

細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタ

エネルギー・情報通信カンパニー 中間 章 浩¹・高橋 茂 雄²・瀧 澤 和 宏³

Field Installable - Splice - On Connector for Low Friction Cable

A. Nakama, S. Takahashi, and K. Takizawa

これまで、我々は光ネットワークを簡易に且つ経済的に構築する技術として、各種現場組立光コネクタを開発してきた。光ネットワークの構築環境の多様化に伴い、使用されるケーブルも多様化しており、主にFTTH向けとして細径インドアケーブルが海外でも採用され始めている。今回我々は、融着型現場組立コネクタの基本構造を継承し、細径インドアケーブルに対応したコネクタを開発した。また、海外のFTTHシステムにおいては低反射が要求される場合があり、これに対応するため、低反射タイプのコネクタの開発を行ったので、合わせて報告する。

We have developed field assembly connectors which offer easy and economical optical network deployment. The kind of optical cable that construct network become a wide variety with diversification of environmental construction. Low Friction Cable, which used in the country, is becoming adopted in a foreign country. In this time, we developed the Connector for Low Friction Cable based on existing Field Installable-Splice-On Connector. Additionally, we developed Connector of low reflection type which required in the FTTH system abroad.

1. ま え が き

1.1 現場組立光コネクタ開発の背景

1990年中盤以降、インターネットやIP電話などの情報通信ネットワークは飛躍的な発展を続けている。これに伴い、高速大容量の伝送を実現する光ネットワークの構築が急速に進められている。光ネットワークを構成する光ファイバの種類は、心線、コードやケーブルなど様々であり、各種光ファイバを接続する技術が求められてきた。さらに、規模が膨大であるため、低コストにネットワークを構築する必要があり、簡易に且つ経済的に光ファイバを接続できる技術が必要とされていた。これに対し、これまで我々は、各種光ファイバに対応したメカニカルスプライス及びその技術を応用したメカニカルスプライス型現場組立光コネクタ^{1) 2) 3) 5) 6)}、また融着接続技術を応用した融着型現場組立光コネクタ^{4) 7)}を開発し、光ネットワークの構築に貢献してきた。

1.2 現場組立光コネクタの概要

現場組立光コネクタには、前述のように、メカニカルスプライス方式及び融着接続方式の2種類の接続方式のコネクタが存在する。以下、それぞれのコネクタの基本構造及び特徴について説明する。

まず、メカニカルスプライス型現場組立光コネクタの

断面図を図1に示す。コネクタ内部の素子は、前部がフェルール部、後部がメカニカルスプライス部で構成されている。フェルール部には内蔵ファイバが設置され、端面は研磨が施されており、メカニカルスプライス部には接続損失を安定化させるために屈折率整合剤が充填されている。ファイバ接続時は、メカニカルスプライス部にクサビを挿入してメカニカルスプライス部に隙間を作り、そこへファイバを挿入し、くさびを抜くことでファイバを固定し接続する構造となっている。

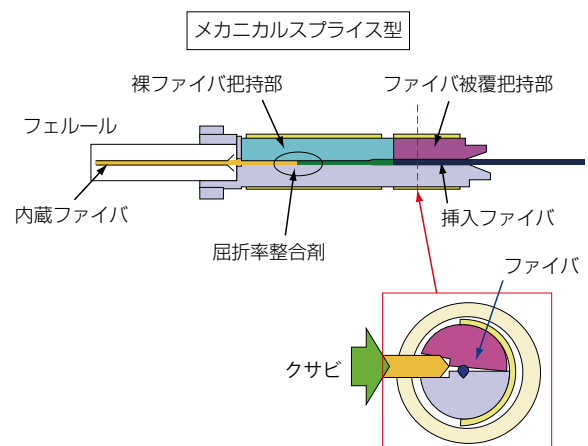


図1 メカニカルスプライス型現場組立光コネクタ接続部の断面図

Fig. 1. Cross-section of mechanical splice type field assembly connector.

