

FTTH用現場組立コネクタの開発

Development of New Field-Installable Connectors for FTTH

岩屋 光洋*
Mitsuhiro Iwaya

瀬尾 浩司*
Koji Seo

宮崎 栄樹*
Hideki Miyazaki

西村 直也*
Naoya Nishimura

南里 伸弘*
Nobuhiro Nanri

下地 直子*²
Naoko Shimoji

平尾 昌弘*²
Masahiro Hirao

概要 近年FTTH (Fiber To The Home) の普及は目覚ましく、今後も更に増加していくことが見込まれている。そこで、光ファイバを各家庭に引き込んで光インターネットサービスを早急に開通させるために、施工の迅速化やスキルレス化に対する要望が高まっている。特に接続点におけるメカニカルスプライス若しくは融着による接続作業は、接続後に光ファイバ余長の収容が必要であり時間のかかる作業となっていた。また、サービス切替時には光ファイバを切断し再施工しなければならないという課題もあった。これらの課題に応えるべく、架空クロージャから加入者宅内に至る各接続点において、ドロップ・インドアケーブルに直接取り付け可能で心線余長処理を不要とし、かつ適用箇所に応じた複数種類の外被把持型現場組立光コネクタを開発したので報告する。

1. はじめに

近年、日本におけるブロードバンドサービスの普及は目覚ましく、特にFTTHの加入者数は700万世帯を超え、月ベースの純増数は30万世帯に達する勢いになっている。その増加ペースは今後も更に加速すると予測され、導入工事の迅速化や施工のスキルレス化に対する要望が高まっている。

光サービスを提供する際の加入者宅に対する光配線形態の一例を図1に示す。局から光ケーブルとして敷設された光ファイバは、加入者宅近傍の架空クロージャにて心線分離され、ドロップケーブルと接続されて加入者宅軒下へ引き落とされる。更に軒下のキャビネットにおいてドロップケーブルはインドアケーブルと接続され、インドアケーブルが加入者宅の室内に配線されてONU (光電変換装置) に接続される。これまでの加入者宅への光配線構成では、これらの接続ポイント (架空クロージャ・キャビネットなど) における光ファイバ心線の接続を、メカニカルスプライス若しくは融着により行っていた。このため接続時に光ファイバ心線の余長が必要であり、それを接続後に曲げ・引張りなどを与えないように収納する必要があるため、熟練と時間を要する作業となっていた。

また、サービス切替や故障時には接続ポイントの光ファイバ心線を一旦切断して、その後改めて施工し直さなければならないという課題もあった。

そこで今回我々は、架空クロージャやキャビネット内での配線をコネクタ化することで接続性やメンテナンス性の向上、及

び新しい光配線形態の実現 (図2) を図ることを目的に、現場組立光コネクタを開発し諸特性を確認したので報告する。

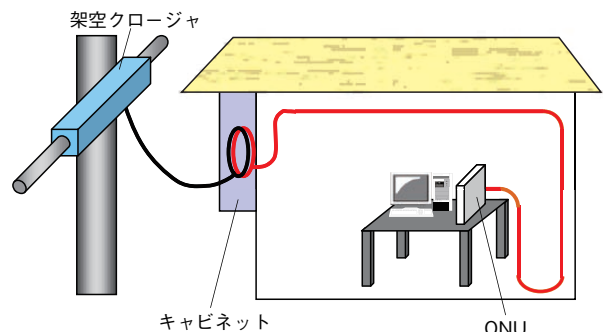


図1 従来の加入者宅への光配線形態例
Conventional layout of access network for subscriber's premises.

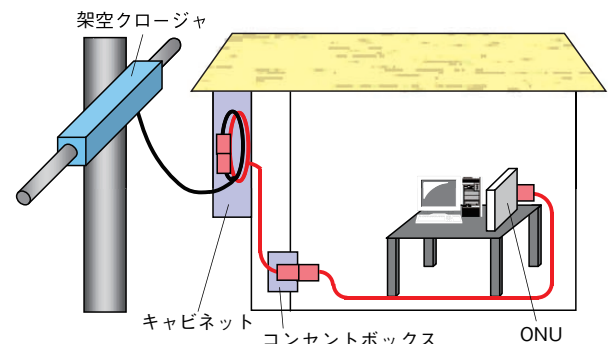


図2 加入者宅への新配線形態の例
New layout of access network for subscriber's premises.

