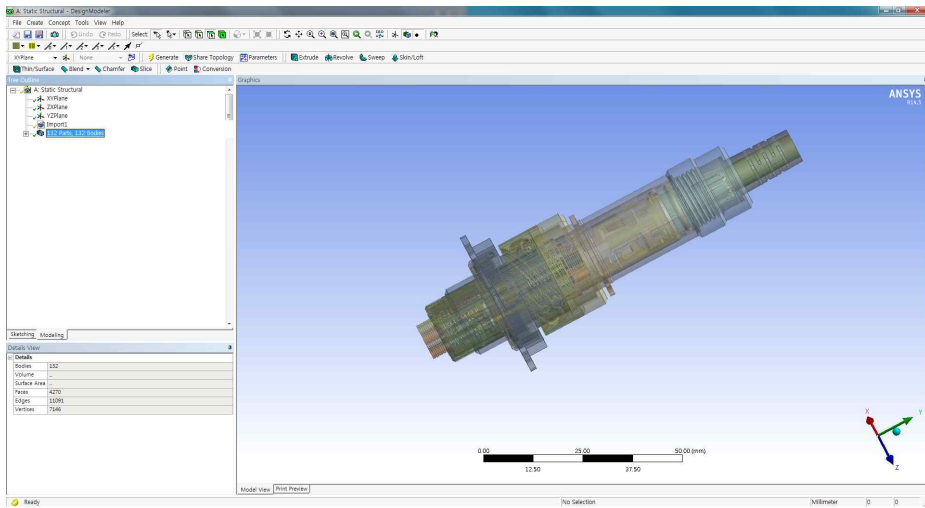


Fig. 2-36 FEM Analysis of LC Quadplex(model import)

FEM 해석을 위한 메쉬 제네레이션은 ANSYS 프로그램의 AUTO Mesh Tool를 사용하였으며, Fig. 2-37 ANSYS 프로그램에서 Mesh Generation 결과 그림이다.

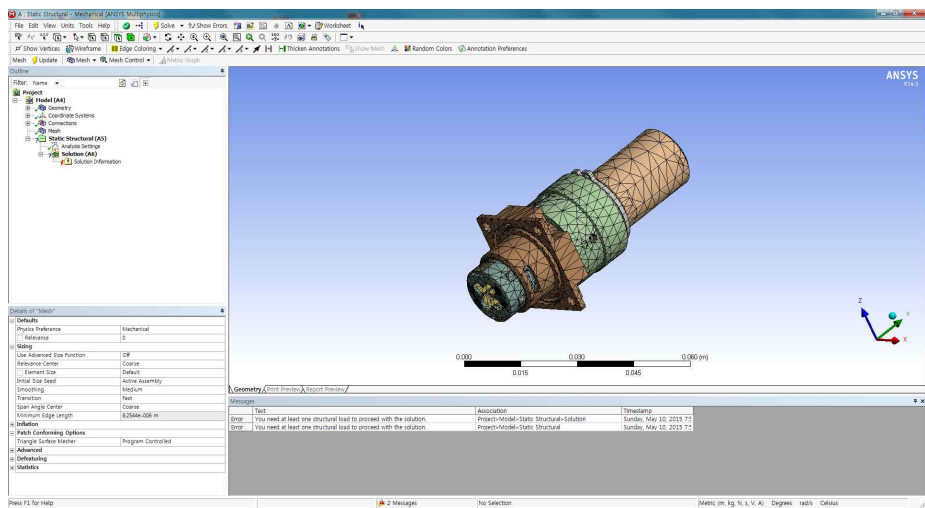


Fig. 2-37 FEM Analysis of LC Quadplex(meshing)

Fig. 2-38은 해석을 위한 경계조건으로는 커넥터 조립 끝단의 100N의 인장력을 인가하였으며, 커넥터가 실조립되어 광폐물이 접촉하는 부분을 고정파트로 지정하였다.

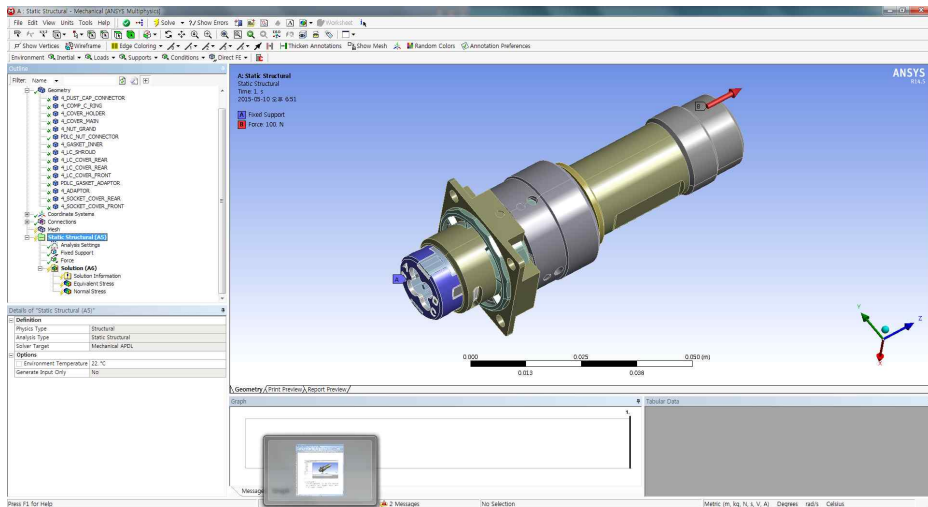


Fig.2-38 FEM Analysis of LC Quadplex(Boundary condition)

Fig. 2-39는 방수형 광커넥터의 인장 해석결과를 나타내었으며, 해석결과 가장 부하가 많이 걸리는 파트는 어댑터와 하우징 연결부와 어댑터와 LC 소켓 파트였다. 이 부분의 최대 부하는  $10,000 \text{ pa}(\text{N}^2/\text{mm}^2)$ 이다. 이러한 결과는 하단부의 부하가 100N의 인장력을 부여하지만, 각 파트의 연결부의 단위면적의 저감으로 최대 로드가 인가되는 걸 확인 할 수 있었다.

또한, 해석결과 커넥터 하우징 리어파트의 변형이 일부 있었지만, 부품이 고정되는 어댑터와 가장 중요한 파트인 Quad LC 소켓의 변형은 없었다. 이는 설계 단계에서 파트별 두께와 재료 선정에 매우 중요한 정보로 활용 될 것이다.

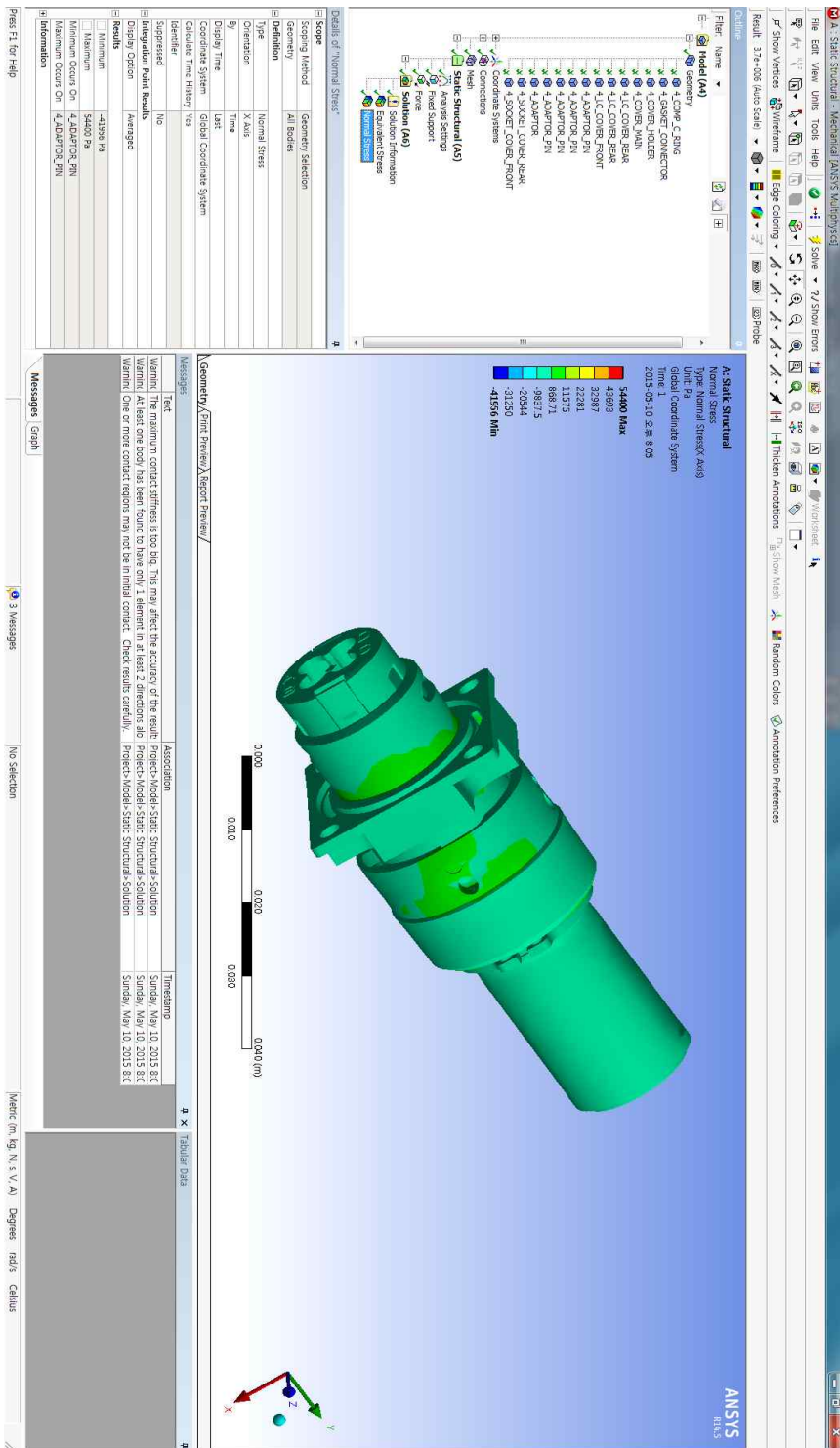


Fig. 2-39 FEM Analysis of LC Quadplex(result)

Fig. 2-40과 Fig. 2-41은 해석 결과를 기반으로 설계 데이터와 가공성을 고려하여 LC Quadplex 방수커넥터를 제작한 이미지이다. QDM 가공 단계에서 조립 공정을 가상하여 일부 설계 도면을 수정하였다. 아래의 그림은 최종 설계 도면을 활용하여 제작된 시제품의 이미지이다.



Fig. 2-40 Prototype production of LC Quadplex



Fig. 2-41 Prototype production of LC Quadplex(a'ssy)

## 4. 양산형 방수커넥터 설계 최적화

### 가. LC Duplex 방수커넥터 설계 최적화

설계된 LC Duplex 방수커넥터의 제품 양산 시 고효율 및 저 불량율을 만족하기 위해 부품별 설계 변경 진행하였다. Fig. 2-42와 같이 실런더와 슈라우더, LC 커넥터를 고정하는 Latch부의 내구성 향상을 위해 높이 수정 및 살붙임을 진행하였다.

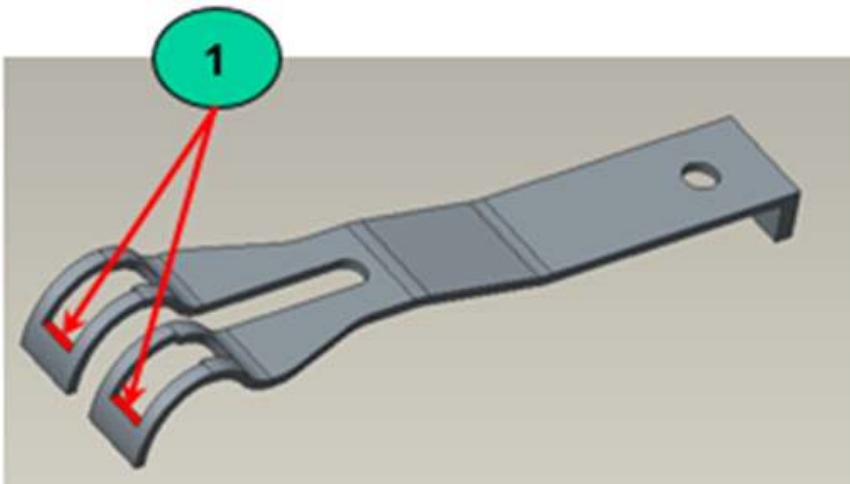


Fig. 2-42 Modification of latch pull

또한, 잦은 체결에서의 Locking 구조의 체결성을 향상시키기 위해 Fig. 2-43과 같이 Hook부의 두께를 기존 대비 0.1mm 향상을 진행하였다. 이를 다수의 체결 과정에 있어 Hook부의 두께 감소에 따른 체결 유지력 향상을 위해 추진하였으며, 실제 적용시의 체결력 증대와 결속력의 증대를 유도하였다.

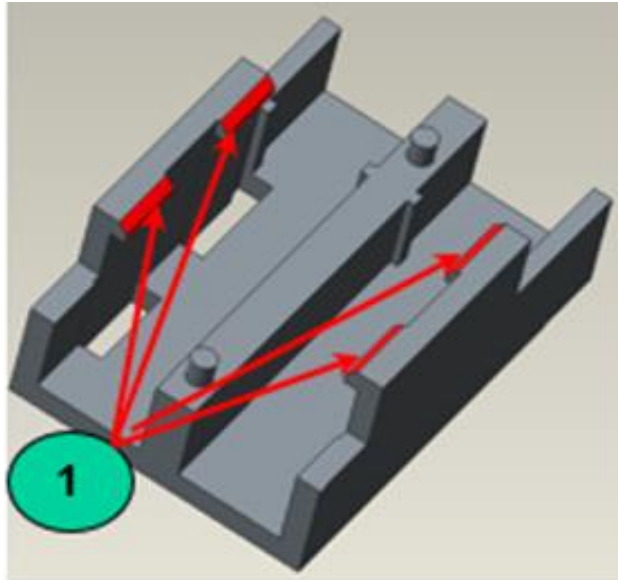


Fig. 2-43 Modification of shroud bottom

내부 결속되는 LC 커넥터와 어댑터 결속을 위한 가이드부의 공차를 확대하여 타사의 LC 커넥터와의 호환성 향상을 위해 Fig. 2-44와 같이 기존 6mm에서 6.5mm로 변경하였다.

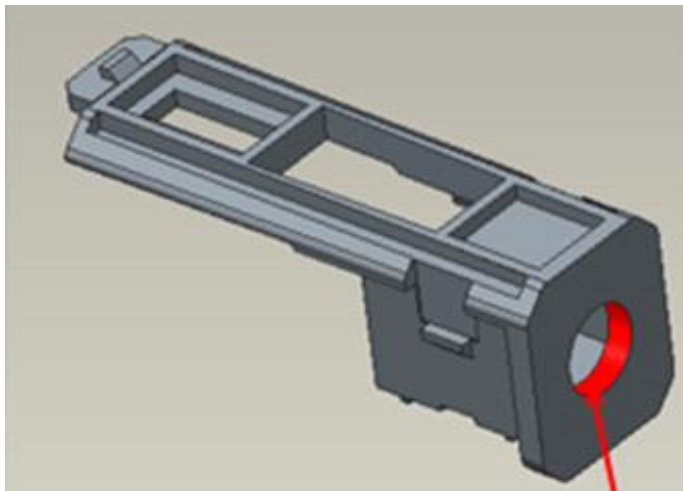


Fig. 2-44 Modification of cylinder bottom



또한, 내부 삽입 LC 커넥터의 좌우 치우침을 방지하기 위해 상단에서의 결속력을 향상시키기 위해 Fig. 2-45와 같이 상단부에 Rib를 추가하였다.

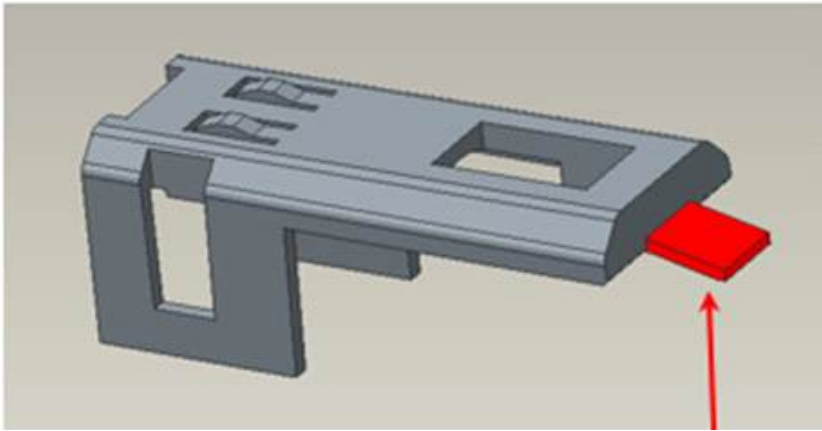


Fig. 2-45 Modification of cylinder top

개발품의 부품을 제작하여 조립 과정 중 Latch Pull이 뒤로 벗겨지는 현상이 발생되어 Fig. 2-46의 1-1과 같이 커넥터 shroud에 Latch Pull를 보호하고 밀림 현상을 해소하고자 고정 hook의 형상을 추가하였다. 또한, 커넥터 탈착시 Latch 누르는 힘이 부드러워지 못함에 따라 Fig. 2-46의 2-1부의 길이를 축소하여 변형 구간을 향상시켰으며, Fig. 2-46의 2-2부 hook의 결속 위치를 앞단으로 이동시켜 하단으로 눌러는 거리와 힘을 줄여 사용자의 편의를 제공하였다.

