



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

Ultra-High-Count and High-Density Slotted Core Cable with Pliable Ribbons

佐藤 文昭*
Fumiaki Sato

岡田 圭輔
Keisuke Okada

平間 隆郎
Takao Hiram

武田 健太郎
Kentaro Takeda

岡 涼英
Ryouei Oka

高橋 健
Ken Takahashi

本稿では、間欠接着型12心光ファイバテープ（以下、間欠12心テープ）を実装した超多心、高密度スロット型光ケーブルについて報告する。今回開発した間欠12心テープは柔軟性と一括融着接続性を両立すべく、ファイバ2心毎に長手方向間欠的にスリットが入った構造を採用しており、接着部と非接着部の比率およびピッチを最適化することにより、両特性を満たす12心テープを開発した。さらに今回は曲げ方向性がなく、布設作業性に優れたスロット型構造を採用し、間欠テープ技術とスロット型構造を組み合わせることで、従来ケーブルと比較して、同一外径で2倍の心数を詰め込むことに成功した。今回は間欠テープの設計、一括融着特性、1728心光ケーブルおよび商用レベルで世界最高心数となる3456心光ケーブル設計および特徴についても報告する。

This paper describes the configuration of a new ultra-high-count and high-density slotted optical fiber cable with 12-fiber pliable ribbons. We combined the pliable ribbon technology with a slotted core cable design to create the cable that doubles the fiber count while the diameter remains the same as conventional cables. The pliable ribbon consists of fiber adhesive parts and non-adhesive parts coming in turns in a longitudinal and transverse direction, enabling high fiber density within a limited duct space and mass fusion splicing. A slotted core cable is designed with a non-preferential bending axis, allowing for easy installation in space-constrained areas. Its best characteristics, such as easy handling, good identification, and mass fusion splicing, are retained in our new cable. This paper describes the design of the 12-fiber ribbon and the test results of mass fusion splicing. It also refers to the designs and characteristics of 3456-fiber-count slotted core cables, which are the highest fiber-count optical cables in commercial use, and 1728-fiber-count slotted core cables.

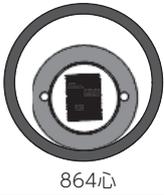
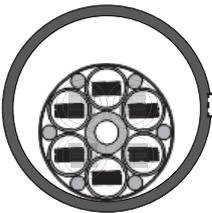
キーワード：超多心、高密度、一括接続性、間欠接着型12心テープ、スロット

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、大規模データセンターの建設が進んでいるが、伝送容量の増大に備えるべく、データセンター間を結ぶ光ケーブルの多

心、高密度化の要求が高まっている。データセンター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。そこで、柔軟性と一括接続性を両立する間欠12心テープを用いることで、光ケーブルの高密度化、多心化を行うと共に、今回は中心にテンションメンバ^{*1}を有するスロット型構造を採用することで、曲げ方向性なく、可撓性に優れた光ケーブルを開発した。今回は海外で使用されている1.5インチ管と2.0インチ管への収納心数を増やすため、表1に示したような1728心光ケーブル、3456心光ケーブルの開発を行った。

表1 超多心光ケーブルの開発構造

	従来光ケーブル	開発構造
1.5インチ管	 864心	 1728心
2.0インチ管	 1728心	 3456心

2. 間欠12心テープの設計

今回使用した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1に示す。間欠テープは接着長、非接着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。今回は図1(a)の1心単位構造と図1(b)の2心単位間欠構造で一括融着接続の作業性を比較した。

