

施工性に優れた多心コネクタ付 細径3456心ケーブル

Pre-connectorized Ultra-High-Fiber-Count Cable for Easy Installation

橋本 裕*
Yutaka Hashimoto

佐藤 文昭
Fumiaki Sato

大貫 聡
Satoshi Ohnuki

島津 貴之
Takayuki Shimazu

大塚 健一郎
Kenichiro Ohtsuka

大規模データセンタの施工時間削減を目的として、超多心ケーブルの端末に予め工場で多心コネクタを取り付けた成端ケーブル（以下、成端ケーブル）を開発、販売開始した。ケーブル構造としては、細径200 μ m光ファイバを用いた間欠12心光ファイバテープ心線（以下、200 μ m間欠12心テープ心線）とスロット構造から構成される細径3456心光ファイバケーブル（以下、細径3456心ケーブル）を用いた。ケーブル先端に24心MPOコネクタを取り付け、牽引保護管で保護する構造としたが、保護管に関しては牽引特性、機械強度等を加味した構造の選定を行った。開発したケーブルを用いて、実布設を模擬した牽引実験を行い、従来の非成端ケーブルと同等のダクト収納心数を達成できることを確認。本ケーブルを用いることで、従来時間を要していた多心融着作業をコネクタ接続により、接続時間を削減することができ、従来ケーブル対比で約40%のケーブル施工時間削減が見込まれる。

This paper describes a new pre-connectorized ultra-high-fiber-count (UHFC) optical fiber cable that has been developed to reduce installation time in data centers. The cable is made of a thin 3456-fiber optical cable consisting of 200 μ m Freeform Ribbon fibers and a slotted core. At both ends of the cable, 24-fiber multi-fiber push-on (MPO) connectors are assembled and precisely sealed with protection sleeves optimally designed for tensile and other mechanical strength. The result of a cable pulling test simulating actual installation confirmed that the developed cable can accommodate the same number of optical fibers in a duct as conventional non-terminated cables. This cable shortens connection time by using the MPO connectors instead of mass fusion splicing, and is expected to reduce installation time by about 40% compared to conventional cables.

キーワード：成端細径3456心ケーブル、200 μ m光ファイバ、MPOコネクタ、保護管、ケーブル牽引

1. 緒 言

近年クラウドコンピューティング等の進展により、世界規模で大規模データセンター（以下、DC）の建設が進んでいるが、伝送容量の増大に備えるべく、DC間を結ぶ光ファイバケーブルの高密度化、施工コスト低減の要求が高まっている。

このような状況下、DC間を繋ぐケーブルは主に屋外ダクト内に配線されるため、限られたダクトスペースに光ファイバを高密度に詰め込む技術が重要である。

当社は2017年に当時、世界最高心数である6912心光ファイバケーブルを開発、商用化し、さらに図1に示すような配線ソリューションも開発することで、DC全体での配線高密度化および施工性向上に貢献してきた。

今回はDCの施工時間短縮を目的とし、超多心ケーブルの端末に予め工場で多心コネクタを取り付けた成端細径3456心ケーブルを開発、販売開始した。

2. 光ファイバケーブル構造、特性

2-1 細径200 μ m光ファイバ設計

図2に今回適用した細径200 μ m光ファイバの断面模式図を示す。細径200 μ m光ファイバはガラス径を従来の125 μ mのまま被覆厚を低減することで、光ファイバの断面積比で36%の低減を行った。

2-2 200 μ m間欠テープ設計

今回使用した200 μ m間欠テープは海外で主流の12心テープであり、模式図を図3に示す。

間欠テープはスリット長、非スリット長の比率および長さを変化させることで柔軟性および一括接続時のテープ整列性をコントロールすることができる。今回は一括融着接続の作業性とケーブル特性に影響するテープ柔軟性を考慮