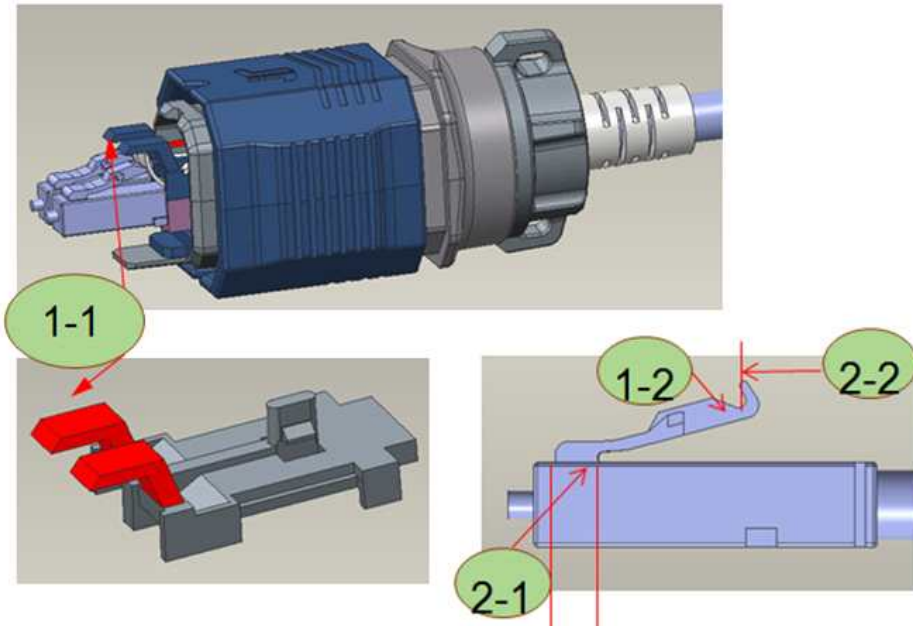


Fig. 2-46 Modification of connector shroud

또한, Connector Cable 부분이 SFP에 닿아 불량 발생 가능성이 야기되어 Fig. 2-47과 같이 Adaptor의 길이를 5mm 늘려서 Inner Housing에 Adaptor에 삽입 후 Connector가 SFP에 체결되도록 설계를 변경하였다.

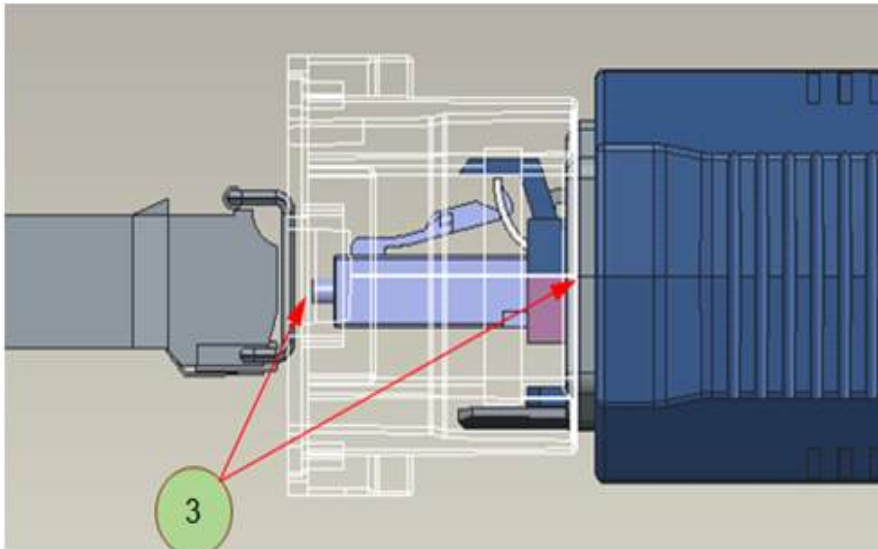


Fig. 2-47 Modification of adapter housing

최소 200회 이상의 커넥터 탈착 시험을 통과해야 되는 내구성을 확보해야 되는 개발품의 성능상 초기 설계시 커넥터의 좌/우, 상/하로 움직임에 따라 Hook 자주 이탈되었다. 이를 해결하기 위해 Fig. 2-48과 같이 Adaptor와 Inner Housing 사이 측면 gap을 0.1mm로 유지하여 유동을 방지하였다.

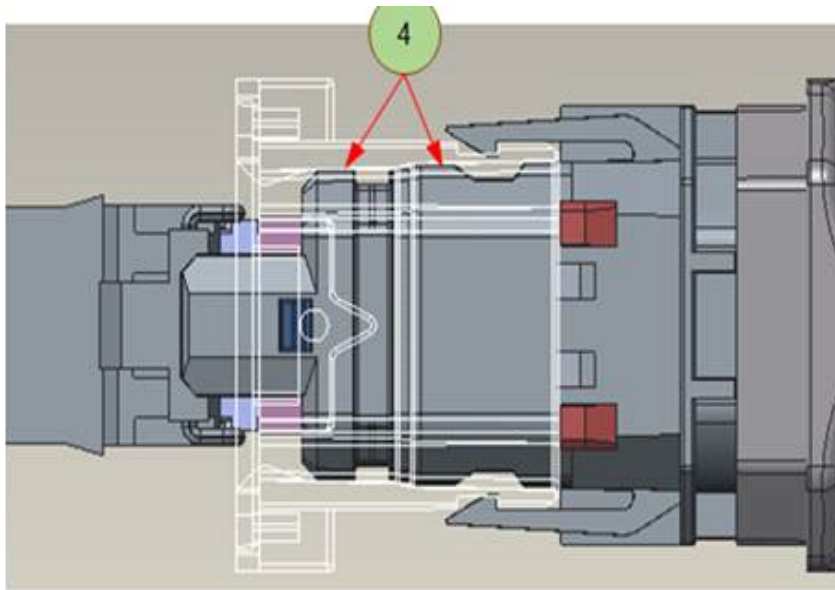


Fig. 2-48 Modification of connector housing

Connector 체결 시 일부 부품들의 내부에서 이탈되어 돌아다니는 것을 방지하기 위해 Fig. 2-49와 같이 Inner Housing의 앞부분을 더 길게 수정하였으며, Adaptor에 Rib을 추가하여 반대로 체결시 커넥터가 끝까지 결속이 되지 않게 하는 보호장치를 설계에 적용하였다.

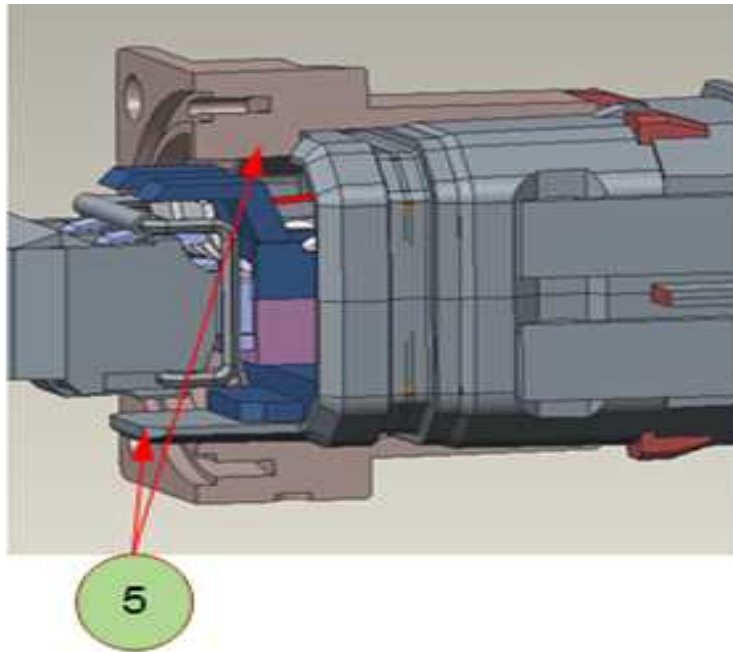


Fig. 2-49 Modification of adapter rib

## 나. LC Quadplex 방수커넥터 설계 최적화

LC Quadplex 커넥터의 경우 4ch의 광커넥터 설치에 따라 기존 2ch 광커넥터보다 가이드의 중요성이 부각되었다. Fig. 2-50은 4ch 광커넥터의 가이드의 일부분으로 Stopper가 후면으로 빠질 가능성이 야기되어 표시부 측당 0.2mm의 살붙임으로 커넥터 자체 삽입시 일정한 로드로 체결을 유지토록 설계를 변경하였다.

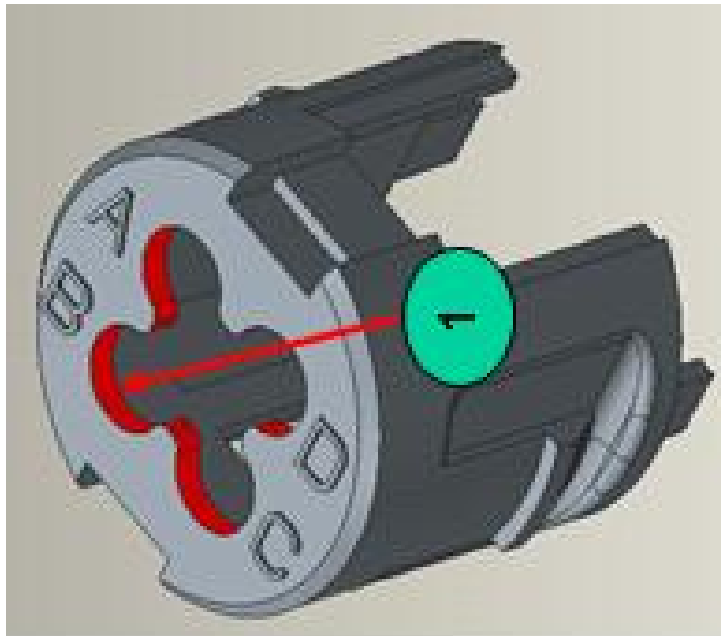


Fig. 2-50 Modification of inner socket

Inner socket 상단의 커넥터 삽입부 뿐만 아니라 후단의 고정부 또한 LC connector의 이탈을 방지하기 위해 Fig. 2-51와 같이 측당 0.2mm의 살을 붙여 LC 커넥터의 하단을 고정하였다.

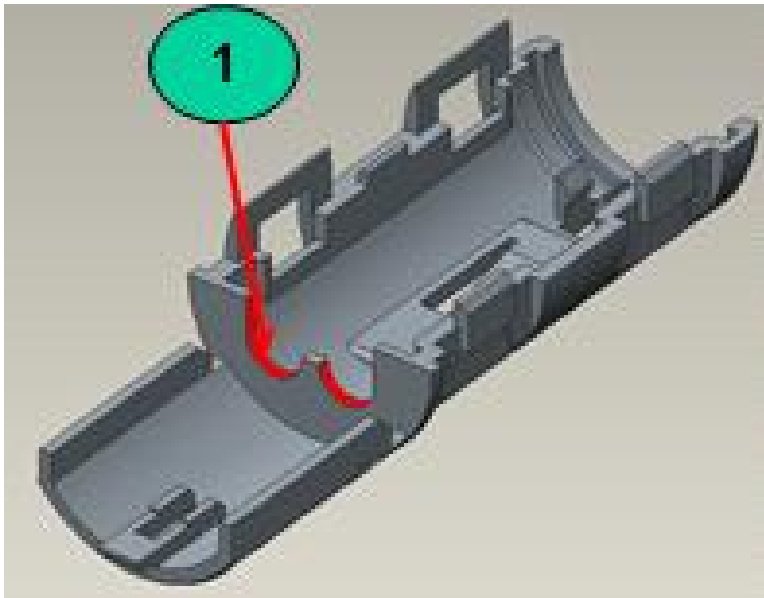


Fig. 2-51 Modification of rear cover

방수커넥터 조립 시 내부에 삽입되는 광케이블 하단의 리브상단에 결속되는 방수마운트 위치의 스크래치 발생으로 인한 조립 품질 향상을 위해 Fig. 2-52와 같이 shroud 하단의 케이블 고정 Hook를 제거하였다.

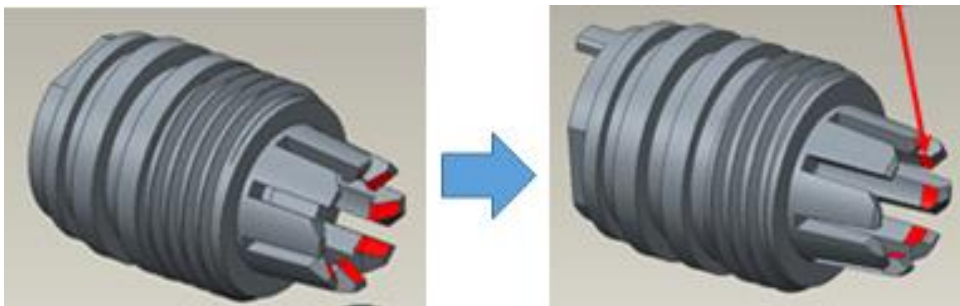


Fig. 2-52 Modification of shroud

조립시 케이블 스크래치 발생은 shroud 하단 hook 뿐만아니라 내부의 케이블 고정부의 표면 정도가 다소 거칠어 내부 스크래치를 야기하였다. 이에 Fig. 2-53과 같이 shroud 내부에 “C” 형상을 적용하여 케이블의 눌림 현상을 예방하였다.



Fig. 2-53 Modification of shroud C shape

Shroud hook부 수정으로 인해 내부 삽입 광케이블의 고정력이 다소 약화되어 케이블의 헐거워짐을 방지하기 위해 Fig. 2-54와 같이 하단 고정 nut grand의 두께를 향상시켜 케이블 체결력을 향상시켰다.





Fig. 2-54 Modification of nut grand

내부 하우징과 광 폐를 조립시 작업 환경 개선을 위해 Fig. 2-55와 같이 ferrule insulator stopper에 “C” 형상으로 수정하여 inner housing에 삽입이 용이하도록 설계를 변경하였다.

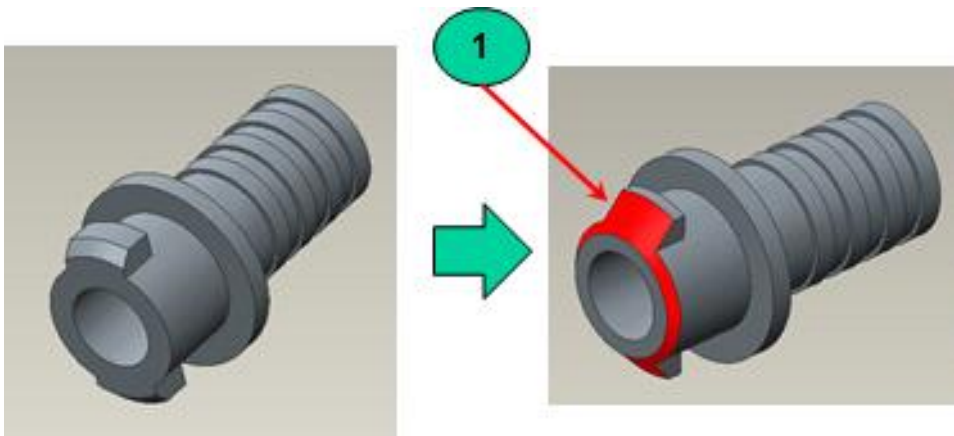


Fig. 2-55 Modification of ferrule insulator stopper

## 제3장 방수커넥터 성능평가 및 고찰

### 제1절 LC Duplex 방수커넥터 성능평가

#### 1. 통신성능 평가

방수형 특수 광케이블과 연결 후 장시간 사용에 따른 광통신 효율 성능 검증을 위해 테스트 베드를 아래와 같이 구성하였다. 테스트베드의 주요 구성품은 1X3의 테스트베드 구축용 커넥터 JIG와 조립체 3개/노트북/모니터/영상 데이터 전송장치(HDMI Interface)로 구성하였다. Fig. 3-1은 테스트베드 구축을 위한 설계 다이어그램이다.