* 研究開発本部 ファイテルフォトリクス研究所

*² 情通カンパニー ファイテル製品部

2. FTTH用現場組立コネクタの種類

2.1. FAコネクタ

図3にFAコネクタの外観を示す。加入者宅軒下のキャビネット又は新設住宅のコンセントボックスでのケーブル接続のためにこのFAコネクタを開発した。プラグ型・ソケット型からなる独自のインターフェースを持ち、ドロップ・インドケーブルに直接コネクタを取り付ける(=外被把持)ことが可能である。特にソケット型はハウジングが湾曲した独特の構造を持ち、JIS C 8435に準拠したスイッチボックス・浅形SM36に収容可能であるとともにアダプタを介さずにSCコネクタと接続することもでき、光コンセント接続を実現できる。



図3 FAコネクタの外観
Appearance of FA connector.

2.2. 架空クロージャ用現場組立コネクタ

図4にその外観を示す架空クロージャ用現場組立コネクタは、架空クロージャ内における高密度実装を目的に断面積を縮小した現場付けコネクタである。独自のプラグ型・ソケット型インターフェースから構成される。架空クロージャ内での接続形態に対応し、プラグ型にはドロップケーブルに取り付け可能な【ドロップ用】と光ファイバ素線を把持する【素線用】の2種類が、ソケット型には【素線用】の1種類のみがある。



図4 架空クロージャ用現場組立コネクタの外観
Appearance of field-installable optical connector for aerial cable closure.

2.3. 外被把持型現場組立SCコネクタ

図5に外被把持型現場組立SCコネクタの外観を示す。

FAコネクタの外被把持技術を応用し、加入者宅の宅内装置周辺で使用可能な外被把持型現場組立SCコネクタを開発した。ドロップケーブル及びインドケーブルに直接取り付け可能であり、SCコネクタと同等の接続インターフェースにより接続可能である。

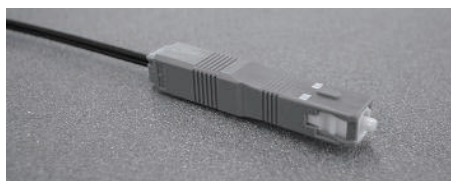


図5 外被把持型現場組立SCコネクタの外観
Appearance of field-installable cable-holding SC connector.

3. 外被把持現場組立コネクタの構造

図6に外被把持現場組立コネクタの基本構造を示す。

まず、ハウジングによって接続インターフェースが構成されるとともに、内部の部品や光ファイバ心線の保護がなされている。ハウジング内部にはフェルルー一体型メカニカルスプライス及び外被把持部品が収容されており、コネクタ種によってはフェルルーに接続方向への荷重を与える押圧ばねや、フェルルーの軸合わせを行う割スリーブが組込まれている。外被把持部品はスリット状の外被把持部分にツメ状突起が形成された樹脂部品であり、ケーブル外被を把持し、コネクタにケーブルを固定する機能を持つ。ケーブルの先端からは光ファイバ心線が露出しており、フェルルー一体型メカニカルスプライスに取り付けることでコネクタ化される。

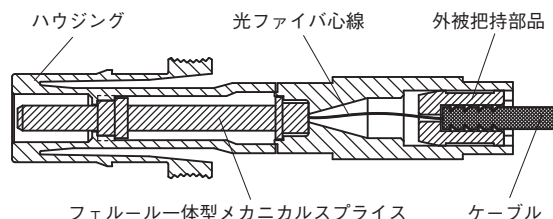


図6 外被把持現場組立コネクタの基本構造
Basic structure of field-installable cable-holding connector.