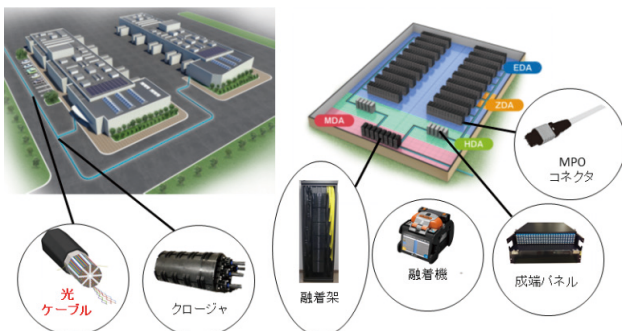


図1 DC棟間配線の模式図

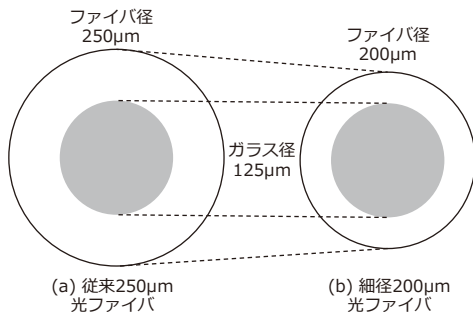


図2 細径200µm光ファイバ断面模式図

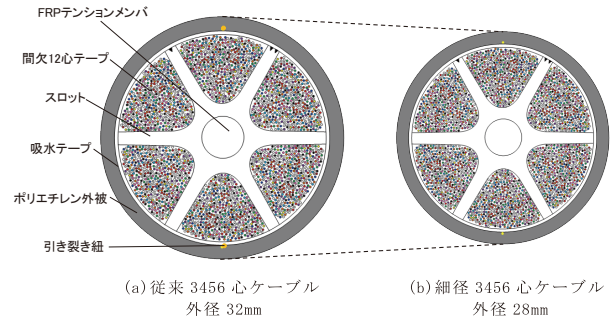


図4 3456心ケーブルの断面模式図

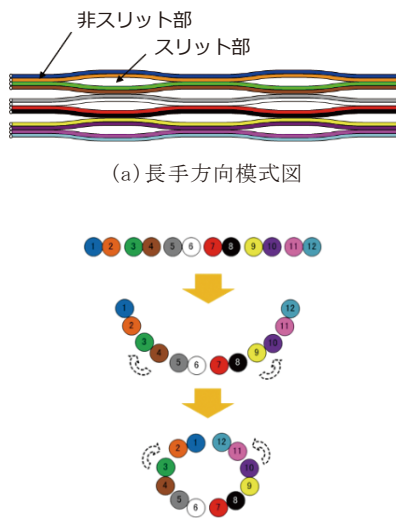


図3 200µm間欠12心テープの模式図

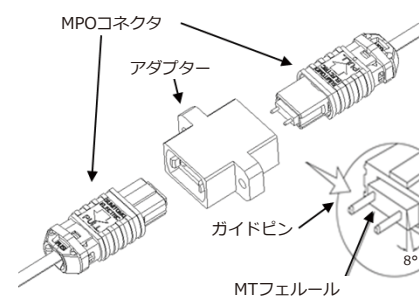


図5 MPOコネクタ概要

し、スリット長と非スリット長の比率を最適化した構造を適用した。

2-3 細径3456心ケーブル構造

今回開発したケーブル構造については従来の250µm心線型3456心ケーブルと同様に中心のテンションメンバ^{*1}としてFRPを配置し、曲げ方向性なく、可とう性に優れたスロット型構造を採用した。光ファイバには曲げ強化型シングルモードファイバ (ITU-T G.657A1, G.652D規格) の細径200µm光ファイバを適用し、3456心ケーブルのサイズダウンを検討した。図4に3456心型の断面模式図を示す。

曲げ強化型細径200µm光ファイバを適用することで3456心ケーブルは断面積比で従来の250µm3456心ケーブル対比で約32%の低減を実現した。

2-4 MPOコネクタ構造

MTフェルールをキーパーツとして用いるMPOコネクタ^{*2}の概要を図5に示す。

ファイバが実装されたガイドピンあり、なしのフェルールがそれぞれMPOハウジングに収納され、アダプタを介して接続される。ハウジング内にはファイバコアを物理的

に接続させるために押圧バネが内蔵されている。

また、SMF用のMPOコネクタは反射減衰量を低減するためにコネクタ端面は8°に研磨される。

図6にMPOコネクタの品質を左右するMTフェルール端面の概略を示す。

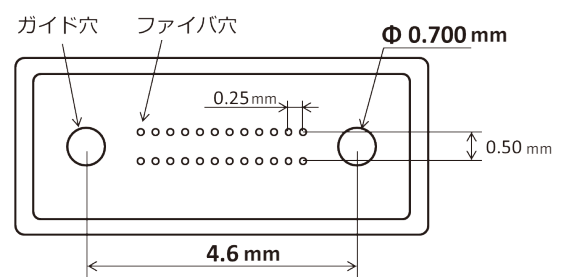


図6 MTフェルール端面概略

コネクタ位置決め基準となる2つのガイド穴 (ø0.7mm) の間に光ファイバ (ø0.125mm) が0.25mm間隔で配置されている。その両ガイド穴の中心を基準とした座標系において、ファイバの実際の位置と設計位置との差を偏心と呼んでいる。MPOコネクタの接続損失はファイバ同士の軸ズレが支配的であり、低損失化のためには如何にこの偏心を低減させるかが技術的なポイントとなる。