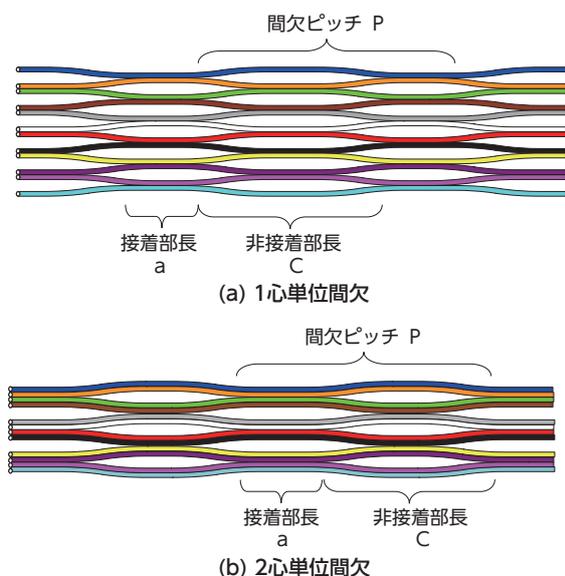


図1 間欠12心テープの模式図

作業時間の比較は下記作業ステップ(1)～(4)の合計時間の比較にて行った。

- (1) テープを融着機のファイバホルダにセット
- (2) 加熱リムーバでテープ被覆を除去
- (3) ファイバカッターでファイバ端面をカット
- (4) 融着機にセットし融着接続

図1の(a)、(b)各々の構造において、接着部長aと非接着部長Cの比率を固定して、間欠ピッチPを変化させて作業時間の比較を行った。

図2に融着作業時間の結果を示す。図2に示したように1心単位間欠はピッチが短い側でも融着作業時間が掛かる傾向が見られた。理由としては単心でファイバが動きやすいため、融着ホルダセット時にファイバ配列が乱れ、作業

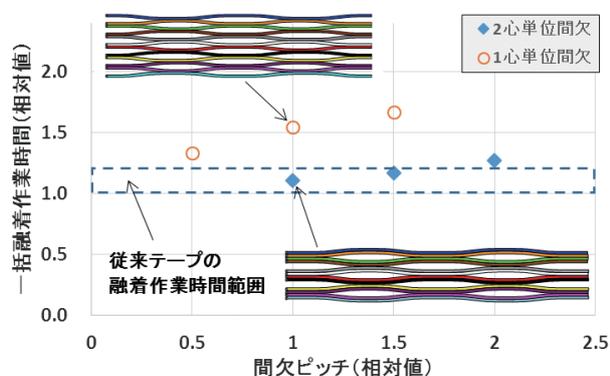


図2 間欠12心テープの一括融着作業時間比較

やり直しが生じることが挙げられる。一方、2心単位間欠では融着ホルダセット時の整列性が良く、間欠ピッチを選定すれば、図中の点線で示した従来12心テープの作業時間バラツキに入ることを確認した。今回はテープ柔軟性と整列性を兼備する間欠ピッチ1.5倍(相対値)を適用した。

図3に今回採用した間欠12心テープの一括融着損失(実測ロス)と従来12心テープの一括接続損失の分布を示す。図3に示したように一括融着ロスは従来テープと大差ないことがわかった。

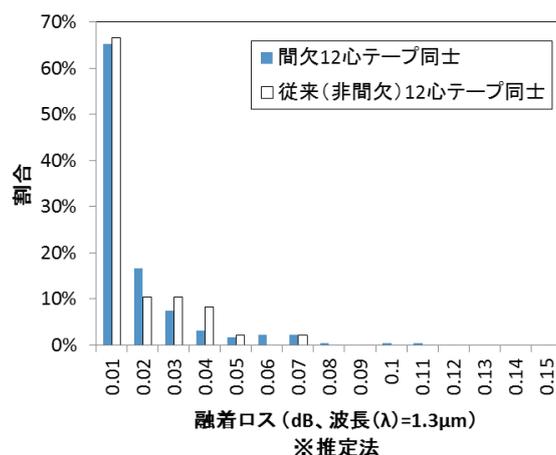


図3 12心一括接続損失の分布

さらに融着接続部の信頼性を確認するため、接続部に保護スリーブを施した後、ヒートサイクル試験を実施した。図4に融着部を10個連結し、-40℃から+70℃ヒートサイクルを20サイクル実施した試験結果を示す。図4に示したようにヒートサイクル時の損失変動はほとんどなく、間欠テープ同士の接続でも融着接続部の信頼性は問題ないことを確認した。