フェルルー一体型メカニカルスプライスは図7に示すように、単心フェルルーと一体化されたV溝基板及びファイバ押さえふたから構成され、クランプスプリングによって相互に押し付けられている。V溝基板には光ファイバを載置可能なV溝が形成されており、2枚のファイバ押さえふたで素線部と被覆部をそれぞれ挟んで固定することができる。フェルルーの内部には内蔵ファイバが接着固定されており、先端はフェルルーとともに研磨済み、逆端は鏡面切断されV溝基板上に配置されている。

メカニカルスプライスの接続機構を図8に示す。V溝基板とファイバ押さえふたの側面には段差が形成されており、ここにクサビを挿入することでV溝基板とファイバ押さえふたの接合面をわずかに開き、光ファイバをV溝に沿って導入することができる。ここに現場で処理した光ファイバ心線を挿入し、ファイバ先端が内蔵ファイバと突き当たった状態でクサビを引き抜いて両ファイバを基板とふたで挟み、接続固定することができる。なお、良好な接続損失及び反射特性を得るために接続部付近には屈折率整合剤が充填されている。

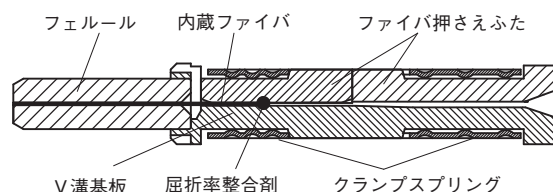


図7 フェルルー一体型メカニカルスプライス
Ferrule-integrated mechanical splice.

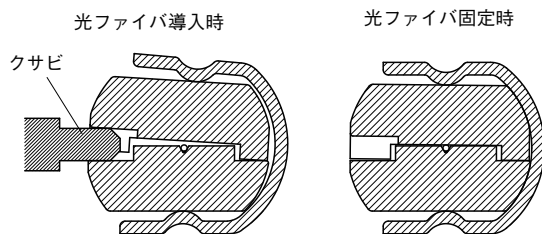


図8 メカニカルスプライス接続機構
Mechanism of mechanical splice.

フェルルー一体型メカニカルスプライスの後端から出た光ファイバはハウジング内部でわずかにたわみ、ハウジング後方でケーブル外被とともに外被把持部品に固定されている。なお、架空クロージャ用現場組立コネクタの【素線用】では外被把持部品がなく、光ファイバ心線がたわみなく直にハウジング外へ延出している。

4. 外被把持現場組立コネクタの接続機構

外被把持現場組立コネクタの接続機構は、その構成から一般の工場付けコネクタとは異なる方式によって設計されている。一般のコード付けコネクタでは、光ファイバがフェルルーに接着剤で固定され、しかも光ファイバ心線が“ルース”，すなわち光ファイバ心線がコード外被と密接しておらず内部で比較的自由に移動可能である。このため、例えばコネクタ接続時にフェルルーがプッシュバック（後退）した場合にも、フェルルーの後退分だけ光ファイバが光コード内に押し戻され、コード全長でプッシュバック分の余長を緩やかに吸収することができる。

これに対して、ドロップケーブルやインドアケーブルでは外被と光ファイバ心線が密着しており、内部で光ファイバ心線が動くことができない“タイト”な構造である。しかも先に説明したように、外被把持部品によってケーブル外被がコネクタハウジング内に固定されているため、フェルルーの後退分の光ファイバ余長を吸収するための十分な距離が確保できない。このため、従来のコネクタと同様に接続時にフェルルーがプッシュバックするとフェルルー一体型メカニカルスプライスの後端とケーブル外被際との間で光ファイバが急激に曲げられてしまい、曲げ損失や破断の恐れがある。

このような問題を解決するために外被把持現場組立コネクタで新たに採用した構造について説明する。

4.1. FAコネクタ

最初にFAコネクタの場合について説明する。FAコネクタは先に述べたようにコンセントボックスへの収納をも想定して開発したため、ボックスに収容されるソケット型コネクタの小型化が最重要である。そのためソケット型コネクタはハウジング自体が90°湾曲した独特の形状をしており、その内部で光ファイバ心線が半径10 mm相当で曲げられている（図9）。このような状態で更にフェルルー一体型メカニカルスプライスが後退すると光ファイバ心線に過剰な曲げが加わり大きな損失が発生するため、ソケット型では押圧ばねを省略してプッシュバックを起こさない設計となっている。すなわち、ソケット型ではフェルルー一体型メカニカルスプライスと外被把持部品が、コネクタ組立後にハウジングに不動に固定された構成であ

