

融着型現場組立光コネクタ

光機器・システム事業部 岩下 芳 則¹・土 田 隆 博¹・川 西 紀 行²
光ケーブルシステム開発センター 高 橋 茂 雄³・Serin Tan³・瀧 澤 和 宏⁴

Field-Installable Fusion Splice Connector

Y. Iwashita, T. Tsuchida, N. Kawanishi, S. Takahashi, S. Tan, and K. Takizawa

Fiber To The Home (FTTH) における光コネクタの取り付け作業では、メカニカルスプライス方式の現場組立光コネクタが一般的に使用される。しかしFTTHシステムの中には、低反射接続やケブラ入り光ファイバコードとの堅牢で容易な接続が要求される場合がある。この市場要求に応えるため、容易な組立作業性と高信頼性を実現した融着型現場組立光コネクタとその周辺工具を開発した。

In the installation of optical connectors in a Fiber To The Home (FTTH) network, field-installable connectors employing the mechanical splice technique are commonly used. However, some FTTH systems require low reflectance connection and also an easy and yet sturdy method of terminating Kevlar-reinforced fiber cord. To meet this market requirement, we developed a field-installable fusion splice connector with accessories that realize easy termination and high reliability.

1. ま え が き

動画配信やインターネットサービスのデータ通信量の増大に対応するため、通信事業者と一般家庭を光ファイバで結ぶFTTHサービスが拡大している。

通信工事現場において、光ファイバを光コネクタに接続する方法には下記の2種類がある。

- 1) メカニカルスプライス方式現場組立光コネクタ¹⁾⁹⁾
- 2) 光コネクタ付き短尺光ファイバの融着接続

上記方法にはそれぞれ長所・短所がある。メカニカルスプライス方式の短所としては低反射減衰量の要求に応えられない場合があること、融着接続の短所としては接続補強点が残ることであった。

また、ケブラで補強されている光ファイバコードに光コネクタを接続する場合、上記どちらの方式でも接続後の強度が大幅に低下するという問題があった。ケブラの処理には熟練を要するため、工事現場への展開は容易ではなかった。

特に反射許容値が小さいシステムを有する通信事業者殿より、上記問題を解決した接続方法が強く要求されていた。これらの要求を実現すべく、融着型現場組立光コネクタとその周辺工具を開発した。

2. 装置の概要

融着型現場組立光コネクタ(以下 融着コネクタと呼ぶ)の外観を図1に、熱収縮スリーブ用加熱器(以下、加熱器と呼ぶ)の外観を図2に示す。

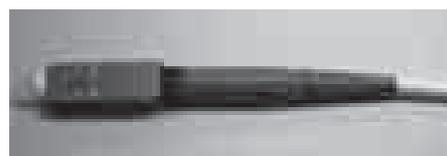


図1 融着コネクタの外観
Fig. 1. Appearance of fusion splice connector.



図2 融着接続機に取り付けた加熱器の外観
Fig. 2. Appearance of tube heater attached to fusion splicer.

1 精密機器製品部開発グループ
2 精密機器製品部開発グループ長
3 光ケーブルシステム開発センター
4 光ケーブルシステム開発センター主管部員

今回開発した融着コネクタの仕様を表1に、加熱器の仕様を表2に示す。

3. 融着コネクタの特長

3.1 コネクタ構造

従来の光コネクタ構造をそのまま融着コネクタに応用した場合、通常であれば下記のような組立手順となる。

コネクタに光ファイバコードの心線を融着接続し、補強スリーブで加熱補強する。

保護ケースをコネクタへ取り付けする。

ケブラを均等に配列し、カシメリングとカシメ工具を用いて、保護ケースへケブラを固定する。

コード外被を長手方向に割り、カシメリングとカシメ圧着工具を用いて、保護ケースへ外皮を固定する。ブーツを取り付ける。

現場でこの手順を実施した場合、この作業は煩雑だが、光コネクタとしての機械特性を確保するには省略できない作業である。

今回、組立作業性を向上させるため、この作業を簡略化することを目標とし、図3に示すように補強スリーブ収縮時に、ケブラとコードの外側被覆を補強スリーブで同時固定する構造を採用した。コネクタかん合時のフェルール先端の後退によって発生するコネクタ内部の光ファイバのたわみが懸念されるが、コネクタプッシュバック量を最適化したコネクタ構造にすることにより安定した特性を確保した。

表1 融着コネクタ仕様

Table 1. Fusion splice connector specifications.