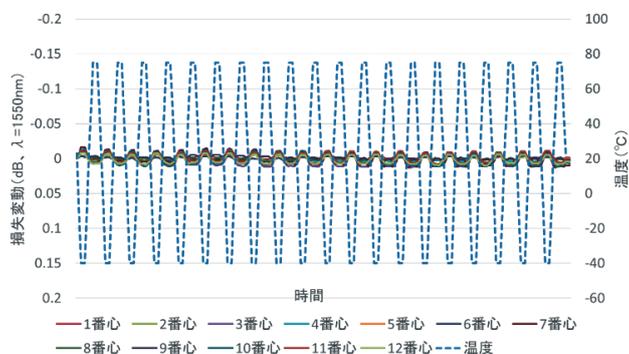


図4 間欠12心テープ接続部(10連結) H/C試験結果

3. 超多心、高密度スロット型光ケーブル

3-1 ケーブルの構成

ケーブル構造については中心に鋼撚り線を配置し、可撓性に優れたスロット型構造を採用した。図5に一例として1728心型の模式図、図6に3456心型の断面模式図を示す。尚、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) を採用している。曲げ強化型ファイバの適用と間欠テープの効果により心線収納密度を従来比で飛躍的に向上させ、従来ケーブルからの大幅な細径化、軽量化を実現している。

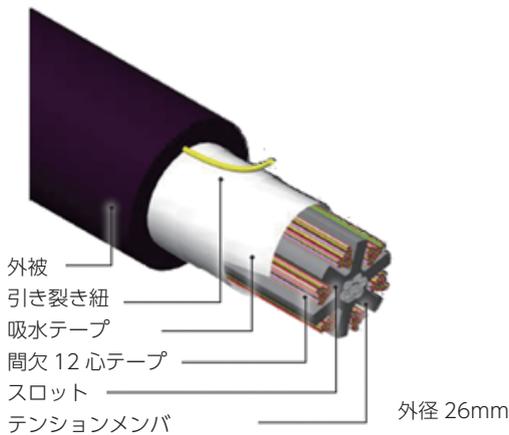


図5 間欠12心テープ実装1728心光ケーブル模式図

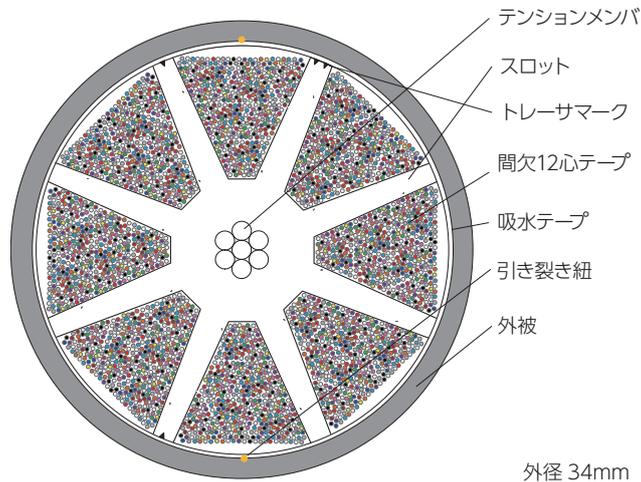


図6 間欠12心テープ実装3456心光ケーブル断面図

多心ケーブルになると各テープ間の識別性を確保する必要があり、今回は間欠テープに図7のようなバー状の印字を施した。従来の数字での印字ではなく、バー本数で識別

を行うことで、間欠化による視認性悪化がなく、容易に識別できることを確認した。

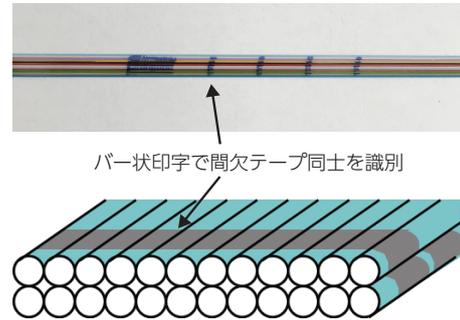


図7 間欠12心テープマーキング模式図

3456心型は各溝に間欠12心テープが36枚収納され、36パターン of マーキングにより溝内の識別が可能であり、溝毎の識別はスロットリブ頂点に記載されたトレーサマークにより可能である。