1 光機器開発部
2 光機器開発部係長
3 光機器開発部部長

略語・専門用語リスト

略語・専門用語	正式表記	説明
FTTH	Fiber To The Home	家庭向けのデータ通信サービス。
細径インドアケーブル	Low Friction Cable	既設電線管などに通線するために、外被が低摩擦に設計されたケーブル。
現場組立光コネクタ	Field Assembly Connector	光ファイバ敷設工事現場においてファイバケーブル端末に成端できるコネクタ。
融着接続	Fusion Splice	光ファイバの軸合わせを行った後に、高圧アーク放電によりファイバを溶かして接続する方法。
融着型現場組立光コネクタ	Field Assmely Fusion Connector	コネクタを成端するケーブル側ファイバとコネクタ側内蔵ファイバを融着接続方式にて接続する現場組立光コネクタ。
フェルール	Ferrule	光ファイバを挿入するための高精度な微細孔が貫通したジルコニア製の筒状の部材。
融着補強スリーブ	Sleeve	融着型現場組立光コネクタの部材であり、融着接続部の保護部材。
コネクタハウジング	Connector Housing	フェルールまたは融着スリーブ収納し、光コネクタとして使用するための部材。
プラグフレーム	Pragframe	コネクタハウジングの一部。
ストップリング	Stopring	コネクタハウジングの一部。
カップリング	Coupling	コネクタハウジングの一部。
接続損失	Insertion Loss	光ファイバ同士の接続時に軸ずれや間隙などが原因で生じる光損失。
反射減衰量	Refrection	入射光パワーに対する反射光の割合。

次に、融着型現場組立光コネクタの断面図を図 2 に示す。融着型は、端面研磨が施されたフェルールに備えられた内蔵ファイバとコネクタを成端するファイバを融着接続し、融着補強スリーブにて補強した接続点をコネクタハウジングに内包した構造となっている。

上記 2 種類のコネクタにはそれぞれ特徴がある。メカニカルスプライス型は、接続にアクティブな機器を必要としないため導入の容易性が高いといった利点がある。融着型は、融着接続器にてファイバの接続を行うため、接続の可否が確認でき施工の確実性が高いといった利点がある。光ネットワークを構築する現場組立光コネクタにおいて、これらは共存し、それぞれ適材適所で使用さ

れている。我々がこれまでに開発した各種光ファイバに対応した現場組立光コネクタの製品群を表 1 に示す。

1. 3 開発目的

光ネットワーク網を構築する環境の多様化に伴い、主に FTTH 向けとして細径インドアケーブルが海外でも採用され始めている。特に、FTTH が導入され始めた新興国においては、作業者の施工技術がまだ未熟であるため、簡易且つ確実に施工できる接続技術が求められる。今回これに対応するために、細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタを開発した。また、海外の FTTH システムにおいては低反射が要求される場合があり、これに対応するために、低反射タイプのコネクタも開発したので、合わせて報告する。

2. 細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタ

細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの外観を図 3 に示す。これまで開発したコード用及びドロップケーブル用融着型現場組立光コネクタ⁷⁾の簡易な作業性と施工の確実性をコンセプトとした基本構造を継承し、細径インドアケーブル特有の強い剛性に対して機械特性を満足できる構造とした。以下、本コネクタの特徴的な点について説明する。

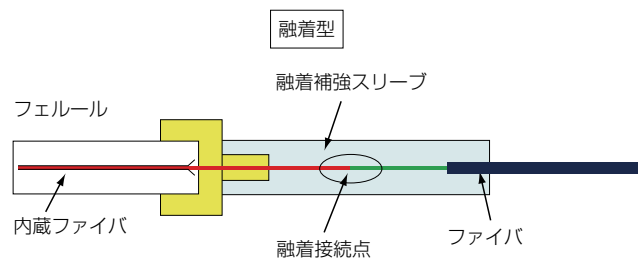


図 2 融着接続型現場組立光コネクタ接続部の断面図
Fig. 2. Cross-section of fusion splice type field assembly connector.

表1 現場組立光コネクタの製品群
Table 1. Product lineup of Field assembly connector.