1. コネクタ諸元	
コネクタタイプ	SC
研磨	SPCまたはAPC
対応コード	3.0, 2.0コード, 0.9心線
2. 接続性能	
接続損失	0.5 dB以下 (SM)
反射減衰量	40 dB以上 (SM, SPC) 60 dB以上 (SM, APC)
適合規格	Telcordia GR-326-CORE, JIS C5973 (F04), IEC61754-4

表2 加熱器仕様

Table 2. Heater specifications.

1. 加熱性能	
適用スリーブ	融着コネクタ用スリーブ
最大スリーブ長	41 mm
加熱収縮時間	100秒 (3 mmコード)
2. 加熱器諸元	
寸法	120 (W) × 28 (D) × 116 (H) mm
質量	400 g
電源	DC12V入力
その他機能	自動張力印加機構 蓄電機能 (30秒の電源遮断に対応)

この技術を適用した場合と従来技術を適用した場合の部品構成を比較したものを図4に示す。これによりカシメ作業の廃止に成功し、カシメ工具も不要となった。2つのカシメリングを使わないことで、部品点数も表3のように4点まで削減した。

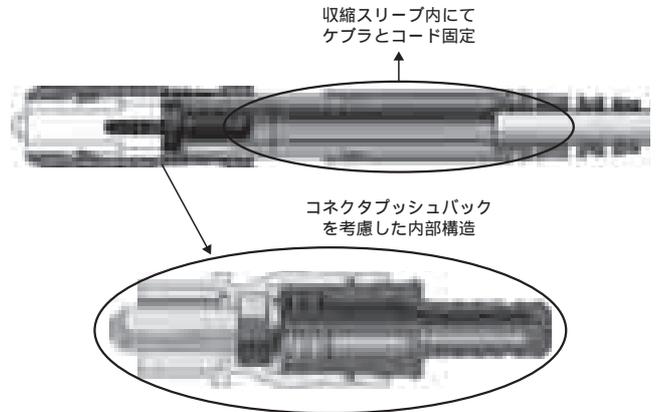


図3 融着コネクタの構造

Fig. 3. Structure of fusion splice connector.

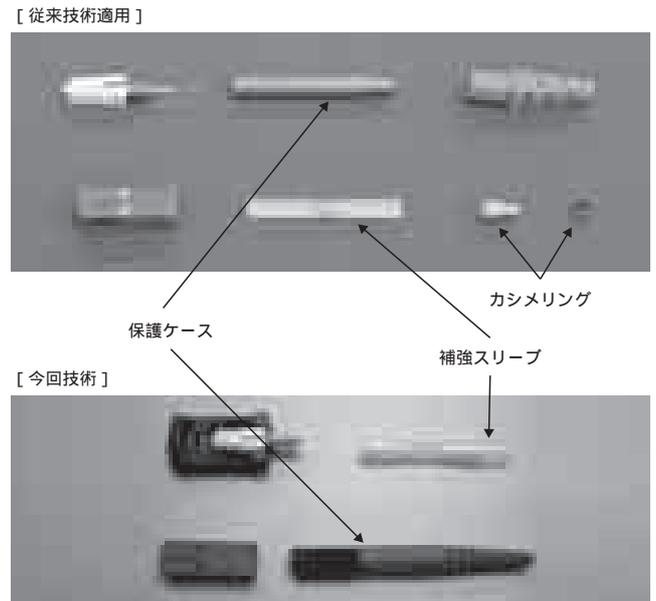


図4 構成部品の比較

Fig. 4. Comparison of parts.

表3 部品点数の比較

Table 3. Comparison of number of parts.

部品名	従来技術	新技術	備考
ツマミ	1	1	
コネクタ	1	1	
補強スリーブ	1	1	
保護ケース	1	1	
ケブラカシメリング	1	0	補強スリーブにて固定
コード外被カシメリング	1	0	
ブーツ	1	0	保護ケースと一体化
部品点数	7	4	

3.2 融着接続作業性の向上

融着接続作業を向上させるため、図5に示すコネクタホルダを開発した。

このコネクタホルダの特長は下記の通りである。

- 1) 使い捨てホルダであり、コネクタの付属品として添付される。コネクタがホルダに装着された状態で出荷されるため、現場にて作業者がコネクタをホルダへ装着する必要がない。
- 2) ファイバホルダシステムに対応した多種多様の融着接続機に装着できる互換性を有する。
- 3) 作業性向上のため、コネクタホルダは傾けた状態で加熱器へ装着するが、傾けた状態で装着できる形状を底面に有する。
- 4) 後述する光ファイバ搬送治具に装着できるフックを上面に有する。

融着コネクタと光ファイバコードを融着接続した後、接続したコネクタと光ファイバコードを加熱器へ搬送するが、融着接続機からの取り外し時や搬送途中での心線断線が相次いだ。通常の融着接続作業では光ファイバのみを加熱器へ搬送するが、融着コネクタの場合はコネクタを装着したコネクタホルダを加熱器へ搬送する。腰のある光ファイバコードとコネクタホルダの間の融着接続部（裸心線部）に応力が集中するため、断線が発生しやすい。この問題を解決するため、図6に示す光ファイバ搬送治具を開発し、容易な搬送と裸心線部への加傷防止



図5 コネクタホルダ
Fig. 5. Connector plug holder.