3-2 防水構造の検討

今回開発した超多心、高密度光ケーブルは従来テープスロット型光ケーブルと異なり、溝内に高密度で心線を実装する構造であるため、従来の吸水テープ型の止水処置では溝底部まで吸水パウダーの効果が行き届かない懸念があった。そこで、吸水性能に影響を及ぼすと予想される光ファイバのスロット溝内の実装密度をパラメータとし、吸水性能への影響を調査した。図8に光ファイバ実装密度と240h経過後の透水長との関係(相対値)を示す。図8に示したように実装密度が高くなるほど、透水長は長くなる傾向を確認した。今回は透水長が著しく悪化しない範囲で光ファイバの実装密度を選定した。

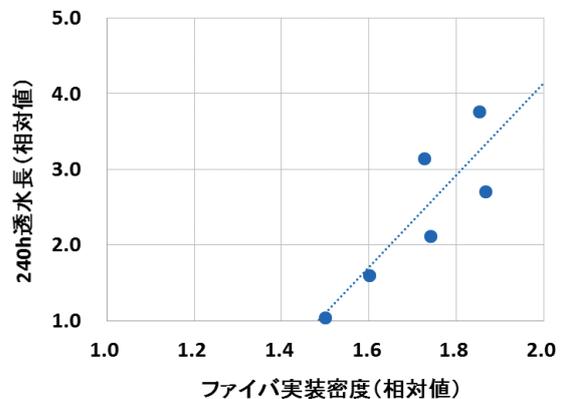


図8 光ファイバ実装密度と透水長の関係

3-3 布設作業性に関する検討

今回開発したスロット型光ケーブルは中心にテンションメンバを有する構造であるため、外被の両側にテンションメンバを有するスロットレス構造に比べて、曲げ方向性がないのが特徴である。

さらに中心テンションメンバの種類や外被構造の選定を行うことで、光ケーブルの可撓性を向上させることができる。従来のセントラルチューブ型光ケーブルと今回開発した1728心光ケーブルにおいて曲げやすさの差を見るため、曲げ剛性を評価した。

曲げ剛性の試験系を図9、測定結果を表2に示す。表2に示したように今回開発したスロット型光ケーブルは従来のセントラルチューブ型と比較して曲げ剛性が約半分であり、ハンドホール等のスペースが限られたエリアで光ケーブルを収納する際にメリットがあると思われる。

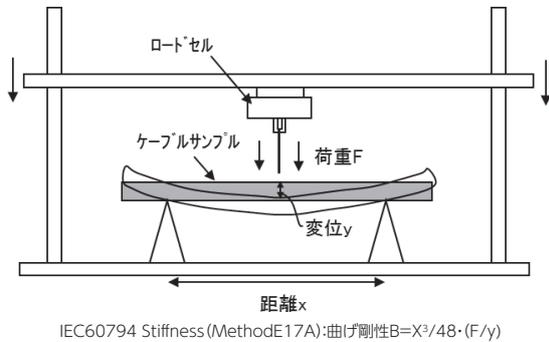


図9 光ケーブル曲げ剛性評価の模式図

表2 光ケーブル曲げ剛性比較結果

従来光ケーブル	開発光ケーブル
864心 (外径25mm)	1728心 (外径26mm)
曲げ剛性11.4 N・m ²	曲げ剛性5.5 N・m ²

※従来光ケーブルはTM対角方向 (曲げ可能な方向) の曲げ剛性値

3-4 伝送特性、機械特性評価

今回開発した1728心、3456心光ケーブルについて特性評価を行った。図10に3456心光ケーブル試作でのドラム巻における-40~+70℃でのヒートサイクル試験結果を示す。図10に示したようにヒートサイクル中の損失温度変動は安定していることを確認した。表3に機械試験も