接続方式	光ファイバの種類			
	心線	光コード	ドロップケーブル	細径インドアケーブル
メカニカル スプライス型				
融着接続型				本開発品



図3 細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの外観
Fig. 3. Appearance of Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

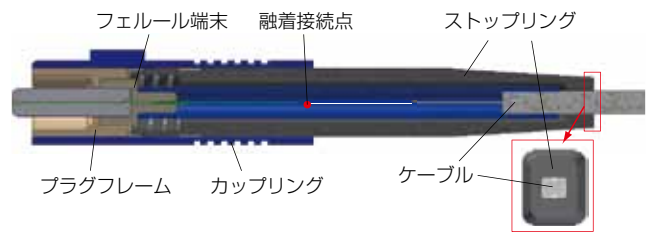


図5 細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの断面図
Fig. 5. Cross section of Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

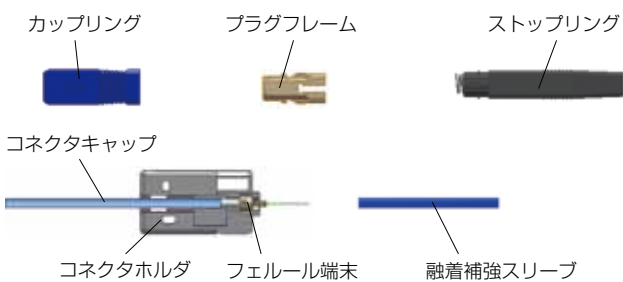


図4 細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの構成部品
Fig. 4. Components of Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

2.1 コネクタ構成及び構造

図4に本コネクタの構成部品を示す。カップリング、プラグフレーム、フェルール端末が設置されているコネクタホルダ、融着補強スリーブ、ストップリングの5点で構成されている。フェルール端末には、従来品と同等で、工場にて予め内蔵ファイバが取り付けられており、フェルール端面側は研磨が、融着接続側はカット処理が施されているので、従来品と同等な簡易な作業性を維持

している。

図5に本コネクタの断面図を示す。フェルール端末とケーブルを融着補強スリーブで直結する構造を採用したことで、従来のケーブル用コネクタに不可欠で非常に煩雑であった抗張力処理作業を省略した簡易な組立作業性を実現した。また、加締め部材等の抗張力処理部材が必要なくなるため、構成部品を低廉化できた。一方、機械特性については、融着補強スリーブにあらかじめ抗張力繊維を内包させることで、コネクタ垂直方向への引張強度を担保する構造とした。また、細径インドアケーブルは剛性が強いので、捻回時の故障について考慮する必要があり、これに対しては、ストップリング後端のケーブル出口の形状をケーブルの外形と合わせ、ケーブルの捻回によるストレスをストップリングで受け止める構造とすることで解決した(図5)。ところが、本構造を採用するにあたり、組立作業における以下の課題を解決する必要があった。一般的に、プラグフレーム、フェルール端末、ストップリングにはそれぞれキーが設けられており、組立時にはそれぞれの回転方向が規定され、加えて、上記で示したケーブルの捻回対策の構造により、ストップリングに対してケーブルの回転方向が決められる

(図 6). 一方、本コネクタではフェルール端末とケーブルが融着補強スリーブで直結した構造であるため、融着補強スリーブを加熱収縮した際にフェルール端末とケーブルの回転方向が決まるが、作業性を考慮してこれらの回転方向は制限されていない。つまり、無作為に加熱収縮を完了した場合、各構成要素の回転方向が一致しない状態でハウジング組立を完了することとなり、ハウジング内部でケーブルとフェルール端末の間で捻じれが生じ、故障の原因となるといった課題があった。これに対し、プラグフレームのキーを削除し、ケーブルに対するフェルール端末の回転方向の制限を無くすことで、ハウジング内部で生じるケーブルとフェルール端末の間で生じる捻じれを解消した(図 7)。