図6 光ファイバ搬送治具
Fig. 6. Fiber transfer device.

を実現した。

以上に説明したコネクタホルダと光ファイバ搬送治具により、作業者の熟練度に左右されない安定した融着接続作業が行えるようになった。

3.3 融着コネクタの横荷重特性

コネクタに対して90°方向に曲げた光ファイバコードに張力をかけても特性が悪化しない構造、いわゆる横荷重特性を確保するため、ブーツの最適化設計を実施した。

Telcordia規格GR-326-COREの引っ張り試験では、コネクタに対して90度方向に曲げた光ファイバコードに19.6Nの張力をかけた状態で、コネクタの接続損失を測定する。既存のブーツを使用すると、この試験において接続損失が悪化する。原因は図7に示すように、ブーツ出口付近でコードが極端に小さな径で曲がるためである。そこで、ブーツの改良を行い、ブーツ出口付近の極小径の曲がりを防止することに成功した。(図8)

4. 融着コネクタの諸特性

4.1 初期光学特性

融着型現場組立光コネクタ（APC研磨タイプ）の対マスタプラグに対する接続損失を図9に示す。内部に融着接続点を2点含むが、平均接続損失は0.16 dB(波長1.55 μm)

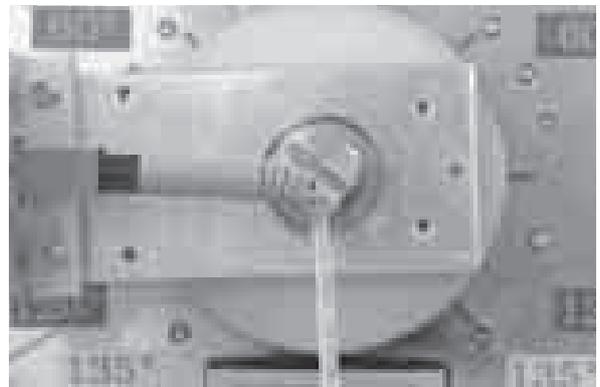


図7 従来ブーツを用いた側方引っ張り試験
Fig. 7. Side pull test with conventional splice sleeve.

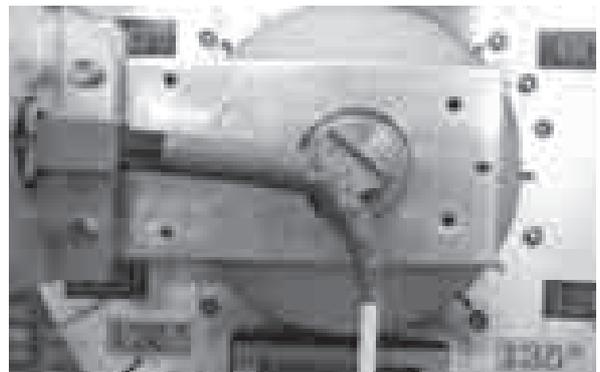


図8 新型ブーツを用いた側方引っ張り試験
Fig. 8. Side pull test with new splice sleeve.

時)と良好な結果を達成している。また、反射減衰量においても65 dB以上を達成している。

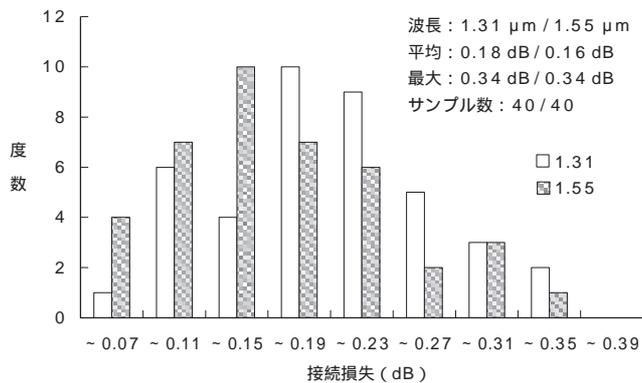


図9 融着コネクタの接続損失特性
Fig. 9. Insertion loss of fusion splice connector.