Fig. 3-1 Design of integrated jig for test bed

장시간 사용에 따른 광통신 효율을 분석하기 위한 전송 데이터 테스트에서 거리별 통신 용량에 따른 전송 기준 수립을 위해 전송 방식은 HDMI 방식으로 변경을 하였으며, Optic SFP Transceiver는 Max. 10Gbps/Distance의 속도로 Max. 10Km까지 전송이 가능한 트랜시버를 사용하였다.

Fig. 3-2은 통신성능 확인을 위한 테스트베드 구성이미지 이다.

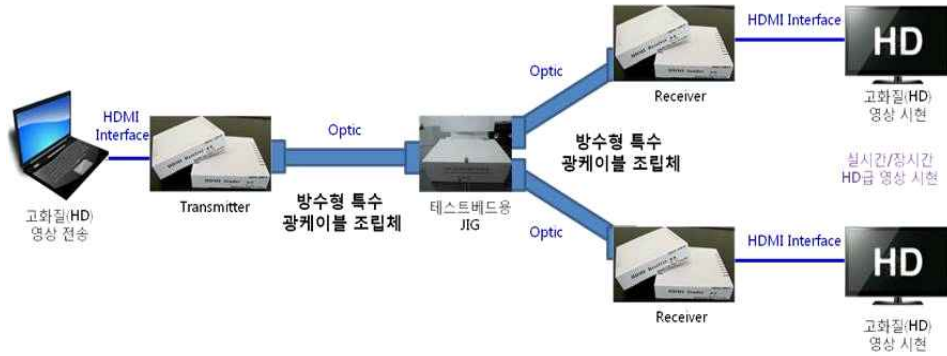


Fig. 3-2 Diagram of communication performance test bed

Fig. 3-3에서 구성된 테스트베드 시험에서 최소 1,000 이상의 시간에 대해 실시간 영상 전송 시험을 진행하여 검증하였다. 검증결과 1,000 이상에서도 통신성능에 이상이 없는 것으로 확인되었다.



Fig. 3-3 Result of communication performance test

## 2. 기구신뢰성 평가

### 가. 인장력 평가

인장력 시험은 개발된 특수 광커넥터의 설치 위치가 이동통신 기지국임에 따라 20M 높이 이상의 광케이블로 결속되어야 한다. 이때 발생하는 케이블 자체 무게 하중에 따른 내구성을 확보하기 위해 체결된 상태에서 케이블 양단의 로드를 부여하여 광케이블의 통신성능을 확인하였다.

Table 3-1은 인장시험을 위한 조건 내용으로 커넥터 상단과 하단 지그부 사이의 200N 인장력부 인가된 상태에서 1Min 간 유지하였다. 인장력이 인가되는 속도는 1N/sec로 제한하여 인장력을 인가하였다.

Table 3-1 Condition of tensile test

Power Meter - Wavelength	1310 & 1550 nm
Magnitude of Load (Max. Load)	200N
Duration of Load	1 min
Load Velocity	1N/Sec
Measurement	Before and after the test

Fig. 3-4은 인장 시험을 위한 기본 시험 장치 이미지로 인장시험에 주로 사용되는 복합 시험기를 이용하여 인장 시험을 진행하였다. 인장 시험 중에도 광원 소스를 활용하여 각각의 파장대의 광원을 인가하였으며, 각각 그때의 삽입 손실과 반사 손실을 측정하였다.

Fig. 3-5는 QDM 가공된 방수 커넥터의 체결부 아래 지지부의 별도 제작된 지그에 결속하여 복합시험기 상단으로 200N의 인장력을 부여하였다.



Fig. 3-4 Image of tensile test

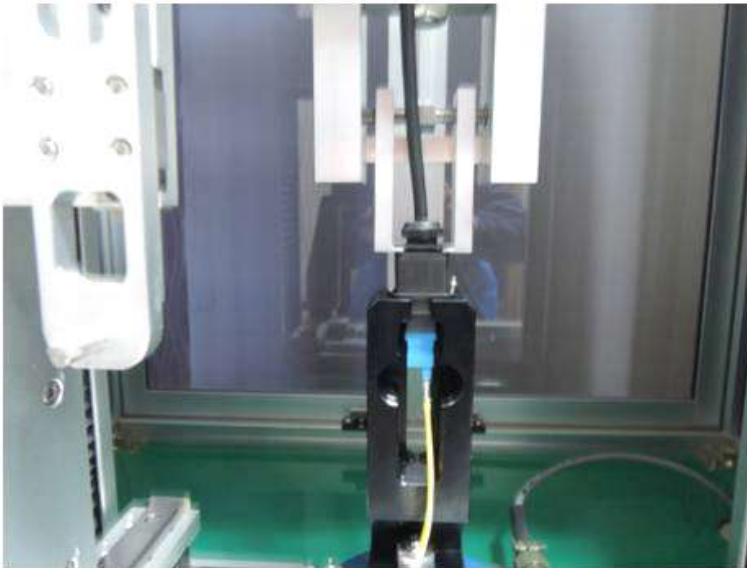


Fig. 3-5 Tensile test of sample

Fig. 3-6은 인장 시험기에 나타난 인장 하중에 대한 결과를 그래프로 나타낸 이미지이다. 인장시험 조건과 일치되는 하중 인가값과 유지 시간이 복합시험기 화면에 표시 되는 것을 확인하였다. 인장시험 결과 시험전의 삽입손실 측정값과 시험 이후의 삽입손실 측정값의 차이 비교하여 진행하였다.

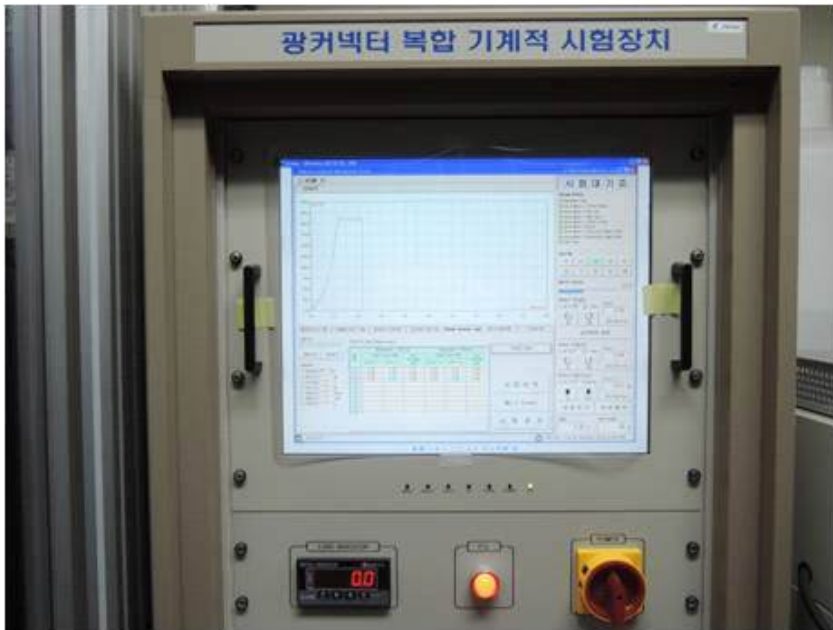


Fig. 3-6 Image of tensile test result

Fig. 3-7은 인장 시험기에 나타난 인장 하중에 대한 결과를 그래프로 나타낸 이미지이다. Fig. 3-6의 복합시험기 내 화면과 동일한 조건으로 시험이 진행되는 것으로 재확인하였다.

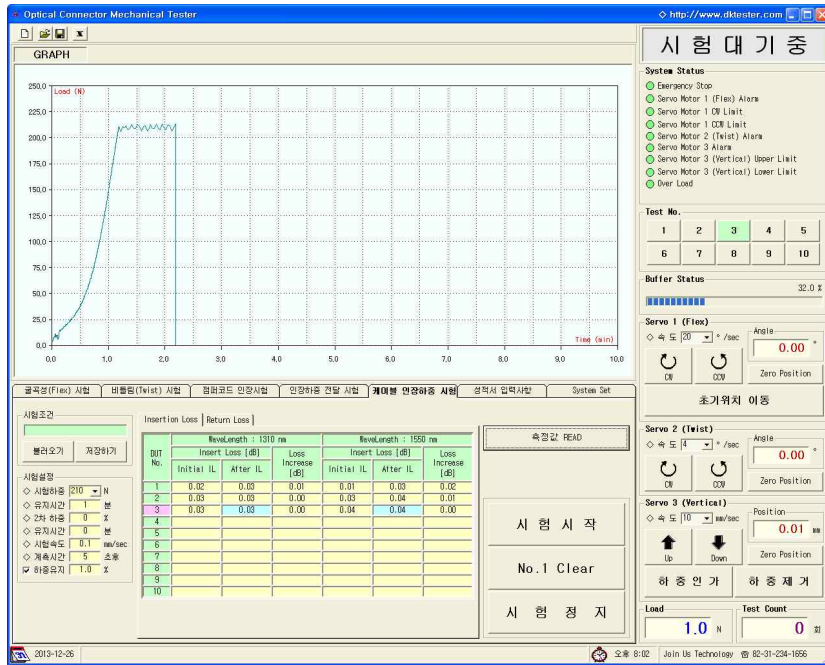


Fig. 3-7 Graph of tensile test

기존 상용품의 광케이블 양산품의 스펙을 분석한 결과 커넥터와 어댑터 간 인장력 시험 결과 최소 200N 이상의 하중을 만족하여야 한다. 본 논문에서 설계 제작된 방수형 특수 광케이블 조립체 인장력 시험 결과 최소 200N 이상 만족하는 시료에 대해서 인장력에 따른 통신 성능을 확인하였다. Table 3-2는 인장력 시험 결과에 관한 기록표로 광통신 평가에서 주로 사용되는 1310 & 1550nm의 두가지 파장을 활용하여 각각의 삽입손실을 측정하였다. 측정결과 시험 전후 결과값 변동에 있어 0.02~0.03dB 수준으로 적용되는데는 문제 되지 않은 수치를 확인하였다. 또한, 육안 검사 결과 인장 시험중에 부품의 손상이 없는 것을 확인하였다.

Table 3-2 Result of tensile test

No.	Wavelength : 1310nm			Wavelength : 1550nm			Visible Inspection after Test	Result
	Insertion Loss(dB)		Loss Increase (dB)	Insertion Loss(dB)		Loss Increase (dB)		
	Before Test	After Test		Before Test	After Test			
1	0.31	0.34	0.03	0.34	0.36	0.02	No damage	Pass
2	0.33	0.35	0.02	0.35	0.37	0.02	No damage	Pass
3	0.36	0.37	0.01	0.34	0.37	0.03	No damage	Pass

인장 테스트 진행을 통해 케이블의 단락 여부를 확인하였으며, 본 설계로 최종 조립된 방수형 광커넥터로 인장력 테스트를 진행하였다. 테스트 결과 90% 이상의 제품에서 모두 양호한 결과를 확인하였으며, 10%의 정도의 테스트를 통과하지 못한 제품은 간이 진공주형에서 오는 사출물의 수축과 변형으로 테스트를 통과하지 못한 것으로 판단되며, 이 또한 최종 양산품 생산을 위한 금형 설계 과정에서 최종 고려해야 되며 이러한 문제점으로 발생될 수 있는 예상 불량 발생율을 1% 미만으로 판단된다.

인장테스트를 위한 커넥터 연결용 Jig 제작은 방수형 특수 광커넥터 및 어댑터 간 인장력 조건은 최소 200N 이상, 경쟁사 제품인 Harting사 제품과의 동등 이상의 성능 검증을 위한 Telcordia GR-326-Core, Telcordia GR-1221-Core 만족과 커넥터 Kit 평가용 JIG 가공 정밀도는  $\pm 1\sim 2\text{mm}$  수준으로 제작하였다.



Fig 3-8은 제작된 인장시험용 지그와 커넥터가 연결된 이미지로 특수 커넥터에서의 가장 취약한 위치에 Jig를 연결하였으며, 하단은 광스위치 박스에 어댑터가 연결되는 위치로 bolt 체결을 진행하였다.

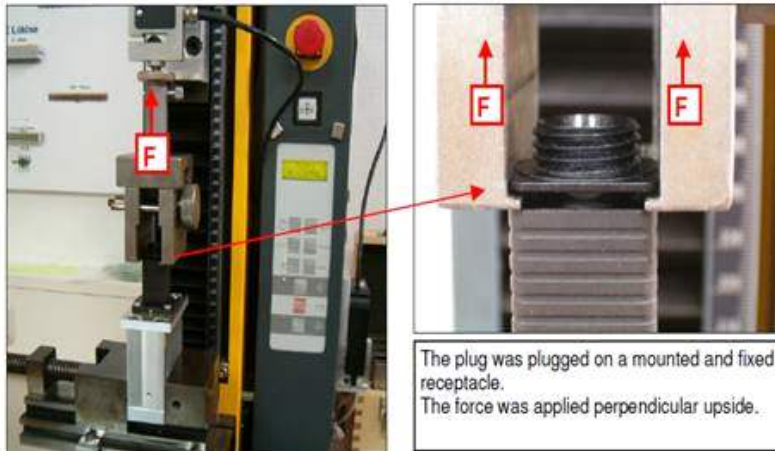


Fig. 3-8 Production of tensile test jig

Fig. 3-9는 제작된 인장 시험 지그와 광 커넥터의 체결된 이미지로 광커넥터 하단의 돌출부를 인장시험 지그에 결속하였다.



Fig. 3-9 Tensile test jig(assembly)

Fig. 3-10은 제작된 인장 시험 지그와 광 커넥터의 체결된 시험편을 인장시험에 세팅한 이미지 이다. 이후 200N의 인장력을 부여하였다.



Fig. 3-10 Tensile test equipment

Fig. 3-11은 인장시험 결과 그래프이다. 상향복점과 하향복점을 나타내고 있으며 개발품과 상용 제품인 H사와의 제품의 인장 테스트 결과가 유사하게 나타났다.

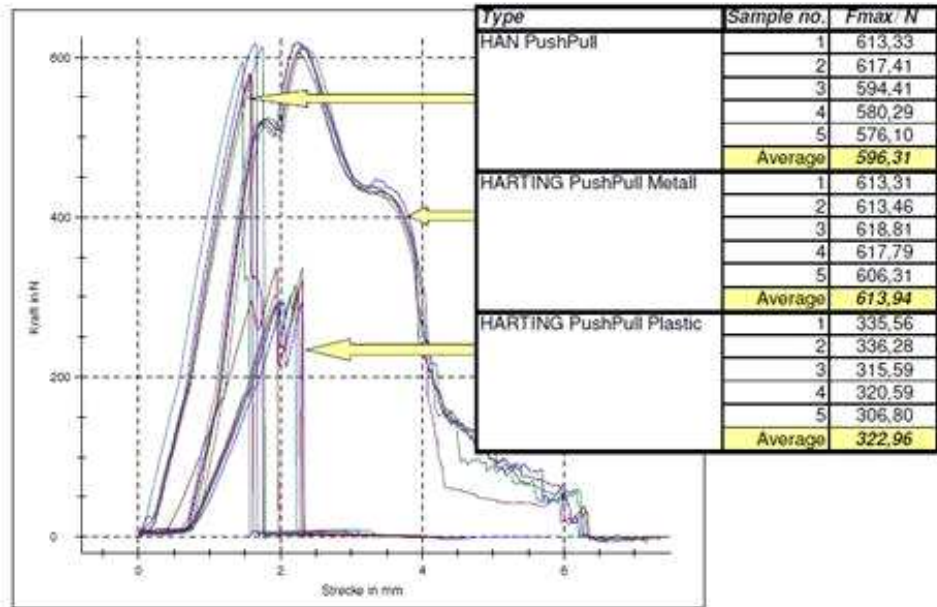


Fig. 3-11 Result of tensile test

#### 나. 온도 사이클 시험

광커넥터의 경우, 고온에서의 통신 성능 안정성이 매우 중요한 요소임에 따라 본 광커넥터 또한 온도사이클 시험을 진행하였다. 온도 사이클 테스트는 외부 온도 변화에 따른 광케이블의 상변화에 따른 손실 값을 측정하는 것으로,  $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 의 온도 변화환경 중의 광케이블의 손실값을 측정하는 테스트이다.

온도 사이클 테스트의 중요성은 방수형 광케이블의 옥외설치 환경에 따라 외부 환경 변화에 대한 신뢰성을 확보해야 하며, 기지국 설치 환경의 특성상 산의 꼭대기 등 설치 환경의 온도 변화가 심한 곳에 설치됨에 따라 온도사이클 테스트는 가장 기본적인 테스트이다.

Table 3-3은 온도 사이클 시험에 대한 조건을 표기하였으며, 1310 & 1550nm 파장을 인가 한 후  $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$  까지 온도 변화를 21번의 사이클 테스트를 진행하였다. 이러한 조건은 기존의 상용품에서도 가장 주력으로 보는 내구성 테스트로 광통신의 특성상 온도 조건에서의 통신 내구성을 확보하기 위해 온도 사이클 시험을 진행하였다.