2. 2 諸特性

2. 2. 1 光学特性

図 8 に光学特性評価結果を示す。測定波長 1310 nm/1550 nm の 2 波長にて、サンプル数 N=200 の測定を実施した。対マスタの接続損失は、平均 0.11 dB / 0.11 dB、最大 0.30 dB / 0.30 dB と良好な結果を得た。また、反射減衰量においても、最小 50.8 dB / 50.5 dB と良好であった。

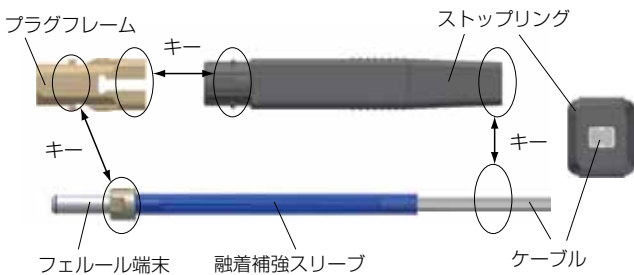


図 6 細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタのキー構造

Fig. 6. Key of Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

2. 2. 2 機械特性

機械試験の評価結果を表 2 に示す。サンプル数 N=10 について試験を実施し、すべての試験項目で損失変動は規格内であり、良好な特性を示すことを確認した。

2. 2. 3 環境特性

環境試験の評価結果を表 3 に示す。サンプル数 N=6 について試験を実施し、接続損失変動量は、最大で 0.12 dB / 0.10 dB (波長: 1310 nm / 1550 nm) と安定して良好な特性を示すことを確認した。

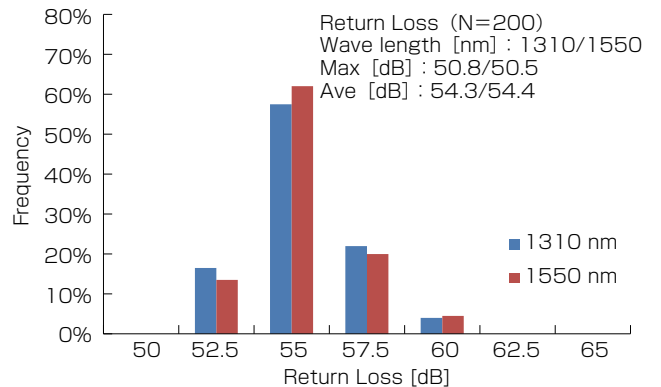
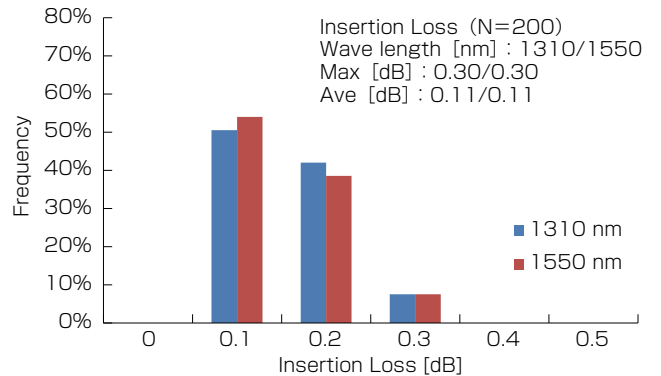


図 8 細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの接続損失及び反射減衰量のヒストグラム

Fig. 8. Insertion Loss and Return Loss of Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

加熱収縮後の状態	ハウジング組立前	ハウジング組立後	
		プラグフレームのキーあり	プラグフレームのキー削除
フェルール端末とケーブルの回転方向が合っている			
フェルール端末とケーブルの回転方向が合っていない			

図 7 細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの組立時の課題

Fig. 7. Problem of Connector Assembly for Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

3. 低反射タイプ細径インドアケープル用融着型現場組立光コネクタ

本コネクタの基本構造は、2項で示した通常タイプと同様とした。コネクタ内部の接続点を融着接続としたことと、従来品と同様に端面が斜め研磨されたフェルール端末の採用により、低反射化を実現した。

以下、低反射タイプのコネクタに対応するために変更した部分及び低反射タイプの諸特性について述べる。

3.1 コネクタ構成及び構造

部品点数は、前記通常タイプのコネクタと同様に5点からなる。今回低反射タイプに対応するため、フェルール端末の回転方向を規定する機能を備えたコネクタキャップを新規に設計した。