2-5 成端保護管構造とコネクタ接続

成端細径3456心ケーブルの端末構成概略とコネクタ保護管部及びコネクタ接続用クロージャ（OPE）を図7に示す。端末部は、144個の24心MPOコネクタで終端され、外径φ60mmの牽引保護管に収納される。MPOコネクタは、保護管への収納を可能にするため、12個単位で長手方向に段差を付けた位置で結線を行っている。保護管部は、ケーブル敷設を想定し、ケーブルと同等の機械特性（耐引張性、耐側圧性、防水性など）が求められるため、金属製スパイラル管に樹脂コーティングを施した管を適用。これにより可とう性と引張強度を両立させた構成が可能となっている。保護管とケーブルの接続については、施工後の取り外し性も考慮し、ケーブルテンションメンバに保護管接続用の部品を圧着固定し、この部品に保護管を取り付ける構成とし、敷設後の保護管除去容易性を実現している。端末部は、OPE内で屋内ケーブル側のMPOコネクタと接続される。

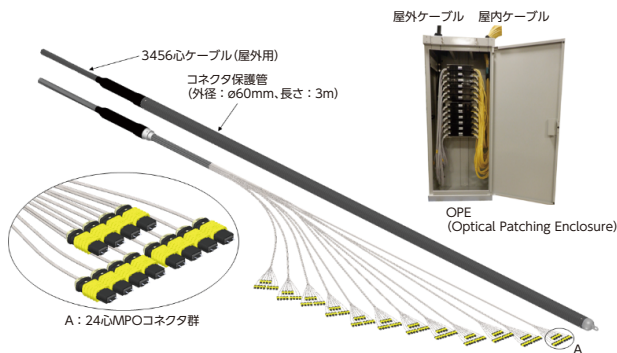


図7 成端ケーブル端末と保護管概略

2-6 ケーブル特性

表1に成端細径3456心ケーブルの伝送特性および機械試験、コネクタ特性の評価結果一覧を示す。

表1 成端細径3456心ケーブル特性評価結果

項目	試験方法	評価結果
伝送損失	IEC60793-1-40	<0.4dB/m (1310nm) <0.3dB/km (1550nm)
損失温度変動	EIA/TIA-455-4 -40~+70℃×3サイクル、 λ = 1550nm	損失変動 <0.10dB/km
側圧特性	EIA/TIA-455-41 2200N/100mm λ = 1550nm	損失変動 <0.1dB ケーブル外観に異常なし
耐衝撃特性	EIA/TIA-455-25 4.4N、2回落下 λ = 1550nm	
繰り返し曲げ特性	EIA/TIA-455-104 曲げ半径10D、25サイクル (Dはケーブル外径) λ = 1550nm	
捻回特性	EIA/TIA-455-85 ±180°/2m λ = 1550nm	
引張特性	EIA/TIA-455-33 布設時2670N、布設後800N	2670N印加時ファイバ歪み<0.2%、 800N印加時ファイバ歪み<0.1%以下
コネクタ部挿入損失	λ = 1310nm	<0.35dB
コネクタ部反射ロス	λ = 1310nm	>55dB

表1に示したように各種機械試験の評価においても良好な特性を確認することができた。

3. 布設作業性

3-1 ダクト牽引実験

今回開発した成端細径3456心ケーブルにおいて、布設性を確認するため、ダクト牽引実験を行った。写真1に今回実験を行ったルートを示す。実験に使用したダクトは内径4インチのダクトであり、ルートは全長100m、90°曲がり3箇所あり、180°折返しがあるルートである。

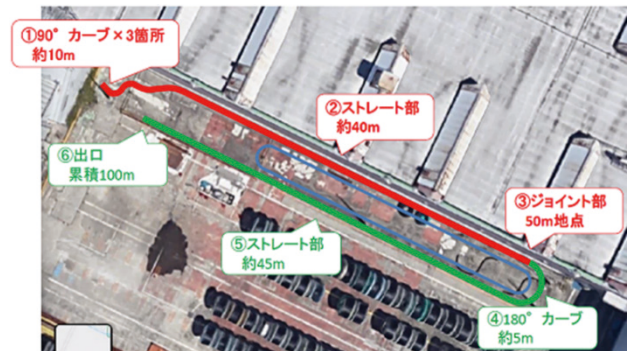


写真1 3456心ケーブルのダクト牽引実験ルート概要 (©2022 Google)