Table 3-3 Condition of temp. cycle test

Power Meter - Wavelength	1310 & 1550 nm
Requirement	$-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ , 21 Cycles Measurements before and after test $\Delta A \leq 0.3 \text{ dB}$
Measurement	Before and after the test

Fig. 3-12은 온도 사이클 시험의 구성도를 나타내었다. 방수 커넥터와 시험 지그는 항온항습기 내에서 온도변화에 대한 내구성을 시험하였으며, 외부에 설치된 계측기에서 손실값을 측정하였다.

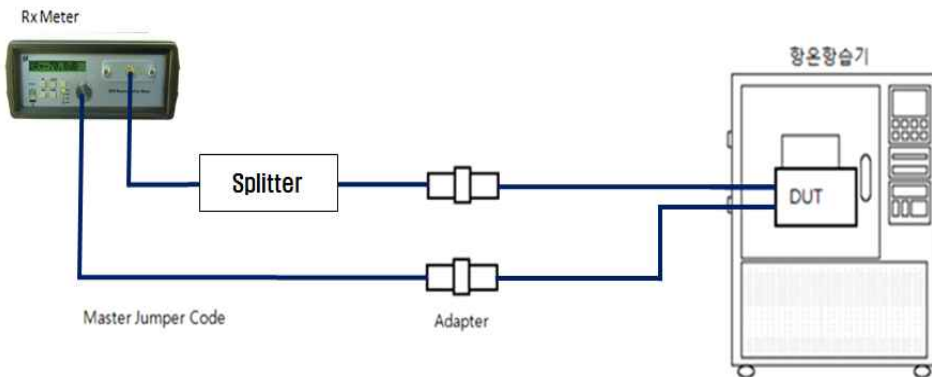


Fig. 3-12 Structure of temp. cycle test

Fig. 3-13은 온도 사이클 테스트의 조건을 도식화하였으며, 상온에서 시험을 진행하여 +85℃까지 상승하였으며, 다시 냉각하여 -40℃까지 1Cycle에 8시간을 주기로 하강하였다. 이러한 조건으로 21 Cycle 진행하였다.

▣ Cycle 그래프

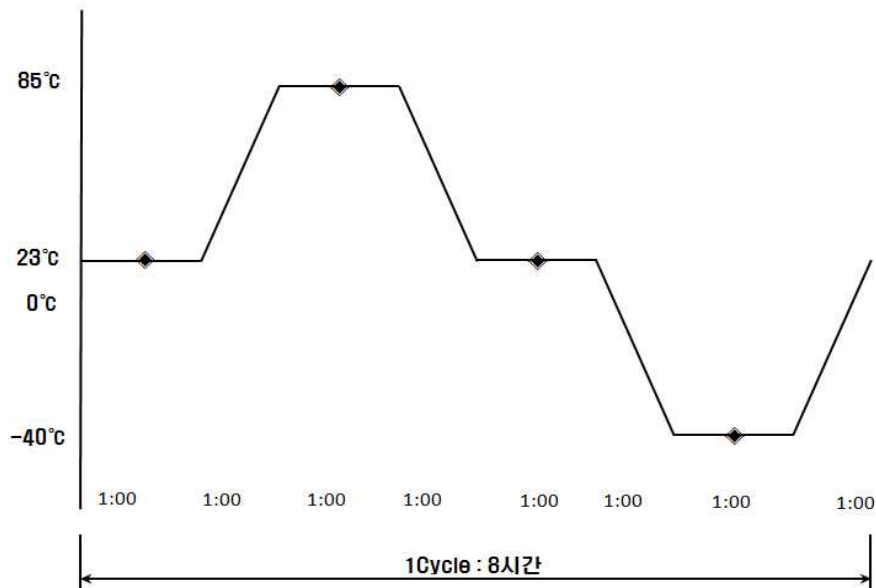


Fig. 3-13 Graph of temp. cycle test

Fig. 3-14은 온도 사이클 시험을 위한 항온항습 챔버의 기본 세팅 이미지로 항온항습기 내부에 시제작된 방수형 특수 광커넥터를 배치하였으며, 챔버 외부에 광계측기를 배치하여 온도 사이클 시험 중의 각 파장에 대한 삽입 손실 값을 측정하였다<sup>(21)</sup>.

Fig. 3-15은 온도 사이클 시험의 항온항습기 내부의 방수커넥터와 광계측기에서 오는 메인 광커넥터와의 연결된 상태를 나타낸 이미지이다.



Fig. 3-14 Setting of temp. cycle test



Fig. 3-15 Inside image of temp. cycle test chamber

Fig. 3-16은 온도사이클 시험 중에 실시간 측정된 계측기에서의 측정된 손실값으로 0.04dB 수준은 타사의 상용 광커넥터의 손실값의 허용 범위 안에 있는 것으로 확인되었다.



Fig. 3-16 Result image of temp. cycle test

Fig. 3-17은 광커넥터에서 사용되는 파장의 종류에 따른 삽입 손실을 측정한 그래프이다. 측정된 값을 분석하여 보면 상용 광커넥터에서의 삽입손실 허용 범위 안에서 변동이 있는 것으로 확인되었다.

Fig. 3-18은 40℃ 환경에서의 광커넥터에서 사용되는 파장의 종류에 따른 삽입 손실을 측정한 그래프이다. 1550nm 대역에서 다소 계측값이 흔들렸으나 통신을 위한 수준 허용 범위 안에 있는 것으로 판단되었다.

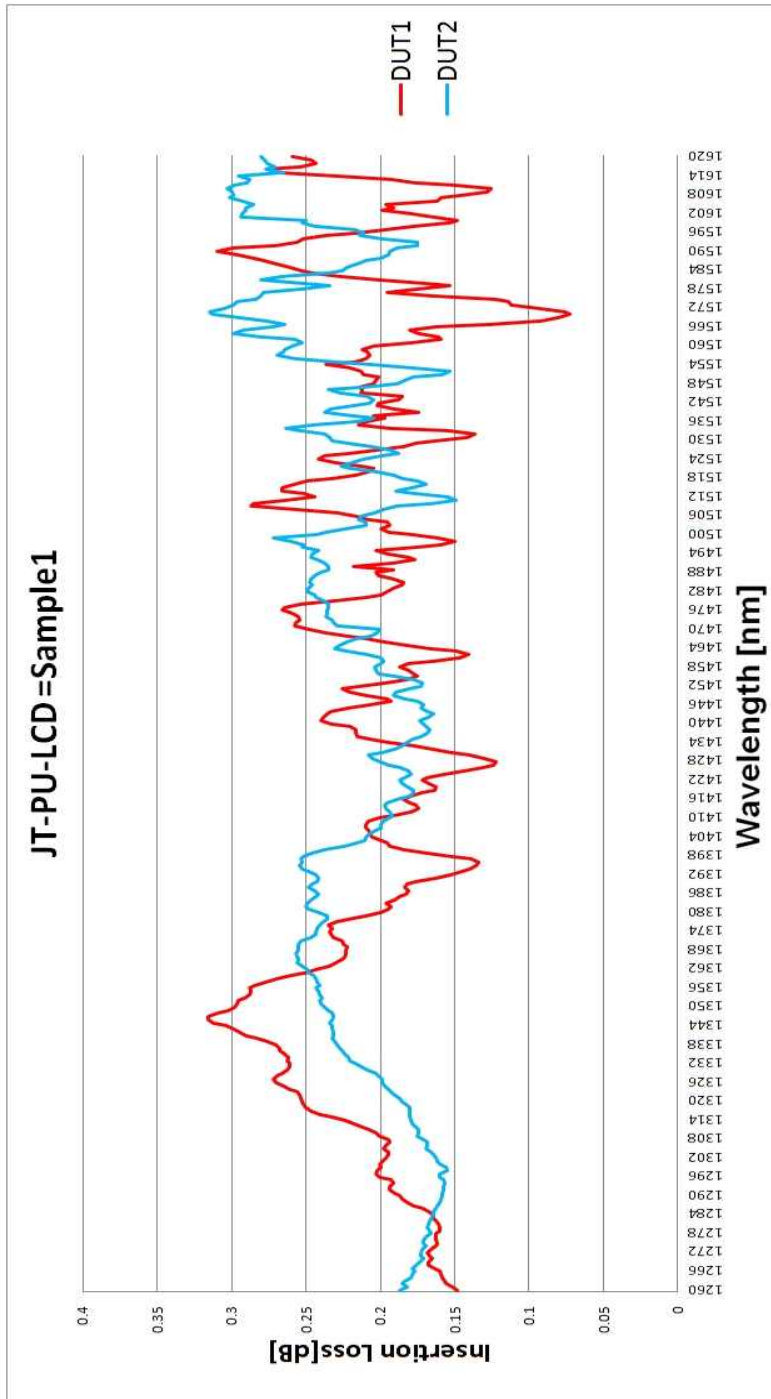


Fig. 3-17 Wavelength result of temp. cycle test(reference temp.)



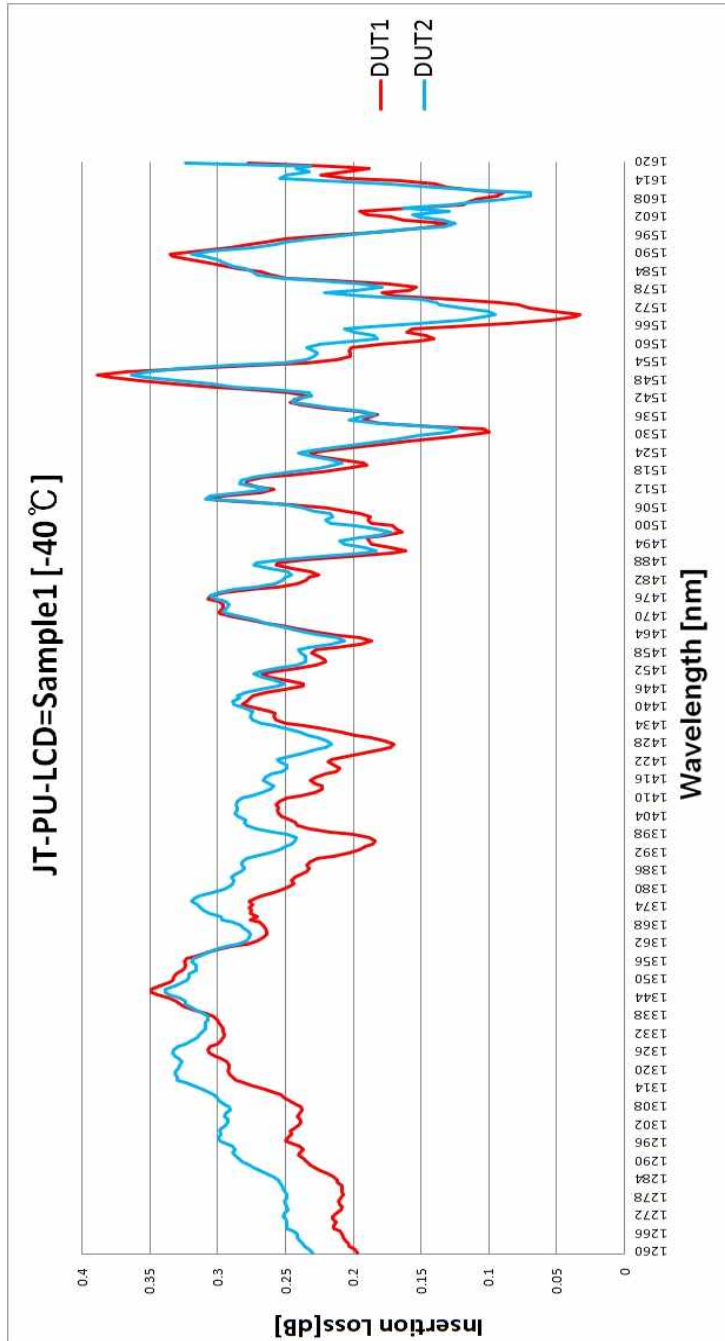


Fig. 3-18 Wavelength result(-40°C) of temp. cycle test

온도 사이클 테스트 중 손실값을 측정하였을 때 Max 0.06 dB 손실값을 기록으로, 30 SET 모두 양호한 통신 손실값을 기록하였다. 이는 방수형 광커넥터 내부 삽입된 LC 커넥터와 어댑터의 체결이 외부 온도변화에도 견딜 수 있는 견고한 체결력을 보였다고 판단된다.

#### 다. Air leakage 테스트

시제작된 부품의 최종 조립 후 Air leakage 테스트를 시행하였다. 본 테스트는 원래 방수/방진 테스트를 대신하여 납품사(S 사)의 최종 납품 테스트 결과 리뷰에 본 테스트 결과 첨부에 따라, 방수/방진 테스트를 대신하여 진행하였다.

Table 3-4은 Air leakage 테스트 조건으로 상온에서 시험용 케이블에 0.14 bar를 인가한 후 150 sec 경과 후 압력의 손실을 측정하여 방수형 광커넥터의 기밀성을 테스트 하기 위한 시험 조건이다. 이러한 조건은 IP67레벨의 방수방진 시험에 대한 시험 시간과 비용을 절감하기 위해 대체된 시험으로 별도의 지그를 제작하여 테스트를 진행하였다.

Table 3-4 Condition of air leakage test

Test Environment	(25 ±5)℃ , (50 ±25)% R.H
Requirement	시험용 JIG에 0.140±0.003bar 압력을 인가 150sec 경과 후 설정 압력 Leakage유무 확인
Test Method	0.140±0.003bar, 150sec

개발된 제품의 테스트를 통과하지 못한 제품의 경우 진공주형 과정에서 재료 과다 수축으로 발생한 공차로 조립의 기밀성을 유지 하지 못해 발생한 경우를 제외하고는 모두 양호한 결과를 보였다.

30 SET 중 90% 이상 제품에서 테스트를 통과하였으며, 나머지 10%는 간이 주형에 따른 불량으로 판단되었으며, 이는 양상라인 설치시 재료 수축 및 팽창에 대한 조건을 확인하여 금형을 설계한다면 불량 발생율은 1% 미만으로 발생할 것으로 판단된다. 본 테스트 중 통신에 대한 신뢰성 확보는 LC 어댑터와 커넥터의 내부 삽입에 따른 결속으로 판단하고 있으며, 고무 실링에 대한 기밀성 테스트에 집중된 테스트이다.

각각의 통신포트에 방수형 광커넥터 개발품을 삽입한 후 고압의 에어압을 인가한 상태에서 압의 손실 유무를 테스트함으로써 제품의 탈착 상태 및 고압에 의한 분리 여부를 확인 할 수 있는 테스트이다.

Fig. 3-19와 Fig. 3-20는 제작된 시료에 대한 테스트 사진으로 2개의 시료를 준비하여 테스트를 진행하였다. Fig. 3-19 (a)와 Fig. 3-20 (a)는 각 시료 시험에서의 시험 전 이미지이며, Fig. 3-19 (b)와 Fig. 3-20 (b)는 시험 후의 결과 이미지이다. Air leakage 테스트는 외부의 공기를 지그 내부로 일정 압력의 공기를 삽입하였으며 일정 시간동안 외부로의 유출 여부를 확인하였다.



(a) Cable 1\_Before

(b) Cable 1\_After

Fig. 3-19 Image of Air leakage test #1



(1) Cable 2\_Before

(II) Cable 2\_After

Fig. 3-20 Image of Air leakage test #2

### 라. Z축 Tolerance 시험

SFP 케이스에 장착되는 SFP 모듈은 정해진 규격이 없어 제조사마다 LC 커넥터 체결부위 구조가 다르다. 이를 해결하기 위해 N PCB를 설계하여 Tolerance를 측정하는 테스트를 추진하였다. 설계된 지그에 SFP 커넥터를 장착하여  $\pm 1\text{mm}$  이동 했을시 I/L 측정하였다. 측정 결과는 3개사 SFP 모듈로 최종  $\pm 1\text{mm}$  이동 후 I/L 측정하였을 때  $I/L \leq \Delta 0.2\text{dB}$ 의 범위 안에 있음을 확인하였다. Fig. 3-21은 Z Axis Tolerance Test 이미지이다.

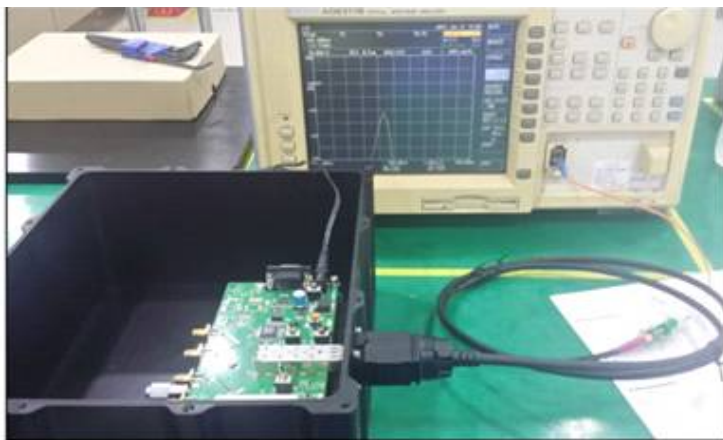


Fig. 3-21 Z Axis tolerance test

## 마. Mating 시험

방수형 광커넥터의 내구성 검증을 위해 일정 회수 이내의 탈착에 대해 내구성을 포함해야 된다. 이에 개발된 커넥터를 대상으로 300회 착탈후 피로도 확인 및 육안검사와 I/L 측정하였다. 측정 결과는 커넥터 후크(4개)는 모두 이상이 없었으며,  $I/L \leq \Delta 0.2\text{dB}$  이내로 양호한 수준을 확보하였다. Fig. 3-22는 Mating test 이미지이다.