り、光ファイバ心線の曲げ半径の変動を防止している。

一方、ソケット型と接続されるプラグ型コネクタにはばねによる押圧機構が必須である。そこでプラグ型コネクタではフェルルー一体型メカニカルスプライスの後方に切り欠きを設け、外被把持部品と連結する構成とした（図10）。こうした工夫によりフェルルー後退時にも必ず外被把持部品が一体となって連動するため、光ファイバ心線余長の変動が発生しない。

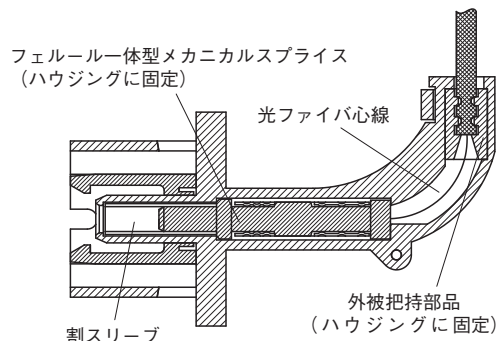


図9 FAコネクタソケットの接続機構
Connecting mechanism of FA connector socket.

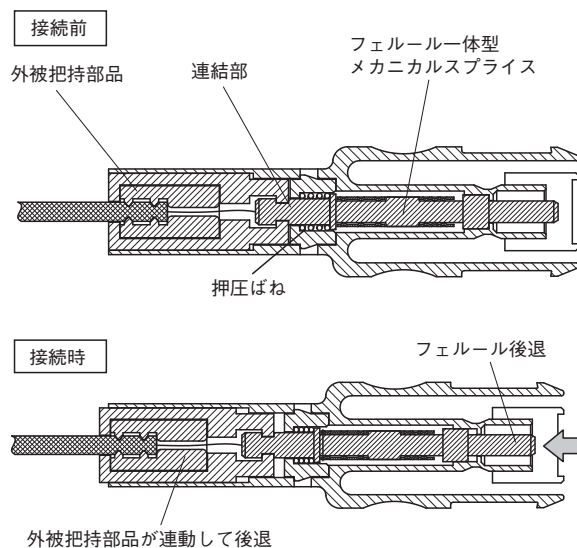


図10 FAコネクタプラグの接続機構
Connecting mechanism of FA connector plug.

4.2. 架空クロージャ用現場組立コネクタ

図11に、架空クロージャ用現場組立コネクタの基本構造を示す。

架空クロージャ用現場組立コネクタの場合、プラグ型は【ドロップ用】及び【素線用】の2種類があるのに対し、ソケット型は【素線用】のみである。そこで、ソケット型にのみ押圧ばねを採用し、外被把持の可能性のあるプラグ型についてはFAコネクタソケット型と同様にフェルルー一体型メカニカルスプライス及び外被把持部品をハウジングに固定する方式にしている。すなわち、ソケット型ではフェルルー一体型メカニカルスプライスがプッシュバックしてもファイバ心線がハウジング外へ押し出されるだけで曲げが発生せず、プラグ型ではプッシュバックそのものが起こらない。なお【素線用】プラグは外被把持部を持たないが、【ドロップ用】プラグと同様に押圧ばねを省略した固定式の構造である。

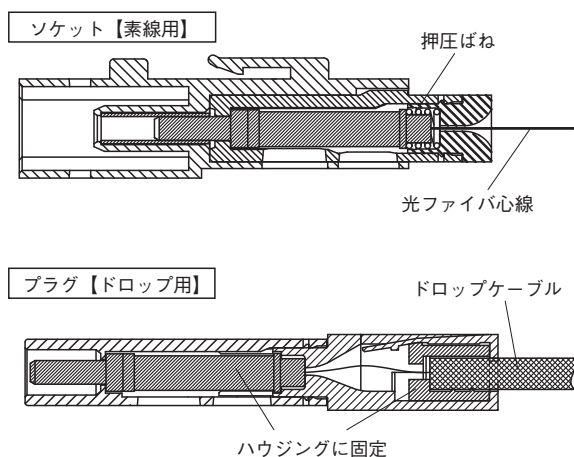


図11 架空クロージャ用現場組立コネクタの構造
Structure of field-installable optical connector for aerial cable closure.