表2に従来（非成端）3456心ケーブルと成端細径3456心ケーブルのダクト牽引実験結果を示す。

表2 3456心ケーブルのダクト牽引試験結果

試験条件	通線本数	通線結果
条件A: 従来3456心ケーブル2本通線 + 成端細径3456心ケーブル1本通線	ケーブル1本目 (従来3456心)	○ (牽引張力9kg)
	ケーブル2本目 (従来3456心)	○ (牽引張力12kg)
	ケーブル3本目 (成端細径3456心)	○ (牽引張力16kg)
条件B: 従来3456心ケーブル3本通線 (リファレンス)	ケーブル1本目 (従来3456心)	○ (牽引張力12kg)
	ケーブル2本目 (従来3456心)	○ (牽引張力14kg)
	ケーブル3本目 (従来3456心)	○ (牽引張力15kg)

表2に示したように条件Aの3本目に今回開発した成端細径3456心ケーブルを用いたが、従来の条件Bと同様の牽引張力で通線出来ることを確認した。

3-2 成端保護管の耐久性評価

成端細径3456心ケーブルの保護管部分の耐久性を確認すべく、4インチダクトに繰り返し通線を行い、保護管の外傷等が生じないか確認を行った。

写真2に100mの通線ルートを30回通線したケーブルの



写真2 成端細径3456心ケーブルの耐久性試験後外観

保護管部分の外観写真を示す。

写真2に示したように30回繰り返し通線の過酷な条件下でも保護管の耐久性に問題がないことを確認した。

3-3 布設作業時間の比較

成端細径3456心ケーブルの適用により、布設作業時間がどの程度削減可能であるか試算を行った。

4インチ管に3456心ケーブルを3本通線し、接続完了するまでの施工日数の比較を行った結果を図8に示す。

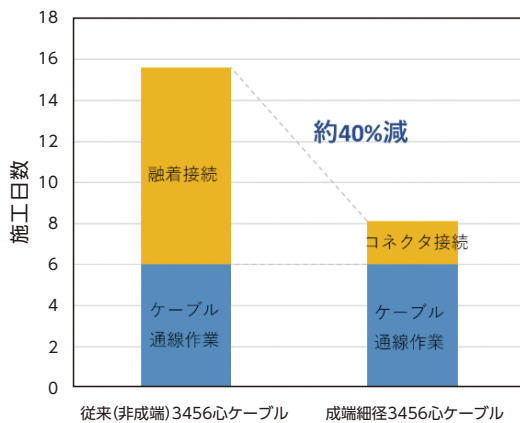


図8 3456心ケーブルの施工日数の比較

図8に示したように成端細径3456心ケーブルを適用することで、融着接続からコネクタ接続となり、接続時間の大幅短縮が見込まれる。その結果、従来（非成端）3456心ケーブル対比で約40%の施工日数削減が期待できる。

4. 結 言

今回我々は、データセンタ向けとして、3456心ケーブルの端末に予め工場でも心MPOコネクタを取り付けた成端細径3456心ケーブルを開発、販売開始した。本ケーブルを用いることで、従来時間を要していた多心融着作業をコネクタ接続により、接続時間を削減することができ、従来ケーブル対比で約40%のケーブル施工時間削減が見込まれることがわかった。

用語集

※1 テンションメンバ

布設時に光ファイバに加わる張力を緩和する働きをする物。抗張力体。

※2 MPOコネクタ

Multi-fiber Push-on コネクタの略称で、光ファイバをPC接続技術により結合する多心光ファイバコネクタ。

・Freeform Ribbonは住友電気工業(株)の登録商標です。

参考文献

- (1) F. Sato, et al., "Ultra-High-Fiber-Count and High-Density Slotted Core Cable with Pliable 12-Fiber Ribbons," Proceedings of the 65th IWCS Conference, 2016 (14-5)
- (2) F. Sato, et al., "Designs and Characteristics of New UHFC Cables with Freeform Ribbons," Proceedings of the 67th IWCS Conference, 2018 (10-3)
- (3) F. Sato, et al., "New HFFC cable solution with free form ribbons for easy installation," Proceedings of the 69th IWCS Conference, 2020 (6-2)
- (4) 佐藤 他、「間欠接着型テープを用いた超多心、高密度スロット型光ケーブル」、SEIテクニカルレビュー第189号 (2016)
- (5) 佐藤 他、「データセンタ向け超多心光ファイバケーブル」、SEIテクニカルレビュー第192号 (2018)
- (6) 鎌田 他、「着脱操作・曲げ強度に優れた短尺光多心コネクタ」、SEIテクニカルレビュー第188号 (2016)
- (7) 敦賀 他、「データセンタ内高密度光配線ソリューション」、SEIテクニカルレビュー第192号 (2018)

執 筆 者

橋本 裕* : 光通信事業部 主席



佐藤 文昭 : 光通信事業部 グループ長



大貫 聡 : Sumitomo Electric Lightwave Corp.



島津 貴之 : 光機器事業部 主幹



大塚 健一郎 : 光機器事業部 部長



* 主執筆者