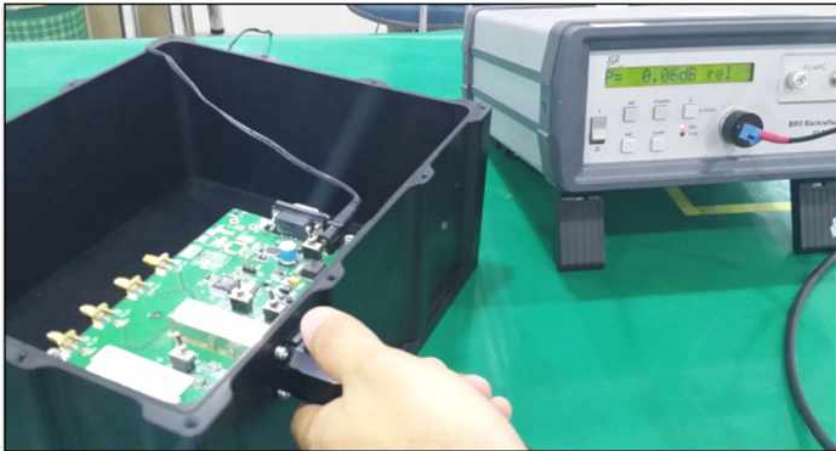


Fig. 3-22 Mating test

## 제2절 LC Quadplex 방수커넥터 성능평가

### 1. 손실값 측정

제작된 LC Quadplex를 대상으로 삽입 손실 값 측정 시험을 진행하였다. 광통신에서 가장 널리 사용되는 1310nm, 1550nm 파장의 광원의 계측기를 활용하여 측정하였으며, 각 채널별 손실값을 측정하였다. 아래 Fig. 3-23은 손실값 측정 시험이미지이며, 4ch 모두 목표치인 0.3dB 이하의 값이 측정되었다.

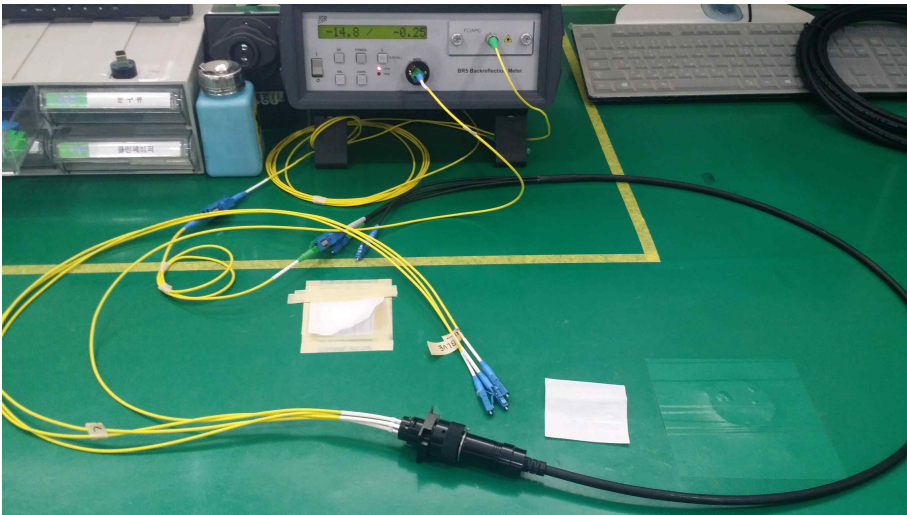


Fig. 3-23 Image of insertion loss test

Table 3-5은 제작된 시료에 대한 손실값 측정 값을 정리한 표로 1310nm와 1550nm 파장에 대한 손실값을 각각 기록하였다. 샘플 시료 모두 0.3dB 이내로 확인되었으며, 제품 성능에 문제가 없는 것을 확인하였다.

Table 3-5 Result of insertion loss test

No.	Wavelength : 1310nm	Wavelength : 1550nm	Result
	Insertion Loss(dB)	Insertion Loss(dB)	
1	0.1	0.11	Pass
2	0.16	0.15	Pass
3	0.15	0.14	Pass
4	0.11	0.19	Pass

## 2. 기구신뢰성 평가

### 가. Air leakage 테스트

방수형 광커넥터의 경우 IP67 레벨의 방수/방진테스트를 진행되어야 한다. 하지만 방수/방진의 시험의 경우 시간과 비용이 많이 발생됨에 따라 시제작된 부품의 최종 조립 후 Air leakage 테스트로 대체하였다. Air leakage 테스트의 조건은 상온에서 시험용 케이블에 0.5bar를 인가한 후 150sec 경과 후 압력의 손실을 측정하여 방수형 광커넥터의 기밀성을 테스트 하는 시험이다. Table 3-6은 본 테스트에서 적용된 Air leakage 조건이다.

Table 3-6 Condition of Air leakage test

Test Environment	(25 ±5)°C , (50 ±25)% R.H
Requirement	시험용 JIG에 0.5±0.003bar 압력을 인가 150sec 경과 후 설정 압력 Leakage 유무 확인
Test Method	0.5±0.003bar, 150sec

Fig. 3-24은 Air leakage 시험 이미지로, 방수형 광커넥터 연결상태에서 지그 좌우단에 있는 Air 투입구로 0.5bar의 공기압을 부여하여 커넥터 연결부위에서의 에어의 유출을 확인하는 테스트로 커넥터 연결 상태의 기밀성을 확인하는 테스트이다. 위 시험 조건으로 테스트를 진행한 결과 시험을 진행한 방수 광 커넥터 샘플 시편 모두 에어의 외부 유출이 없는 것으로 확인되었다.



Fig. 3-24 Image of Air-leakage test



## 나. 온도 사이클 시험

온도 사이클 테스트는 외부 온도 변화에 따른 광케이블의 상변화에 따른 손실 값을 측정하는 것으로,  $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 의 온도 변화환경 중의 광케이블의 손실값을 측정하는 테스트이다. 온도 사이클 테스트의 중요성은 방수형 광케이블의 옥외설치 환경에 따라 외부 환경 변화에 대한 신뢰성을 확보해야 하며, 기지국 설치 환경의 특성상 산의 꼭대기 등 설치 환경의 온도 변화가 심한 곳에 설치됨에 따라 온도 사이클 테스트는 가장 기본적인 테스트이다.

Table 3-7은 온도 사이클 시험에 대한 조건표로 광커넥터 성능평가에서 주로 사용되는 1310 & 1550nm 파장대를 활용하여  $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$  온도 변화에서의 통신 손실값을 측정하는 테스트를 진행하였으며, 8시간의 주기를 반복으로 21 Cycle를 진행하였다.

Table 3-7 Condition of temp. cycle test

Power Meter - Wavelength	1310 & 1550 nm
Requirement	$-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ , 21 Cycles Measurements before and after test $\Delta A \leq 0.3 \text{ dB}$
Measurement	Before and after the test

Fig. 3-25은 항온항습기를 활용한 온도 사이클 시험 이미지와 시험 조건에 따른 온도 조절 그래프이다. Fig. 3-26은 광원의 종류에 따른 온도 사이클 시험 결과로 테스트 중의 삽입손실은 모두 허용치인 0.3dB 이내로 확인되었다.



Fig. 3-25 Setting image of Temp. cycle test

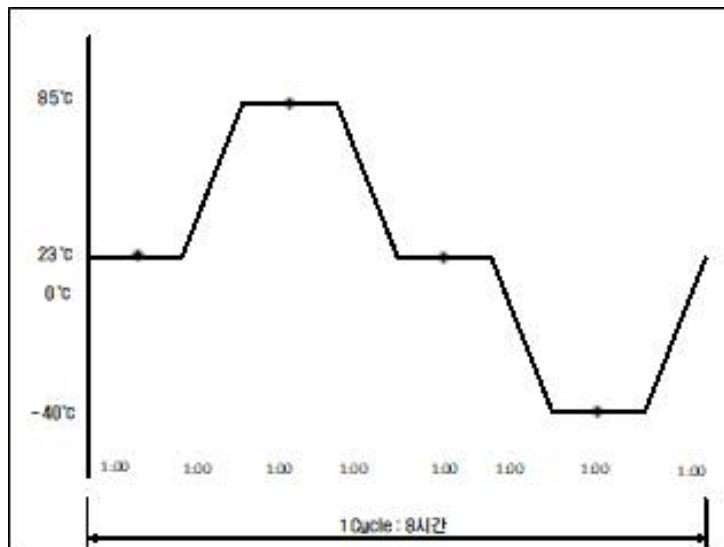


Fig. 3-26 Result of Temp. cycle test

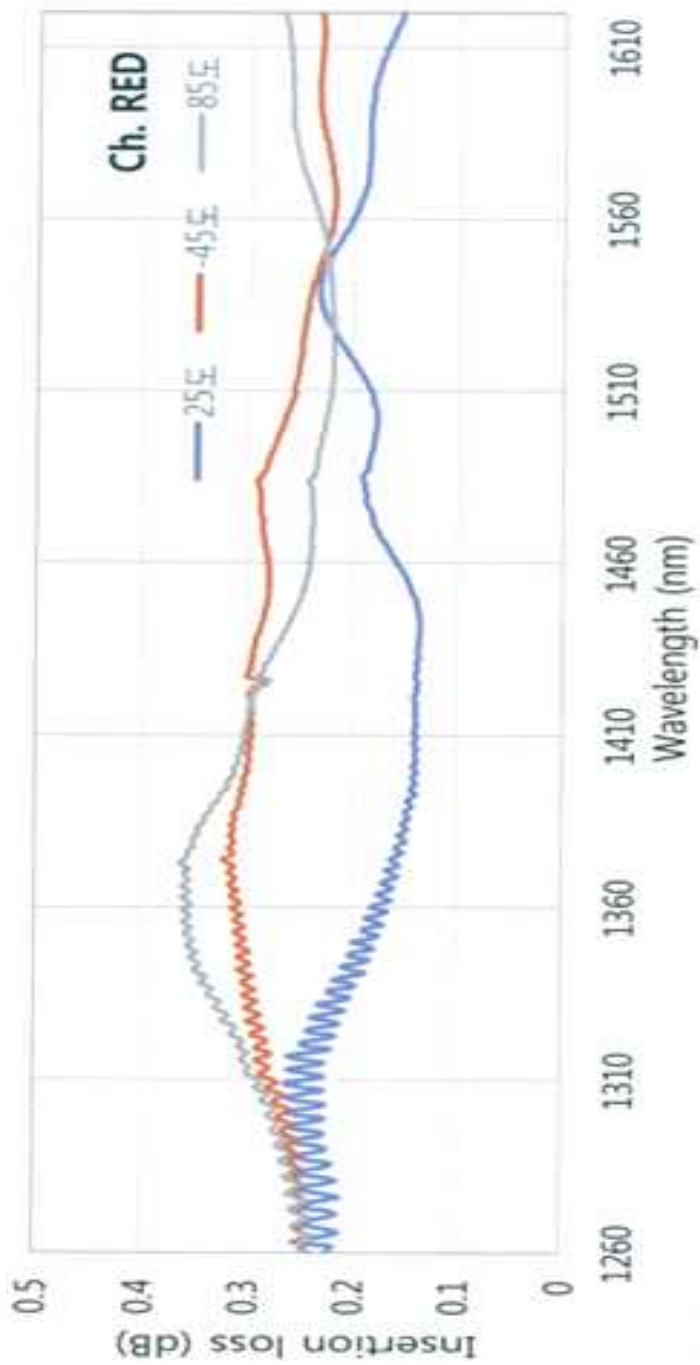


Fig. 3-27 Result of Temp. cycle test(Red light source)

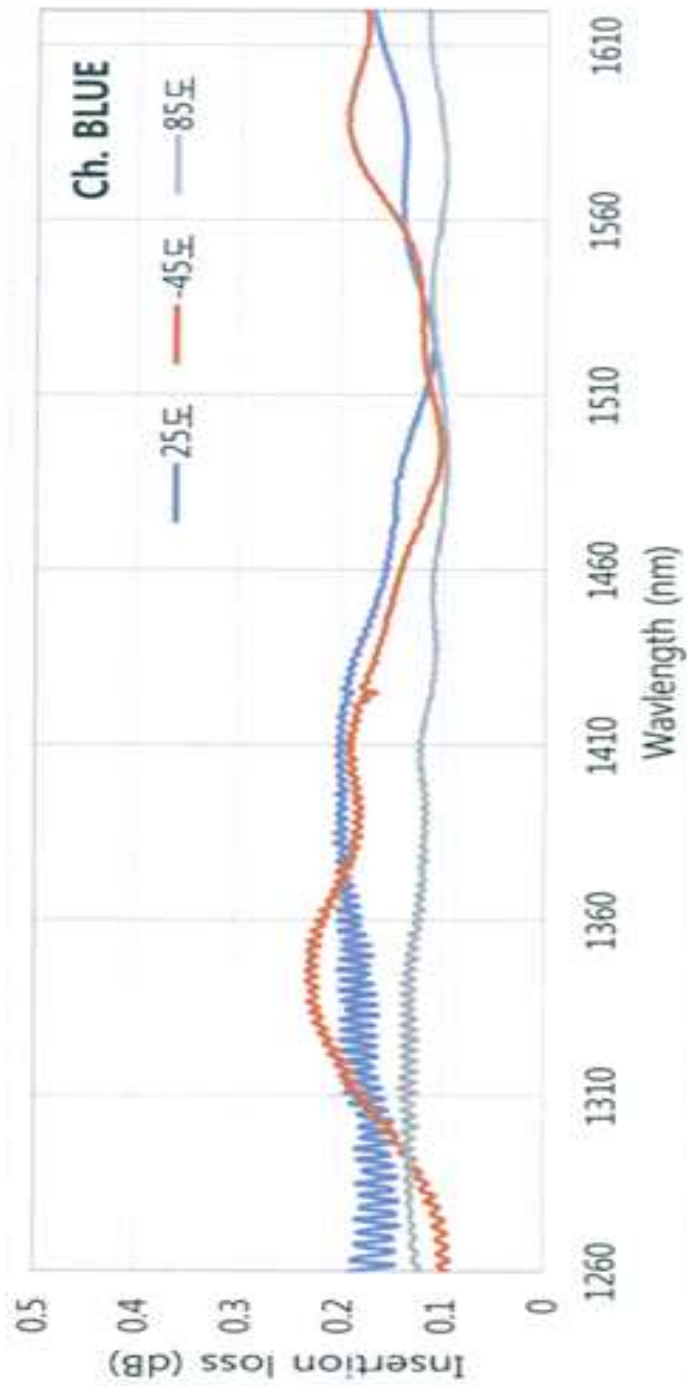


Fig. 3-28 Result of Temp. cycle test(Blue light source)

Table 3-8은 각 표에 대한 온도에 따른 손실값을 기록한 결과값으로 시험에 사용된 시료 모두 통상적으로 사용되는 광커넥트의 합격 기준선인 0.3dB 이하의 손실값을 기록하였다.

Table 3-8 Result of temp. cycle test

4. Thermal Cycling 시험 (48h)									
[Wavelength : 1310nm]									
DUT No.	Insertion Loss [dB]				Insertion Loss [dB]				최대 변화량
	25°C	85°C	-40°C	25°C	25°C	85°C	-40°C	25°C	ΔA [dB]
	#1Cycle				#2Cycle				
1	0.1	0.08	0.15	0.1	0.11	0.09	0.13	0.12	0.07
2	0.16	0.15	0.22	0.17	0.15	0.12	0.15	0.14	0.1
DUT No.	Insertion Loss [dB]				Insertion Loss [dB]				최대 변화량
	25°C	85°C	-40°C	25°C	25°C	85°C	-40°C	25°C	ΔA [dB]
	#3Cycle				#4Cycle				
1	0.15	0.16	0.19	0.15	0.14	0.11	0.15	0.14	0.08
2	0.17	0.14	0.23	0.16	0.16	0.16	0.21	0.17	0.09
DUT No.	Insertion Loss [dB]				Insertion Loss [dB]				최대 변화량
	25°C	85°C	-40°C	25°C	25°C	85°C	-40°C	25°C	ΔA [dB]
	#5Cycle				#6Cycle				
1	0.11	0.09	0.12	0.11	0.1	0.07	0.12	0.1	0.05
2	0.2	0.21	0.29	0.2	0.19	0.17	0.2	0.19	0.12

## 다. 인장력 시험

인장력 테스트는 기지국 특성상 높은 곳에 위치한 안테나에 광커넥터가 체결되기 때문에 광케이블 자체의 무게에서 오는 하중을 지지해야 되며, 상용 제품 또한 200N의 인장 하중에 대한 내구성을 확보 하고 있다.