4.3. 外被把持型現場組立SCコネクタ

外被把持型現場組立SCコネクタはFAコネクタや架空クロージャ用現場組立コネクタのようにプラグ・ソケットの組合わせ接続でないため押圧ばねの内蔵が必須である。そこで、FAコネクタプラグと同様にフェルルー一体型メカニカルスプライスの後方に切り欠き部を設け、外被把持部品を連結した構造としている。

5. 組立工法・治具

外被把持現場組立コネクタでは、接続機構（連動型・固定型）に関わらず、コネクタ組立後の状態において外被把持部品の収容位置と、光ファイバの先端固定位置（フェルルー一体型メカニカルスプライスの内蔵ファイバ位置）との距離が各コネクタの構成部品寸法によって予め決定される。このため、コネクタ組立の際に外被把持部品から光ファイバ先端までの長さを管理することが極めて重要となる。

つまり、光ファイバ長が長すぎるとコネクタ組立後にハウジング内での光ファイバのたわみが大きくなり曲げ損失が発生し、逆に短すぎる場合は内蔵ファイバに届かなくなり、適切にメカニカルスプライス接続を行うことができない。しかしながら光ファイバ長は現場でのケーブル端末処理作業によるものであり、作業の簡便化・時間短縮の点から厳密な処理寸法調整を作業者に委ねることはできない。

そこで、誰でも簡単かつ迅速に適正な光ファイバ寸法調整を行うことができるように、専用の処理工具を開発した。また、各コネクタで光ファイバ長設計を同一とし、処理工具を全てのコネクタで共用可能とした。

5.1. ケーブルホルダ及びストリッパ

全ての外被把持型現場組立コネクタに共通の光ファイバ心線処理長として、図12に示した寸法関係を設定した。そしてこれを簡単に達成するために、ケーブルホルダ及び専用のストリッパを開発した。これらの工具を使用することで、ケーブル外被を固定し、先端から光ファイバ心線を露出した外被把持部品をケーブルホルダの基準面に突き当てて保持し、専用ストリッパで被覆除去した後に光ファイバカッターで切断するだけで

正確に規定寸法を実現できるようになった（図13）。

また架空クロージャ用現場組立コネクタの【素線用】についても光ファイバ素線の寸法管理が必要なため、ケーブルホルダと組み合わせて使用できる素線ホルダを開発した⁵⁾。

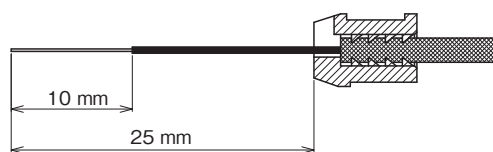


図12 光ファイバ心線寸法設計
Proper fiber length.

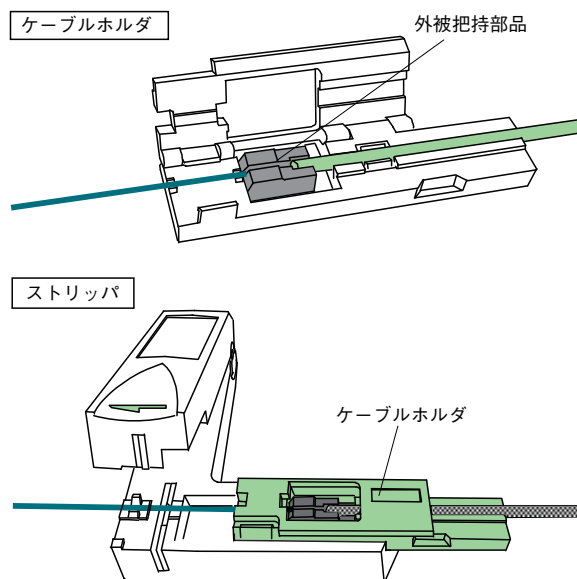


図13 光ファイバ心線処理工具
Tools for fiber preparation.