4.2 機械試験・環境試験

融着型現場組立光コネクタ (APC研磨タイプ) の機械試験および環境試験の結果を表4に示す。環境試験においては、同一サンプルを用いて各試験を順番に実施するという厳しい手順であったが、前述の引っ張り試験を含めて良好な結果が得られ、十分な信頼性を有していることが確認された。

5.むすび

今回開発した融着型現場組立光コネクタは、容易な組立作業性と高信頼性の両立を達成した。また、同時に開発した周辺工具との連携により、作業者の熟練度に依存しない安定した組立品質を実現した。

表4 融着コネクタの環境試験・機械試験
Table 4. Reliability test results of fusion splice connector.

試験項目	試験条件	N	試験結果			
			接続損失 最大変動値 (dB)		反射減衰量 最大変動値 (dB)	
			測定波長 (μm)		測定波長 (μm)	
			1.31	1.55	1.31	1.55
高温試験	85 °C, 168 h	15	0.10	0.08	1.7	3.8
ヒートサイクル試験	-40 ~ 75 °C, 10 サイクル, 168 h	15	0.15	0.14	1.3	2.9
湿熱試験	75 °C, 95 %RH, 168 h	15	0.16	0.07	1.6	4.3
湿熱サイクル試験	-10 ~ 65 °C, 95 %RH, 168 h	15	0.13	0.07	1.7	3.9
ヒートサイクル試験	-40 ~ 75 °C, 10 サイクル, 168 h	15	0.20	0.20	1.7	4.2
振動試験	1.5 mm, 10-55 Hz, 各3方向, 2h (試験前後で測定)	15	0.07	0.01	3.5	1.9
屈曲試験	0.9 kgf, 屈曲100回 (試験前後で測定)	15	0.04	0.07	1.6	2.0
ねじり試験	1.35 kgf, -900 ~ 900°, 9 サイクル (試験前後で測定)	15	0.03	0.03	0.2	0.4
直線引っ張り試験	4.5 kgf (試験前後で測定)	15	0.09	0.09	0.1	0.5
	6.8 kgf (試験前後で測定)	15	0.09	0.08	0.0	0.5
側方引っ張り試験	2.3 kgf (試験前後で測定)	15	0.10	0.08	0.2	0.5
	3.5 kgf (試験前後で測定)	15	0.11	0.13	0.2	0.5
引っ張り試験	0.25 kgf, 0° (試験中に測定)	15	0.02	0.02	0.3	0.4
	0.25 kgf, 90° (試験中に測定)	15	0.03	0.04	0.5	0.5
	0.25 kgf, 135° (試験中に測定)	15	0.03	0.05	0.3	0.5
	0.75 kgf, 0° (試験中に測定)	15	0.01	0.02	0.3	0.5
	0.75 kgf, 90° (試験中に測定)	15	0.06	0.06	0.2	0.6
	1.5 kgf, 0° (試験中に測定)	15	0.02	0.01	0.3	0.5
	1.5 kgf, 90° (試験中に測定)	15	0.09	0.09	0.3	0.5
	2.0 kgf, 0° (試験中に測定)	15	0.06	0.06	0.1	0.5
2.0 kgf, 90° (試験中に測定)	15	0.08	0.08	0.2	0.8	
衝撃試験	対コンクリート壁, 1.5 m, 8回 (試験前後で測定)	15	0.08	0.10	1.4	0.2
着脱試験	200回	15	0.16	0.15	2.2	4.1
コネクタ収納試験	長さ70mmの箱に収納	15	0.06	0.06	1.5	1.1

参 考 文 献

- 1) 瀧澤ほか：現場取付用簡易組立光コネクタ，フジクラ技報，No.94，pp.5-9，1998
- 2) K. Takizawa, et al. : Field-Installable Connector for Optical Fiber, 47 th IWCS, 1998
- 3) K. Takizawa, et al. : MT-RJ Optical Connector, 48 th IWCS, 1999
- 4) 瀧澤ほか：FTTH (Fiber To The Home) 用新型メカニカルスプライスおよび現場組立光コネクタ，フジクラ技報，No.105，pp.11-15，2003
- 5) K. Takizawa, et al. : Development of New Mechanical Splice and Field-Installable Connector for FTTH, 52 nd IWCS, 2003
- 6) 瀧澤ほか：FTTH (Fiber To The Home) 用ケーブル外被把持型現場組立光コネクタ，フジクラ技報，No.109，pp.18-22，2005
- 7) D. Saito, et al. : Development of Field-Installable Optical Connector for FTTH, 54 th IWCS, 2005
- 8) T. Kobayashi, et al. : Development of Field-Installable Optical Connector for Aerial Closure, 55 th IWCS, 2006
- 9) 寺川ほか：2006 年電情通学会総合大会 B-10-5