Table 3-9은 인장시험 조건으로 1310 & 1550nm을 활용하여 인장하중 200N이 인가된 상태에서의 2min간 유지된 상태에서의 손실값을 측정하였다.

Table 3-9 Condition of tensile test

Power Meter - Wavelength	1310 & 1550 nm
Magnitude of Load (Max. Load)	200N
Duration of Load	2 min
Load Velocity	1N/Sec
Measurement	Before and after the test

Fig. 3-29는 복합 시험장치를 활용하여 방수 커넥터의 체결부 아래 지지부의 지그에 결속하였으며, 어댑터 하단부의 케이블 전용 인장시험지그에 결속하여 케이블을 상단으로 인장하여 방수 커넥터의 파손 유무를 확인하였다.

인장력 시험은 200N의 인장력 부여 후 2분간을 유지하였다. 이후 시험 전후의 삽입손실 측정값의 차이를 비교하였다.

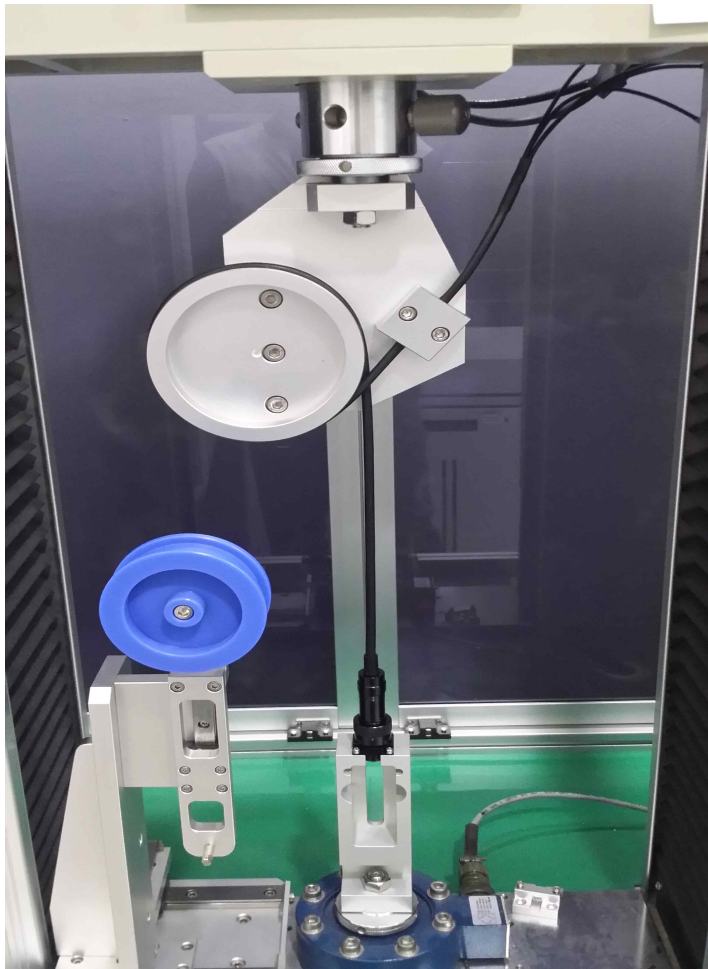


Fig. 3-29 Image of tensile test

Fig. 3-30은 인장시험 조건 그래프로 200N의 인장력을 2분 이상 유지하는 기록을 보여주고 있다. 그래프 생성은 시험에 사용된 복합시험 자체 기능으로 생성되며, 케이블 인장하중 시험 모드로 시험을 진행하였다. 케이블 인장하중 모드는 하단의 커넥터지지 후 상단 고정은 케이블을 고정시켜 인장하는 시험 모드이다.



Fig. 3-30 Result of tensile test

Table 3-10은 인장시험 전후 시료를 대상으로 삽입손실을 측정하여 비교한 결과 값이다. 테스트 결과 시험 전과 후 손실값 증가분은 0.02dB 수준으로 극히 미비 하였으며 육안검사에 커넥터 이탈도 없었으며, 최종 결과는 모두 통과하였다.



Table 3-10. Result of tensile test

No.	Wavelength : 1310nm			Wavelength : 1550nm			Visible Inspection after Test	Result
	Insertion Loss(dB)		Loss Increase(dB)	Insertion Loss(dB)		Loss Increase(dB)		
	Before Test	After Test		Before Test	After Test			
1	0.33	0.35	0.02	0.33	0.36	0.03	No damage	Pass
2	0.32	0.34	0.02	0.34	0.36	0.02	No damage	Pass
3	0.34	0.35	0.01	0.35	0.38	0.03	No damage	Pass
4	0.31	0.32	0.01	0.35	0.37	0.02	No damage	Pass
5	0.33	0.35	0.02	0.32	0.36	0.04	No damage	Pass
6	0.34	0.37	0.03	0.33	0.35	0.02	No damage	Pass
7	0.32	0.34	0.02	0.34	0.38	0.04	No damage	Pass
8	0.30	0.33	0.01	0.35	0.37	0.02	No damage	Pass
9	0.32	0.36	0.04	0.34	0.36	0.02	No damage	Pass
10	0.35	0.37	0.02	0.32	0.35	0.03	No damage	Pass

## 제4장 결론

현재 전량 수입에 의존하고 있는 기가대역 중계기에 적용되고 있는 방수형 광커넥터의 국산화를 위한 설계 및 시제품, 성능평가를 완료하였다. 성능수준은 수입제품과 동등한 수준의 성능을 확인 할 수 있었으며, 설계 및 시제품 제작으로 기술 수준을 확보하였다.

기존 수입품 대비 부품 수량의 단순화 및 조립의 편리성을 확보하여, 기존 제품 대비 15%이상의 단가 절감을 유도하였으며, 작업자의 유지보수가 편리한 구조의 방수형 광커넥터 개발을 추진하였으며, 본 제품의 경우 국내 이동통신 중계기 설치 공사를 진행하고 있는 국내 대기업에서 사용되고 있는 독일의 H사 제품과 유사한 Push-Pull 탈착 방식으로 설계 하였으며, 이는 현장에서 설치하는 작업자의 작업 효율을 향상하였다.

방수형 특수 광커넥터, 어댑터에 대한 3D 기구물 설계 및 체결구조 설계 기술을 확보하였으며, 체결구조에 대해서는 Bayonet과 Push Pull 기술의 통합 구조 설계기술을 확보하였다. 방수형 특수 광커넥터 및 어댑터 부품의 유한요소(FEM) 기법의 해석 기반의 기구물 설계 제작 기술을 확보하였으며, 방수방진 체결구조에 대한 내부 Sealing 구조 설계기술을 확보하였다.

방수형 특수 광케이블 어셈블리에 대한 광 안정성 및 신뢰성 향상을 위한 성능 평가용 JIG 설계기술과 광케이블 어셈블리에 대한 실시간 광신호 전송 특성 시험을 위한 테스트베드 설계기술을 확보하였으며, 케이블 인장력 시험과 IP67 방수방진에 대한 누설시험용 JIG 설계기술을 확보하였다. 방수 성능의 평가는 제품별 방수 시험에 소요되는 시간과 비용 절감을 위해 별도의 지그 제작을 통해 Air leakage 시험을 통해 방수 성능을 확인하였으며 전용 테스트 지그 제작으로 시험의 효율성을 극대화 하였다.

개발된 방수 커넥터는 QDM 가공으로 100 set 이상을 가공하였으며, 단품별 조립성 향상을 위한 가공 정밀도는 매우 양호한 것으로 확인되었다. 현재 수입 제품과 함께 실제 필드에 적용하고 있으며, 방수 누율 및 에로율은 기존 양산품과 유사한 수준의 2% 미만으로 나타나고 있다.

특수형 광커넥터 개발을 통한 쉽고 간단한 조립성을 제공하고 커넥터의 고성능 및 고신뢰성을 만족하여 광선로의 전송손실을 최소화 할 수 있으며, 현재 많은 부분 수입되는 특수형 광커넥터에 대한 수입 대체를 이루었으며, 실질적 핵심, 원천 기술 확보를 통한 특수형 광커넥터 분야의 기술 경쟁력 우위 선점으로 제품의 성능 향상, 생산성 증대 및 사용 편의를 제공하였다.

국내 기가대역 옥외 중계기 전용 Push-Pull 타입 탈착형 방수 커넥터는 특수 환경에서 사용되는 부품만큼 시장의 확대성은 크지 않다고 판단되지만, 광산업을 선도하고 있는 국내환경에서 특수형 광커넥터의 수입의존도는 아직 높다 하겠다. 이번 연구를 기점으로 국내 특수 목적용 광커넥터 개발에 대한 시장과 필요한 기술을 확보하였으며, 사용 목적에 맞는 설계 변경이 용이한 구조에 대한 설계가 가능하며, 다양한 시험 결과 데이터 확보로 다양한 환경에서의 시험 내구성을 확보하였다.

## References

1. H. G. Lee, "Technical trend of optical connector", Photonics industry news, No.12, pp.30-37, 2002.
2. M. H. Lee, M. S. Kim, "Technology Trend of Optical Interconnection", JKIEES, Vol.24, No.2, pp. 66-73, 2013.
3. S. J. Yoon, "Development of the Field Assembly Optical Jumper cord that is available for type conversion", 2016.
4. K. T. Lim, "A study on the loss in directly connecting multi-mode optical fiber using optical fiber connector", Kong Ju National University, 2014.
5. D. K. Cheng, "Field and Wave Electromagnetics", Second Edition.
6. C. F. Huang, C. S. Jui, and M. C. Peng, "Techniques of Time-Domain Analysis for High-Speed Digital Connectors ", Antennas and Propagation Society International Symposium, 2008.
7. Amey Penkar, Dr. Michael Caggiano, "Measurement and analysis of Packages with differential signaling scheme", 26th International Spring Seminar on Electronics Technology May 8 - 11, 2003.
8. David E. Bockelman and William R. Eisenstadt, "Combined Differential and Common-Mode Scattering Parameters: Theory and Simulation".
9. Sudeep Bhoja and Ali Ghiasi, "Next-Generation 10 GBaud Module Based on Emerging SFP+ with Host-Based EDC", IEEE Communications Magazine - March 2007.
10. K. W. Kim, J. W. Lee, H. R. Kim and W. S. Yoo, "Experimental Verification of Unwinding Behavior of Fiber-Optic Cable and Prediction of High-Speed Unwinding", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, Vol.38, No.3, pp.243~250, 2014.

11. P. Godawat, Experimental Verification of Non-Linear Behavior of Over-End Yarn Unwinding from Cylindrical Packages, Master Degree of North Carolina State University, 2003.
12. H. R. Kim, K. W. Kim, W. S. Yoo and J. W. Lee, Transient and Steady-State Analysis of a ThinCable Unwinding from a Pay-out Dispenser, Journal of Mechanical Science and Technology, No. 2, pp. 353~358, 2013.
13. S. H. Ahn, "An Implementation of Measurement System for the Reflection and Insertion Loss of Optical Connector", Industrial Graduate School of Chosun University, 2011.
14. A. W. Snyder, J. D. Love, "Optical Wave guide Theory", Chapman and Hall, pp.6~50, 1983.
15. John F. Wakcrlly, "Digital Design Principles & Practices" Prentice Hall, 2000.
16. Jeff Hecht, "Understanding Fiber Optics", Pearson, pp.363~390, 2006.
17. J. H. Jeong, "Research about optical signal detector and FAOC(Filed Assembly Optical Connector) used in FTTH", Honam University, 2006.
18. P. Andersen, "The present status of the international automotive EMC standards", IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2009.
19. Jody J. Nelson<sup>1</sup>, William Goodwin, Mark Steffka, William Ivan, Markus Kopp, "High Voltage Automotive EMC Component Measurements Using an Artificial Network", 18th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2007.
20. S. W. Park, J. K. Park, and W. Y. Ohm, "Characteristics and Analysis of CATV Home Networks", Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea Vol.50, No.7, 2013.
21. Rrichard Wiese, "Modeling Coax Cable EMI Shielding Performance for Automotive AM Broadcast Band Applications", IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility-EMC, pp.1-5, 2007.

22. Taylor, A., "Characterization of Cable TV Networks as the Transmission Media for Data", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-3, No.2, pp.255-265, 1985.
23. B. W. Kim, "A study on the characteristics of wide bandwidth connector for automotive communication", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.13, No.1, pp.33-38, 2012.
24. Masahiro Kondo, Yuitsu Sakuraba and Takuya Osaki, Fujikura Ltd., "membrane circuit connector," SAE paper, 2009-01-1092, 2009.
25. S. Q. Kuang et al., "Coplanar Waveguide Structure of The Differential Connector Impedance Control", International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory, pp.1056-1059, 2008.
26. D. Y. Kim, H. S. Park, W. K. Kim, C. R. Pyo and H. Y. Kim, "Shape Design of FPCB Connector to Improve Assembly Performance", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 36, No.3, pp.347-353, 2012.
27. S. W. Kim, W. W. Jung, S. H. Wei, H. M. Kim, S. B. Park, and D. H. Lee, "Reappearance of the Electrical Poor Contact in Connectors by Fretting Wear", 2008 KSME Autumn Conference, pp.1361-1362, 2008.
28. S. H. Park, "Design of Experiments", pp.563-584, 2006.
29. S. W. Kim, J. W. Choi, H. L. Kim, N. J. Kang, K. S. Choi, H. P. Park, and B. S. Cha, "A Study of Safety Evaluation for Automotive High-Voltage Connector", Proc. of KSPE Spring Conference, pp.1261-1262, 2010.
30. S. Y. Lee and J. H. Choi, "Numerical analysis electromagnetic characteristic of high voltage/current cable for fuel cell electric vehicle(FCEV)", Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol.21, No.3, pp.149-157, 2010.

31. Y. B. Ko, H. P. Park, J. W. Lee and B. S. Cha, "A Study on the sealing Characteristic of Automobile Waterproof Connector", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.15, No.4 pp.1859-1864, 2014.
32. G. H. Kang, C. S. Kim, "Nonlinear Analysis of Rubber Bellows for the High Speed Railway vehicle", Journal of the Korea Academia Industrial cooperation Society, Vol.14, No.8, pp.3631-3637, 2013
33. J. U. Cho, "A Dynamic Behavior of Rubber Component with Large Deformation", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.6, No.6, pp.536-541, 2005.
34. T. W. Lee, "A Study on the Large Deformation of Silicon Rubber Gasket with Hollow Circular Section", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.20, No.11, pp.150-157, 2003.
35. C. J. Choi, H. Y. Choi, J. Y Kim, "Study on the waterproof design for optical connector by using dynamic analysis method", KSMTE Autumn Conference, pp.120-120, 2014.
36. J. Y. Kim, N. S. Kwak, S. H. Kim, J. Y. Lee, "Internal Stress Analysis of Drip Proof and Push-Pull Type Optical Connector", KSMTE Spring Conference, pp.317-317, 2014.
37. T. S. Jung, K. S. Choi, "Development of Thermoplastic-Thermoset Multi Component Injection Mold for a Waterproof Connector", Transactions of Materials Processing, Vol.24, No.6, pp.418-424, 2015.