5.2. クサビ

開発した外被把持型現場組立コネクタは予め工場ではメカニカルスプライス部にクサビが装着されており、クサビ挿入作業を現場で行う必要がなく、挿入不良によるコネクタ組立ミスを防止するとともに作業時間の短縮に貢献している。クサビはファイバ末端を導入後、コネクタを把持したまま一動作で容易に抜き去ることができる。

架空クロージャ用現場組立コネクタプラグを例にクサビ動作を図14に示す。クサビ後部(写真右側)の突起部を押すことで、この原理によりクサビがフェルルー一体型メカニカルスプライスから引き抜かれる。クサビ両サイドの壁はコネクタハウジングを挟み込むようになっており、クサビを抜いた後にコネクタから外れて落下することのないように設計されている。

5.3. 挿入治具

開発した現場組立コネクタはいずれもメカニカルスプライス機構により接続を行うため、フェルルー一体型メカニカルスプライス基板への光ファイバの導入作業を伴う。この作業を簡単にするため、各コネクタについて光ファイバ挿入治具を作成した。FAコネクタではプラグ型とソケット型について組立方法が異なるため、それぞれ最適の光ファイバガイド機構を設計し、1個の治具に集約した。同様に架空クロージャ用現場組立コネクタでは素線用とドロップ用の光ファイバガイドを集約し

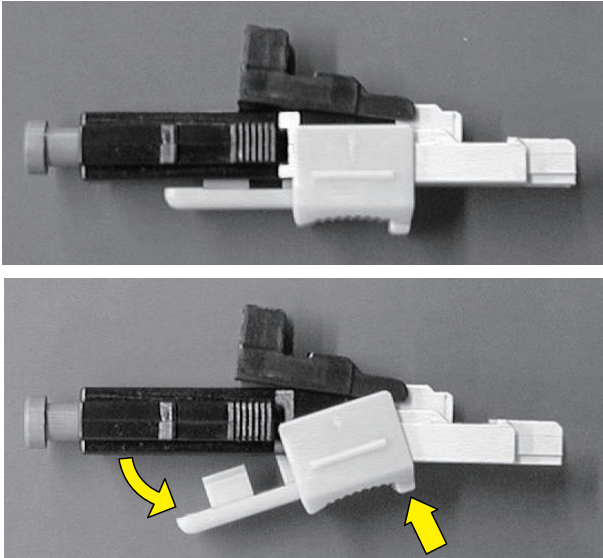


図14 クサビ抜去動作機構
Mechanism of wedge removal.

た2).5)。

6. 特性

6.1. 初期光学特性

ここでは一例として架空クロージャ用現場組立コネクタのプラグ【ドロップ用】—ソケット【素線用】のランダム接続損失を図15に示す。測定波長1310 nmにおいて平均0.20 dB、最大0.51 dB、及び測定波長1550 nmにおいて平均0.19 dB、最大0.47 dBと良好な特性が得られている。また、反射減衰量も全て40 dB以上であり良好な特性が確認された。

図示しないが、FAコネクタのプラグ—ソケット接続についても測定波長1310 nmにおいて平均0.25 dB、最大0.52 dB、及び測定波長1550 nmにおいて平均0.25 dB、最大0.48 dBと良好な特性が確認されている。

同様に、外被把持型現場組立SCコネクタの対SCマスタコネクタ接続損失は、測定波長1310 nmで平均0.18 dB、最大0.30 dB、測定波長1550 nmで平均0.16 dB、最大0.25 dB程度と良好である。

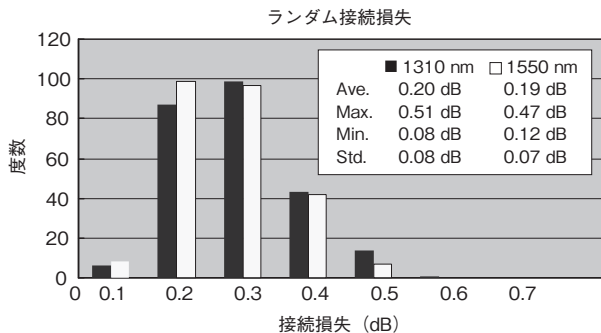


図15 架空クロージャ用現場組立コネクタのランダム接続損失
Histogram of random insertion loss of field-installable optical connector for aerial cable closure.