斜め研磨のコネクタでは、その斜めの向きがプラグフレームに対して規定されているので、フェルール端末の端面がフラットである前記通常タイプとは異なり、プラグフレーム、フェルール端末、ストップリング、ケーブルすべての回転方向を合わせる必要がある。本コネクタキャップには、フェルール端末と嵌め合うキーが設けられており、コネクタキャップに対するフェルール端末の回転方向が決まる(図9)。また、コネクタキャップの

取っ手部分はケーブルと同様に扁平な形状となっているため、加熱機に設置する際に回転方向が決まり、ケーブルとフェルール端末の回転方向が一意に定まる。結果として本コネクタキャップを用いることで、プラグフレーム、フェルール端末、ストップリング、ケーブルすべての回転方向を合わせることができる。

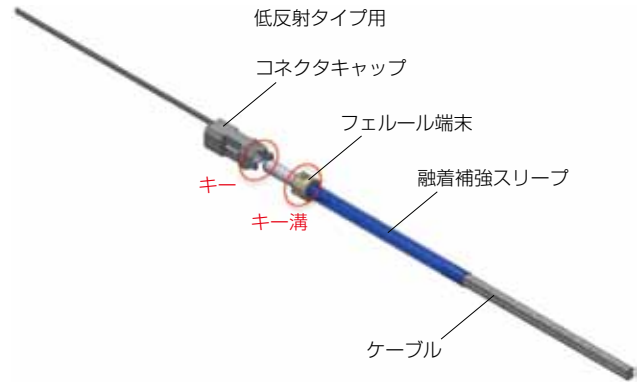


図9 低反射タイプ細径インドアケープル用融着型現場組立光コネクタのコネクタキャップの構造
Fig. 9. Structure of connector cap for Low reflection type Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

表2 細径インドアケープル用融着型現場組立光コネクタの機械特性評価結果

Table 2. Mechanical characteristic of Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

試験項目	試験条件	試験結果 (N=10)	
		接続損失 最大変動値 (dB) 規格: 0.3 dB 以下	
	測定波長 (nm)	1310	1550
振動	1.5 mm, 10-55 Hz, 3方向, 2時間	0.03	0.04
捻回	15 N, ±180° 200回	0.05	0.04
直線引張	20 N, 2 min	0.03	0.02
衝撃	対コンクリート壁, 1.5 m, 8回	0.03	0.02
着脱	500回	0.04	0.05

表3 細径インドアケープル用融着型現場組立光コネクタの環境特性評価結果

Table 3. Environmental characteristic of Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

試験項目	試験条件	試験結果 (N=6)	
		接続損失 最大変動値 (dB) 規格: 0.3 dB 以下	
	測定波長 (nm)	1310	1550
高温	85 °C, 168 時間	0.06	0.05
ヒートサイクル	-40 °C ~ 75 °C, 42 サイクル, 336 時間	0.07	0.08
湿熱	75 °C, 95 % RH, 168 時間	0.07	0.06
湿熱サイクル	-10 °C ~ 65 °C, 95 % RH, 168 時間	0.12	0.10

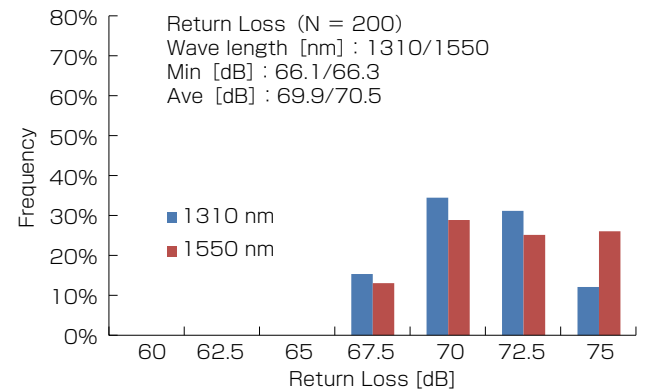


図10 低反射タイプ細径インドアケープル用融着型現場組立光コネクタの接続損失及び反射減衰量のヒストグラム
Fig. 10. Insertion Loss and Return Loss of Low reflection type Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