## Appendix

### 1. 국내 커넥터 특허동향

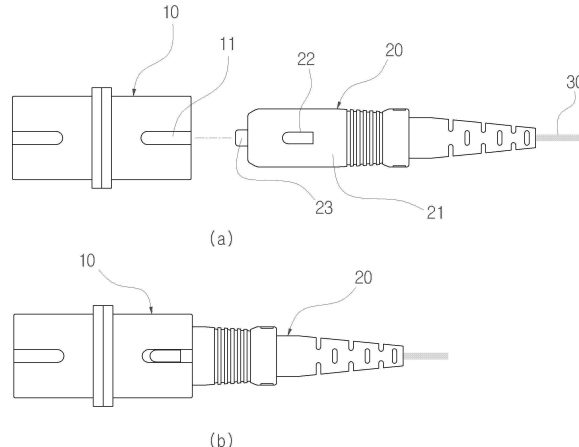
Table 1 Patent research of domestic connector technology

No	출원 국가	특허명 및 제조방법	특기사항
1	국내	<다심광커넥터> - 광섬유 케이블을 페룰에 집합 - 한측 어댑터의 하우징내로 삽입 - 어댑터로 두 페룰을 결합	- 상기관 스프링에 의해 탄성지지, 상기 압출 로드가 상기관 스프링의 탄성력 지지대가 특징
2	국내	<광커넥터의기계적특성시험장치 > - 시편을 상,하 및 전면에서 각각 나사에 의해 밀착시켜 고정하는 고정부재를 형성 - 고정부재를 지지하는 지지브라켓을 구성	- 상기 회전수단과 소정간격을 두고 하단에 설치된 충격부재를 포함하여 시험장치로 여러가지 기계적 특성을 동시에 평가가능
3	국내	<리본형광케이블다심광커넥터> - 다심 광케이블의 양측단을 고정 V형 정렬블록에 삽입 - 상기 정렬수단을 바닥면에 고정하고 양측 스프링 끼움홈에 판스프링을 설치	- 페룰, 정렬요소 및 결합구조를 신소재, 신구조로 구현할 수 있음
4	국내	<다심광커넥터> - 상기된 페룰과 3면 접촉을 하여 페룰의 정렬 - 상기된 페룰의 상부 양측 모서리에 모따기면을 형성 - 페룰의 중앙부 용기부의 하단에 클램프 스프링을 형성	- 리본형 광케이블의 일단에 부설되어 낮은 손실로 광신호들을 동시에 전달시키거나 단락시키기 위한 다심 광커넥터
5	국내	<다심형 광커넥터> - 상기 광섬유 실장용 구멍이 형성된 페룰의 단면부를 소정의 각도로 경사지게 연마가공	- 대형 광분배반에 실장하여 사용가능하여 많은 수의 광커넥터를 실장할수 있고 접속효율 향상



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상기 가이드 블록을 세라믹 재질로 형성</li> </ul>	
6	국내	<p>&lt;다심 광커넥터 조립체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상기 몸체에 끼워져 다심 커넥터의 후반부에 위치하도록 결합공 형성</li> <li>- 다심 광커넥터의 접속방향으로 탄성부 마련, 상기 탄성부 중앙에는 다리의 돌출방향으로 탄성홈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄성부에 의해 광커넥터가 서로 분리되지 않고 접속된 상태로 외부 충격으로부터 보호.</li> </ul>
7	국내	<p>&lt;다심 일괄형 광커넥터&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상기 하우징이 결합되는 어댑터 구비</li> <li>- 어댑터는 내부에 슬리브를 안착후 초음파 용착기로 윤착후 외관고정용 판스프링 부착</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재접속으로 인한 작업시간 절감 및 광접촉시 위치고정점 선정을 통해 저접속손실 구현</li> </ul>
8	국내	<p>&lt;팬아웃 코드&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상하로 이웃하는 팬아웃 코드를 연결</li> <li>- 두개의 삼각형이 꼭지부분이 맞대어져 장구형상을 갖게끔 형성</li> <li>- 상기 케이스 부재를 고정시키기 위해 경화 주입구를 형성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상기 케이스 부재의상부에 수직하게 형성되어 경화제 주입구가 있는 것이 특징</li> </ul>

(1) 국내 핵심특허 현황

출원국가	KR	법적상태	공개
출원번호	2010-0061771	출원일	2010.06.29.
공개번호	2012-0001125	공개일자	2012.01.04.
출원인	주식회사 골드텔		
발명의 명칭	현장 조립용 광 어댑터		
Family 특허	-		
요약	<p>본 발명은 광 어댑터 및 광커넥터를 이용한 광케이블 연결작업을 용이하게 수행할 수 있고, 광케이블의 연결구간이 점유하는 공간을 줄여서 광케이블이 연결되는 장치 또는 유닛의 소형화를 실현할 수 있으며, 현장에서의 작업성을 높일 수 있는 현장 조립용 광 어댑터에 관한 것으로, 광단자함에 고정되는 고정대; 고정대에 돌출되고 광커넥터의 페룰이 삽입되는 삽입관; 삽입관을 중심으로 둘 이상이 돌출되어 삽입관과 나란히 배치되고 말단에는 삽입관을 향해 돌출된 턱을 구비하되, 삽입관의 말단과 턱 간의 간격은 광커넥터의 외면을 따라 돌출 형성되는 플랜지의 전후면이 각각 맞물리도록 된 한 쌍의 그립퍼; 플랜지의 둘레를 따라 절개 형성된 가이드홈과 이동가능하게 맞물리도록, 삽입관의 말단에 길이방향으로 연장 돌출되는 안내돌기; 및 하우징을 갖춘 광커넥터가 광커넥터의 페룰과 광학적으로 연결되도록, 고정대를 중심으로 삽입관에 대향하게 형성되어서 하우징과 결합하는 소켓(을 포함하는 것이다.</p>		
대표도면			

<p>대표 청구항</p>	<p>광단자함에 고정되는 고정대에 돌출되고 광커넥터의 페룰이 삽입되는 삽입관을 중심으로 둘 이상이 돌출되어 삽입관과 나란히 배치되고 말단에는 삽입관을 향해 돌출된 턱을 구비하되, 삽입관의 말단과 턱 간의 간격은 광커넥터의 외면을 따라 돌출 형성되는 플랜지의 전후면이 각각 맞물리도록 된 한 쌍의 그립퍼 플랜지의 둘레를 따라 절개 형성된 가이드홈과 이동가능하게 맞물리도록, 삽입관의 말단에 길이방향으로 연장 돌출되는 안내돌기 및 하우징을 갖춘 광커넥터가 광커넥터의 페룰과 광학적으로 연결되도록, 고정대를 중심으로 삽입관에 대향하게 형성되어서 하우징과 결합하는 소켓을 포함하는 것을 특징으로 하는 현장 조립용 광 어댑터.</p>	
<p>분석결과 종합</p>	<p>본 특허에 채용된 해결방법 또는 수단</p>	<p>광어댑터(10)에 광커넥터(20) 결합시 안내돌기(22)와 가이드(11)로서 결합되고 있음</p>
<p>본 발명 및 패밀리 특허 권리 범위</p>	<p>패밀리 특허 없음</p>	<p>안내돌기(22)와 가이드(11)의 구조적 형상을 청구범위로 하고 있으나, 방수 기능을 고려한 제품 개발시 본 발명의 구성요소의 특징은 침해 가능성이 극히 희박하다고 사료 됨</p>

## 2. 국외 커넥터 특허동향

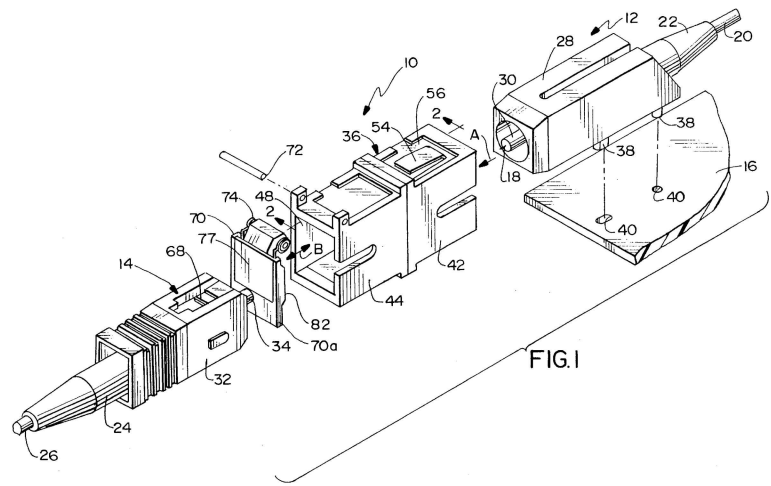
Table A-2 Patent research of international connector technology

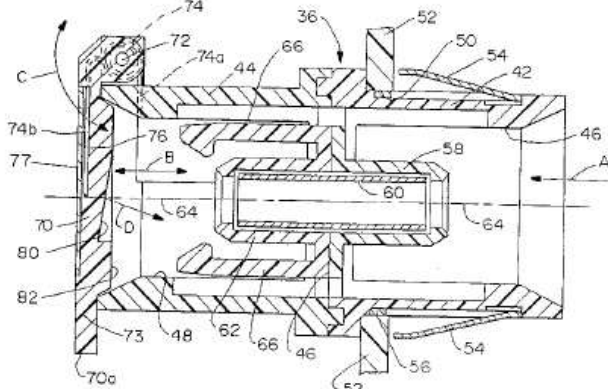
No	출원 국가	특허명 및 제조방법	특기사항
1	일본	<광케이블용 커넥터> - 하부모체에 V홈을 Stainless 분말산결체로 press 성형 - 상부(덮개)에도 V홈 가공 - 상부와 하부를 포개어 축압하는 형태	- Ribbon type에 적정 - 재료의 입자크기가 핵심(스테인레스)
2	일본	<다심 광커넥터용 페룰 및 그 제조용 금형 및 페룰 제조방법> - 세라믹 V홈 기관을 사용하여 (하부)상판에 중합수지 재료를 충전, 제조	- V홈구조, 4심 - Ribbon type에 적정 - 세라믹 기관 위로 중합수지를 결합시키는 과정이 핵심
3	일본	<광커넥터와 그 제조방법> - V홈 형성된 기관에 상판을 Heating, 또는 접착제에 의하여 단일체로 결합 - 낮은 Young률 재질의 outer layer를 채택한 2중 layer 구조	- 가이드핀과 홈간의 clearance를 거의 없도록 한 구조 - Wafer를 이용하여 v홈 기관 및 상판을 대량 생산 가능
4	일본	<Fan out 커넥터> - 다심(Ribbon type등)의 fiber 단말을 다층막 filter를 연결하고 이 다층막 filter를 통하여 수신부를 분리	- 다층막을 구성하는 filter의 재질이 주요 핵심
5	일본	<광파이버 커넥터> - U홈을 형성하고 상부 및 하부의 재질을 Au로 하여 상하부의 홈을 납으로 사포한 후 파이버를 삽입후 Heating하여 결합하는 구조	- 상하부의 U홈에 납을 사포하는 것과 납을 heating하는 기술이 주요 핵심
6	미국	<Multi grooved silicon chip 이용한 광섬유 단말조립방법> - V홈에 의한 silicon chip과 chip간의 gap을 조절해 줄 수 있는 holder 구조 - Fiber를 삽입후 chip을 clamping 한후 epoxy로 경화시킴	- 2개의 chip사이의 gab을 fiber외경의 80%이내 - V홈 형성은 anisotropic etching에 의함

No	출원 국가	특허명 및 제조방법	특기사항
7	미국	<광커넥터> - 상·하부 모두 V홈을 형성하고 결합부분 양측에서 가이드 핀을 삽입후 압착 크램프로 결합함 - V groove는 anisotropic etching에 의해 55°의 가이드핀용 홈과 fiber용 홈이 동시에 가공	- Crystal plane을 이용하여 etching하므로 균일한 경사각을 갖는 것과 etching기술이 주요 핵심
8	일본	<적층형광커넥터의 Ferrule 적층방법 및 적층형광커넥터> - Ferrule이 2개 장착된 2중 ferrule 체를 적층하고 적층된 2중 ferrule모체를 Y축으로 관통하여 가이드핀을 삽입	- Ferrule과 ferrule간의 간격, 상하 간격 조정이 핵심
9	일본	<광커넥터Ferrule 및 그 제조 방법> - V홈을 형성한 후 실리콘을 사용해서 리소그래프 기술에 의한 에칭가공이나 다이어몬드 Wheel을 사용함	- 실리콘을 이용한 Lithography에 의한 에칭이 주요 핵심
10	미국	<광섬유 접속기> - U홈을 형성후 상부에 단순편평판을 덮는 구조 - U홈 내벽에 실리콘 사용	- U홈 내에 실리콘 사용 및 홈의 가공이 주요 핵심

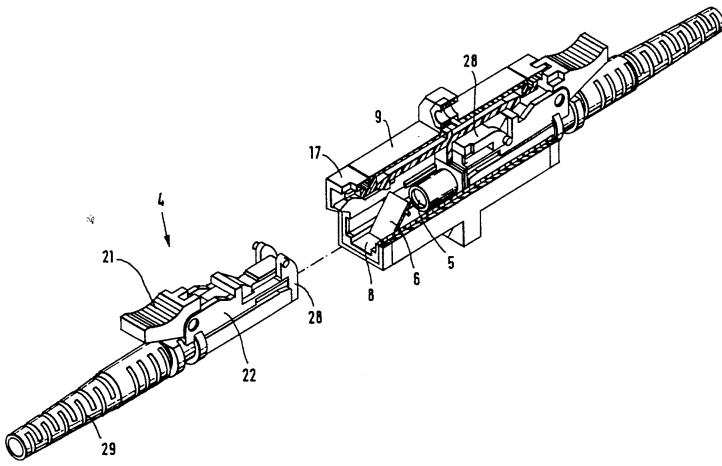
(1) 미국 핵심 특허(3건) 현황

① US-5506922

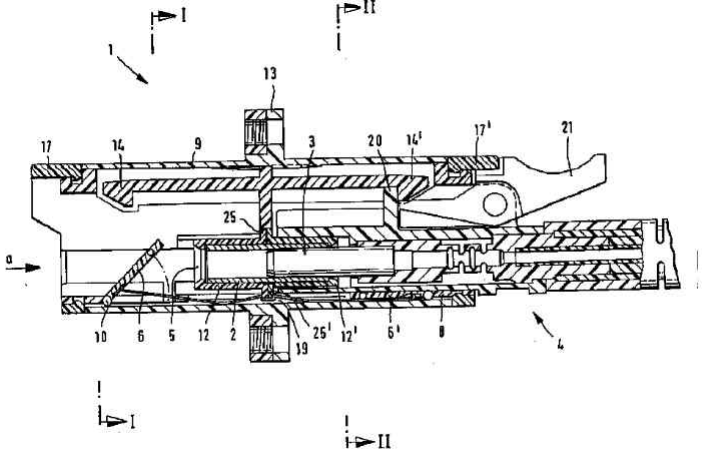
출원국가	US	법적상태	등록
출원번호	1997-0283377	출원일	1994.08.01.
등록번호	US-5506922	등록일자	1996.04.09.
특허권자	Molex Incorporated		
발명의 명칭	Fiber optic component assembly with a movable protective shield		
Family 특허	CN1120677, DE69512165, DE69512165, EP0697607, JP3021638, KR200146619		
요약	<p>An adapter assembly is provided for mating an optical fiber along an optic axis with an associated fiber optic transmission device. The adapter assembly includes a body having an end face for mating with the associated fiber optic transmission device, the end face of the body traversing the optic axis. A movable protective shield is adapted for attachment to the body to cover the end face thereof and prevent ingress of contamination thereinto and to protect operator's eyes. The shield includes a diverting surface in alignment with the optic axis to prevent light energy transmitted by the optical fiber from being reflected back toward the fiber.</p>		
도면			

		
<p>대표 청구항</p>	<p>In a fiber optic component assembly for mating an optical fiber along an optic axis with an associated fiber optic transmission means, the component assembly including a body having an end face for mating with the associated fiber optic transmission means, the end face of the body traversing said optic axis, and a movable protective shield adapted for attachment to said body to cover the end face thereof and prevent ingress of contamination thereinto and to protect operator's eyes from intensive laser beam, wherein the improvement comprises diversion means on said movable protective shield in alignment with the optic axis to prevent light energy transmitted by said optical fiber from being reflected back toward the fiber.</p>	
<p>분석결과 종합</p>	<p>본 특허에 채용된 해결방법 또는 수단</p>	<p>제2커넥터(14)와 어댑터 조립체(10)의 체결원리를 보면, 쉴드(70)가 힌지에 축회동하여 오픈되고, 한 쌍의 래치암(66)에 솔더(68)가 래치 결합됨</p>
	<p>핵심특허 선별이유</p>	<p>한 쌍의 래치암(66)에 솔더(68)가 래치 결합되는 것은 Harting 사의 체결 원리와 유사함</p>
<p>본 발명 및 패밀리 특허 권리 범위</p>	<p>CN1120677, DE69512165, DE69512165, EP0697607, JP3021638, KR200146619</p>	<p>패밀리 특허 및 미국 특허의 청구항은 축회동하는 쉴드(70)에 대한 것으로서, 래치암(66) 및 솔더(68)의 체결방법은 자유롭게 실시 가능함.</p>

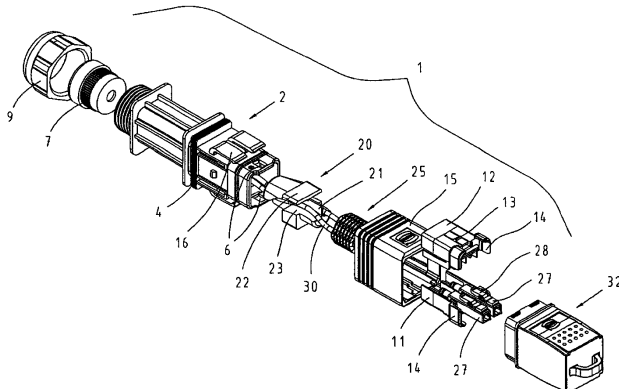
② US-5363460

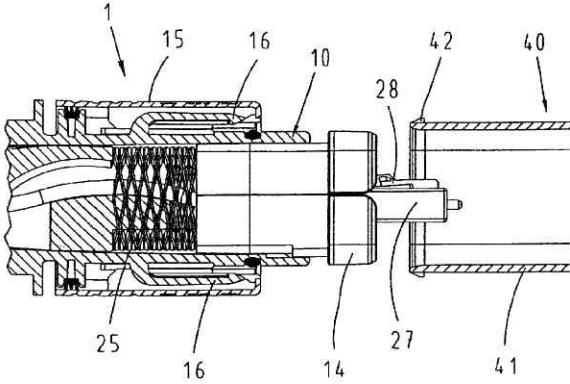
출원국가	US	법적상태	등록
출원번호	1993-0155765	출원일	1993.11.23
등록번호	5363460	등록일자	1994.11.08
특허권자	Diamond SA		
발명의 명칭	Sleeve portion for an optical fibre plug connector		
Family 특허	AU5063893, AU660859, DE59305330, EP0599784, JP2989093,		
요약	<p>The sleeve portion contains a sleeve, the sleeve openings of which are overlain by moveable protective flaps. The protective flaps are placed under spring tension and are forced out of the closed position into an opened position during insertion of a plug ferrule into the sleeve. The protective flaps have the effect that, when a plug is withdrawn out of the sleeve portion, no light can be emitted from the sleeve opening. The pivotable mounting of the protective flaps ensues between an inner sleeve housing and an outer sleeve housing.</p>		
대표도면			