7. 信頼性

架空クロージャ用現場組立コネクタを例に各種信頼性試験の結果を示す。試験条件及び試験結果を表1に示す。測定波長は1310 nmおよび1550 nmの2波長で実施し、機械特性、環境特性とも優れた信頼性を持つことが確認された。代表として測定波長1550 nmでの連続温湿度サイクル試験結果のグラフを図16に示す。また、FAコネクタおよび外被把持型現場組立SCコネクタについては、架空クロージャ用現場組立コネクタの【ドロップ用】に相当する信頼性を確認した。

表1 架空クロージャ用現場組立コネクタの信頼性評価結果
Reliability test of field-installable optical connector for aerial cable closure.

項目	条件	損失増加
引張試験	【ドロップ用】 10.0 N 【素線用】 3.0N	0.2 dB 以下
曲げ試験	【ドロップ用】 4.9 N 【素線用】 0.05 N	0.2 dB 以下
振動試験	1.5 mm, 10 ~ 55 Hz, 2時間, 3軸	0.2 dB 以下
衝撃試験	100 G, 6 ms, 3回, 3軸	0.2 dB 以下
着脱試験	500回, 10回毎清掃	0.2 dB 以下
温度 サイクル試験	-40 ~ 70℃, 6時間×10サイクル	0.2 dB 以下
温湿度 サイクル試験	-10 ~ 65℃, 93% RH, 24時間×10サイクル	0.2 dB 以下
高温試験	70℃, 240時間	0.2 dB 以下
低温試験	-40℃, 240時間	0.2 dB 以下
連続温湿度 サイクル試験	85℃, 60℃ 95% RH, -40 ~ 70℃, 各336時間	0.2 dB 以下

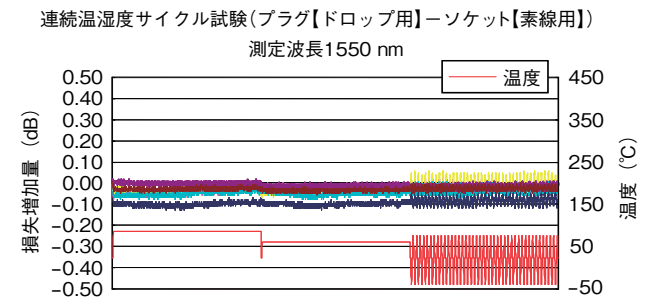


図16 架空クロージャ用現場組立コネクタの連続温湿度サイクル試験結果
Environmental reliability test of field-installable optical connector for aerial cable closure.

8. おわりに

近年のFTTHの普及に伴う施工上の課題及び要求に応えるため、架空クロージャから加入者宅内のONUに至る各接続点のコネクタ化を目的として開発を行った。各接続箇所に適した現場組立光コネクタを開発し、良好な光学特性及び信頼性を確認した。またそれぞれに適した作業治工具を開発し、簡単に確実な施工を可能とした。

文 献

- 1) Yasuo Oda: "An optical wiring technology for home network to realize a service-ready and low-cost FTTH service," Proceedings of the 2005 IEICE General Conference, B-10-9 (March, 2005).
- 2) Mitsuhiro Iwaya: "Novel field installable connector for optical fiber wire," Proceedings of the 54th IWCS, 1-4, (Nov. 2005).
- 3) Kuniaki Terakawa: "Aerial joint technology to realize large amount of optical construction," Proceedings of the 2006 IEICE General Conference, B-10-5 (March, 2006).
- 4) Tatsuya Nakajima: "Development of the aerial optical connector to realize large scale optical network construction," Proceedings of the 2006 IEICE Society Conference, B-10-7 (Sep, 2006).
- 5) Koji Seo: "Development of field assembly connector for aerial closure," Proceedings of the 2006 IEICE Society Conference, B-10-8 (Sep, 2006).