3. 2 諸特性

3. 2. 1 光学特性

図 10 に光学特性評価結果を示す。測定波長 1310 nm/1550 nm の 2 波長にてサンプル数 N=200 実施した。対マスタでの接続損失は平均 0.15 dB / 0.14 dB, 最大 0.28 dB / 0.29 dB と良好な結果を得た。また、反射減衰量においても、最小 66.1 dB / 66.3 dB と良好であった。

表 4 低反射タイプ細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの環境特性評価結果

Table 4. Mechanical characteristic of Low refraction type Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

試験項目	試験条件	試験結果 (N=10)	
		接続損失 最大変動値 (dB) 規格: 0.3 dB 以下	
	測定波長 (nm)	1310	1550
振動	1.5 mm, 10-55 Hz, 3 方向, 2 時間	0.02	0.02
捻回	15 N, ±180° 200 回	0.06	0.06
直線引張	20 N, 2 min	0.05	0.04
衝撃	対コンクリート壁, 1.5 m, 8 回	0.01	0.02
着脱	500 回	0.07	0.05

表 5 低反射タイプ細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタの環境特性評価結果

Table 5. Environmental characteristic of Low refraction type Field Installable-Splice-On Connector for Low Friction Cable.

試験項目	試験条件	試験結果 (N=6)	
		接続損失 最大変動値 (dB) 規格: 0.3 dB 以下	
	測定波長 (nm)	1310	1550
高温	85 °C, 168 時間	0.05	0.08
ヒートサイクル	-40 °C ~ 75 °C, 42 サイクル, 336 時間	0.09	0.07
湿熱	75 °C, 95 % RH, 168 時間	0.10	0.09
湿熱サイクル	-10 °C ~ 65 °C, 95 % RH, 168 時間	0.13	0.12

3. 2. 2 機械特性

機械試験の評価結果を表 4 に示す。サンプル数 N=10 について試験を実施し、すべての試験項目で損失変動は規格内であり、良好な特性を有していることを確認した。

3. 2. 3 環境特性

環境試験の評価結果を表 5 に示す。サンプル数 N=6 について試験を実施し、接続損失変動は最大で 0.13 dB / 0.12 dB (波長: 1310 nm / 1550 nm) と安定して良好な特性を有していることを確認した。

4. む す び

今回、我々は、従来の融着型現場組立光コネクタの技術を継承し、簡易な組立作業性と施工の確実性を合わせ持った細径インドアケーブル用融着型現場組立光コネクタさらに低反射タイプにも対応した同コネクタを開発した。今後も、世界的な光ネットワークの進展に伴い要求される多種多様な光コード及びケーブルへの対応、簡易な作業性を考慮した開発、低価格化の検討を進め、光ファイバネットワークの発展に貢献していく予定である。

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，pp5-9，04，1998
- 2) 瀧澤ほか：FTTH (Fiber To The Home) 用ケーブル外皮把持型現場組立光コネクタ，フジクラ技報，No. 109，pp18-22，10，2005
- 3) 斉藤ほか：光ファイバコード用現場組立光コネクタ，フジクラ技報，No. 114，pp6-11，07，2008
- 4) 岩下ほか：融着型現場組立光コネクタ，フジクラ技報，No. 113，pp15-19，01，2008
- 5) 斉藤ほか：低反射現場組立光コネクタの開発，電子情報通信学会信学会技報，Vol. 110，No. 58，pp47-50，OFT2010-10
- 6) 高橋ほか：融着型現場組立 MPO コネクタの開発，電子情報通信学会信学会技報，Vol. 111，No. 381，pp55-58，OFT2011-67
- 7) 中間ほか：角型ドロップケーブル及び丸型コード用融着型現場組立光コネクタの開発，電子情報通信学会技報，Vol. 114，No. 64，pp7-10，OFT2014-2