		
<p>대표 청구항</p>	<p>In a fiber optical plug connector receptacle having at least one socket with an open end for receiving a ferrule of a plug which can be inserted into the receptacle, the receptacle having a protective flap movably mounted in front of the opening, said flap having a deployed position at least partially covering the socket opening and a stowed position in uncovering the opening, the improvement wherein the receptacle comprises an outer sleeve housing and an inner sleeve housing which is slid into the outer sleeve housing, and the protective flap is held between the sleeve housings and is mounted so that it can pivot between said positions.</p>	
<p>분석결과 종합</p>	<p>본 특허에 채용된 해결방법 또는 수단</p>	<p>플러그(4)는 하우징(9)에 결합하게 되는 데, 결합시 락킹바(20)와 락킹캐치(14)에 의해 결합을 유지함 이러한 락팅은 해제레버(21)에 의해 해제 됨 락킹바(20)와 락킹캐치(14)가 결합되는 것은 Harting 사의 체결 원리와 유사함</p>
<p>본 발명 및 패밀리 특허 권리 범위</p>	<p>AU5063893, AU660859, DE59305330, EP0599784, JP2989093,</p>	<p>본 발명 및 패밀리 특허의 청구항들은 protective flap(6)에 대하여 권리범위를 청구하고 있음. 따라서, 락킹바(20)와 락킹캐치(14)의 결합은 자유롭게 실시 가능함</p>

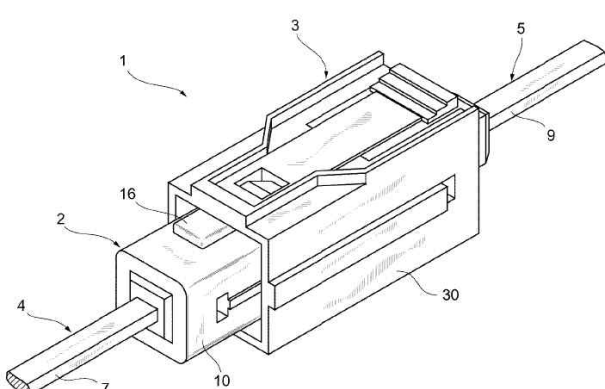
③ US-8408810

출원국가	US	법적상태	등록
출원번호	2010-0702973	출원일	2010.02.09
등록 번호	8,408,810	등록 일자	2013.04.02
특허권자	Harting Electronics GmbH		
발명의 명칭	Connector for optical waveguides		
Family 특허	CN101825746, DE102009011388, EP2226660, JP5108907		
요약	<p>In order to realize an exact contacting of optical waveguides in connectors, the invention proposes a connector for optical waveguides, particularly for being mated and contacted with a mating connector that is equipped with an optoelectric receiver, wherein two optical waveguides are respectively arranged within a ferrule housing in a spring-loaded fashion in individual ferrules and can be axially displaced independently of one another. The ferrule housings are also arranged in a sliding housing that is arranged within a surrounding connector housing such that it can be axially displaced by a certain supplementary travel, namely also in a spring-loaded fashion. This makes it possible to reliably compensate manufacturing-related dimensional tolerances between the ferrule housings and the optoelectric receivers in a mating connector or another adapter.</p>		
대표도면			

		
<p>대표 청구항</p>	<p>And optical waveguide connector for mating and contacting with a mating connector that is equipped with an optoelectric receiver, comprising: a connector housing, in which at least one ferrule housing with an optical waveguide embedded in a ferrule is arranged in a sliding housing, wherein the ferrule can be axially displaced by a spring arranged in the ferrule housing, wherein the sliding housing is arranged within the connector housing such that the sliding housing can be axially displaced by a supplementary travel together with at least one ferrule housing held therein with the aid of an axially acting spring, and wherein the optical waveguide is fixed with a seal and a pressure screw into the connector housing in an environmentally sealed fashion.</p>	
<p>분석결과 종합</p>	<p>본 특허에 채용된 해결방법 또는 수단</p>	<p>슬리브(15) 내부에 구비된 로킹암(16)이 하우징(40)의 언더컷(42)에 체결</p>
<p>본 발명 및 패밀리 특허 권리 범위</p>	<p>CN101825746, DE102009011388, EP22226660, JP5108907</p>	<p>본 발명은 커넥터하우징, 슬라이딩하우징, 페룰하우징의 체결관계에 관한 것으로 주요한 구성요소는 거리 조절을 위한 스프링 및 슬라이딩 하우징을 체결하기 위한 개구부에 있습니다.</p>

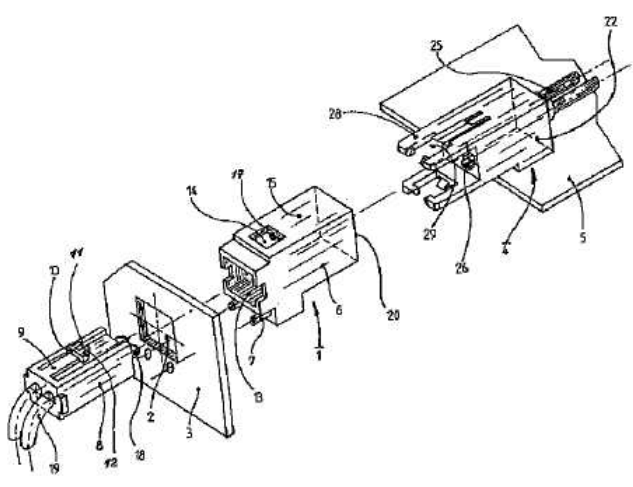
(2) 일본 핵심 특허(2건) 현황

① JP-5071045

출원국가	JP	법적상태	등록
출원번호	2007-0279278	출원일	2007.10.26.
등록번호	5071045	등록일자	2012.08.31.
특허권자	SUMITOMO ELECTRIC IND LTD		
발명의 명칭	광커넥터		
Family 특허	CN101419314A, CN101419314B, EP2053433A1, JP2009109578A, JP5071045B2, US2009097799A1, US7988368B2		
요약	<p>광커넥터는, 커넥터 플러그와 커넥터 소켓을 구비하고 있다. 커넥터 플러그는, 하우징, 광케이블을 고정하는 서브 애시, 광케이블의 광파이버심 선을 유지하는 페루울을 갖고 있다. 하우징 내에 들 수 있는 서브 애시와 케이블 도입부와의 사이에는 케이블 실 부재가 배치하게 되고 있다. 커넥터 소켓은, 하우징 이라고 끼우는 하우징, 광케이블을 고정하는 서브 애시, 광케이블의 광파이버심 선을 유지하는 페루울을 갖고 있다. 하우징내에 들 수 있는 서브 애시와 케이블 도입부와의 사이에는 케이블 실 부재가 배치하게 되고 있다.</p>		
대표도면			

<p>대표 청구 항</p>	<p>제1 커넥터와, 제1 커넥터에 대하여 결합하게 되는 제2 커넥터를 구비하는 광커넥터이고, 제1 커넥터는, 제1 광케이블을 도입하기 위한 제1 케이블 도입부를 가지는 제1 하우징과, 제1 하우징 내에 배치하게 되고, 제1 광케이블의 밖 피로부터 노출하게 되는 광파이버의 선단부를 지지하는 제1 페루올과, 제1 하우징내에 도입하게 되는 제1 광케이블을 고정하는 제1 케이블 고정부와, 제1 하우징내에 둘 수 있기 전기 제1 케이블 도입부와 제1 케이블 고정부와 사이에 배치하게 되고, 제1 하우징과 제1 광케이블이라는 접속부분을 포장하기 위한 제1 실 부재를 갖고, 제2 커넥터는, 제1 하우징이라고 끼우고, 제2 광케이블을 도입하기 위한 제2 케이블 도입부를 가지는 제2 하우징과, 제2 하우징내에 배치하게 되고, 제2 광케이블의 밖 피로부터 노출하게 되는 광파이버의 선단부를 지지하는 제2 페루올과, 제2 하우징내에 도입하게 되는 제2 광케이블을 고정하는 제2 케이블 고정부와, 제2 하우징내에 둘 수 있기 전기 제2 케이블 도입부와 제2 케이블 고정부와 사이에 배치하게 되고, 제2 하우징과 제2 광케이블이라는 접속부분을 포장하기 위한 제2 실 부재를 갖는 것을 특징으로 하는 광커넥터.</p>	
<p>분석결과 종합</p>	<p>본 특허에 채용된 해결방법 또는 수단</p>	<p>광케이블을 광접속시키기 위해, 소켓과 플러그를 체결함에 있어서, 플러그의 돌기부와 소켓의 구멍부의 결합을 사용</p>
<p>본 발명 및 패밀리 특허 권리 범위</p>	<p>CN101419314A, CN101419314B, EP2053433A1, JP2009109578A, JP5071045B2, US2009097799A1, US7988368B2</p>	<p>본 발명 청구항 제3항, EP의 청구항 제4항, US의 청구항 제4항에서 돌기부(16)와 소켓(3)의 구멍부(37)의 결합을 권리범위화 하고 있음</p>

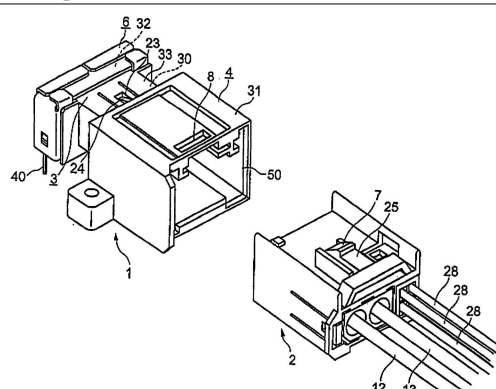
② JP-3062115

출원국가	JP	법적상태	등록
출원번호	09114512	출원일	1997.05.02
등록 번호	3062115	등록 일자	2000.04.28
특허권자	HARTING KG AA		
발명의 명칭	플러그 커넥터		
Family 특허	DE19619374C1, DE29607793U1, EP0805366A1, US5930426A		
요약	<p>플러그 커넥터의 여러 가지의 삽입 깊이가 보상하게 되고, 콘센트 단부의 단면이 항상 일정한 압력으로 서로 꼭 눌러지게 한 플러그 커넥터를 제공한다. 지지 프레임에 삽입 가능한 프린트 기판상에 전기 플러그 커넥터와 함께 배치한 플러그 커넥터, 유리히는 광도 파로를 위한 플러그 커넥터로, 전기 플러그 커넥터에 근거하는 콘센트 방향에 있어서 공차를 보상하다 플러그 커넥터 반이 지지체 내에 유지 및 계지하게 되는 삽입부를 가지고 있고, 플러그 커넥터 반을 접합하 이 계지가 해제하고 프린트 기판의 플러그 커넥터 반이라는 계지가 행해지고, 지지체라는 계지가 해제한 것에 의해 삽입부가 지지체 내를 이동할 수 있다</p>		
대표도면			

<p>대표 청구항</p>	<p>플러그 커넥터 이고, 접합한다고 서로 계지하는 2개의 플러그 커넥터 반으로 되고, 그 플러그 커넥터 반에 각각 적어도 1개의 삽입부 혹은 접촉부가 유지하게 되고 있고, 전기록 플러그 커넥터 반을 접합한다고 상기 삽입부 혹은 접촉부가 서로 용수철 탄성적으로 꼭 눌러는 형식의 것에 있어서, 제1의 플러그 커넥터 반이 지지체를 가지고, 그 지지체에 삽입부가 삽입하게 된다고 처음에 계지하게 된다 게 되어 있고, 이 때 광도파로 혹은 푸시 배트 콘택트의 콘센트 단부가 용수철의 힘에 대항하고 종방향에 이동할 수 있도록 상기 삽입부로 유지되고 있고, 제2의 플러그 커넥터 반이 상기 광도파로 혹은 푸시 배트 콘택트의 콘센트 단부를 포함하고 있고, 제2의 플러그 커넥터 반에는 제1의 플러그 커넥터 반의 삽입부라고 계지하기 위한 계지 수단이 마련되어 있고, 전기록 플러그 커넥터 반을 접합한다고 상기 삽입부와 상기 지지체와의 사이의 계지가 해제하다 커넥터 반이라는 계지가 행해지고, 이 때 상기 삽입부가 상기 지지체내에서 종방향에 이동할 수 있도록 으로 유지되고 있고, 전기록 플러그 커넥터 반을 분리하는 때는 처음에 상기 삽입부와 상기 지지체라는 계지가 행해지고, 다음에 상기 삽입부와 제2의 플러그 커넥터 반과의 사이의 계지가 해제하게 되는 게 되어 있는 것을 특징으로 하는 플러그 커넥터.</p>	
<p>분석결과 종합</p>	<p>본 특허에 채용된 해결방법 또는 수단</p>	<p>제1플러그(1)는 지지체(6)에 반이 삽입되어 스톱퍼(10/16)에 경호면(11)으로서 고정되어 있고, 제2플러그(4)의 반이 상기 지지체(6)에 삽입될 때 록킹암(28)이 상기 경호면을 가압하여 고정을 해제시킴에 따라, 용수철(21)이 작용하여 상호 광접속을 밀착하게 되는 구조.</p>
	<p>핵심특허 선별이유</p>	<p>-</p>
<p>본 발명 및 패밀리 특허 권리 범위</p>	<p>DE19619374C1, DE29607793U1, EP0805366A1, US5930426A</p>	<p>본 발명 및 패밀리 특허는 귀사가 실시하고자 하는 구조적 특징과 무관함</p>

(3) 유럽 핵심 특허(1건) 현황

① EP-1217407

출원국가	EP	법적상태	등록
출원번호	2001-0310658	출원일	2001.12.20.
등록 번호	1217407	등록 일자	2010.10.20.
특허권자	THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.		
발명의 명칭	Optical/electric composite connector		
Family 특허	DE60143284, EP1217407, JP2002190344, JP4550268, KR100849574, KR20020050141, US2002102066, US6688779		
요약	<p>An optical/electric composite connector of the present invention is capable of firmly shielding optical elements, while the optical/electric composite connector is capable of performing both an optical connection of the optical elements and an electric connection by electric terminals. An optical/electric composite connection is formed by that a second connector housing is provided on the side of one end of a first connector housing which stores therein the optical elements. The first connector housing is formed by electric conductive resin, and the second connector housing is formed by non-electric conductive resin. Connection end surfaces of optical fibers, which are optically coupled to the optical elements are fixed to a plug connector, and then, are inserted into the second connector housing.</p>		
대표도면			



대표 청구항	<p>An optical/electric composite connector comprising: a first connector housing for storing therein an optical element; a second connector housing provided on one end of said first connector housing, which houses a connection end surface of an optical fiber coupled to said optical element wherein: the first connector housing is formed of an electrically conductive resin; the second connector housing is formed of a non-electrically conductive resin; and the first connector housing and the second connector housing are detachably connected directly to each other; an electrical terminal provided on said second connector housing; and a metal case mounted on said first connector housing and configured to fix the optical element stored in said first connector housing, wherein said metal case is mounted on said first connector housing so as to cover the outer side of said first connector housing at the portion storing the optical element.</p>	
분석결과 종합	본 특허에 채용된 해결방법 또는 수단	제2커넥터하우징(4)의 클로결합부(8)와 플러그커넥터(2)의 결합클로(7)의 체결구조
본 발명 및 패밀리 특허 권리 범위	핵심특허 선별이유	<p>Harting 사의 체결 방법과는 상이하나, 회피 설계시 고려 대상으로 사료됨</p> <p>JP, KR, US 특허청구범위를 검토한 결과, 제1커넥터하우징(3)과 제2커넥터하우징(4)의 체결구조를 청구하고 있음 즉, 제2커넥터하우징(4)과 플러그커넥터(2)의 체결관계에 대한 권리범위는 없다고 판단됨</p>
	DE60143284, EP1217407, JP2002190344, JP4550268, KR100849574, KR20020050141, US2002102066, US6688779	