含めた評価結果一覧を示す。機械試験についても良好な特性を有していることを確認した。

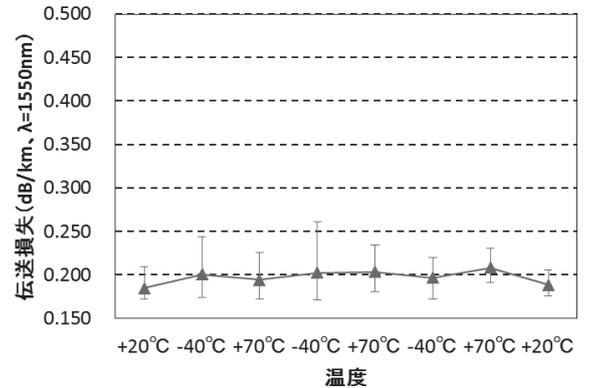


図10 3456心光ケーブル試作品の損失温度変動

表3 1728心、3456心光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 λ = 1550nm	<0.3dB/km (1550nm)
損失温度変動	EIA/TIA-455-104 -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%

3-5 光ケーブル心数の比較

今回開発した光ケーブルに関して、従来のテープ型ルー スチューブケーブル^{※2}と外径、心数を比較したデータを図11に示す。図11に示したように1728心型と3456心型は同一外径で比較すると従来比2倍の心数を収納できることがわかる。

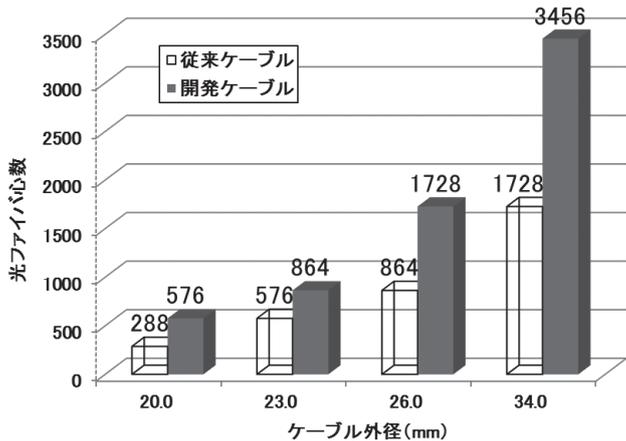


図11 従来ケーブルと開発ケーブルの心数比較

4. 結 言

今回我々は、間欠12心テープを用いた超多心、高密度光ケーブルを開発した。間欠12心テープは融着作業性を低下させずに高密度実装可能なテープ構造を選定した。今回は中心にテンションメンバを有するスロット型構造を採用した。外径26mm以下の構造として1728心光ケーブル、外径35mm以下の構造として3456心光ケーブルの開発に成功した。本ケーブルの適用により、空間伝送密度の向上および限られた布設スペースの有効活用等に寄与するものと期待される。

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 ルースチューブケーブル

細径の樹脂チューブの中に光ファイバを挿入し、それらを擦り合わせた構造のケーブル。

参 考 文 献

- (1) Y. Yamada et al, "Ultra-High-Density Optical Fiber Cable with Rollable Optical Fiber Ribbons," The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (2008), p.292
- (2) Y. Yamada et al, "High-Fiber-Count and Ultra-High-Density Optical Fiber Cable with Rollable Optical Fiber Ribbons," The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (2009), p.503
- (3) Y. Yamada et al, "Development of Novel Optical Fiber Ribbon Assembled into Extremely High-Density Optical Fiber Cable," International Cable and Connectivity Symposium (2012), p.25
- (4) F. Sato et al, "Design of Ultra-high density Optical Fiber Cable with Rollable 4-fiber Ribbons for Aerial Deployment," International Cable and Connectivity Symposium (2012), p.433
- (5) F. Sato et al, "Design of Ultra-High-Density 2000-Optical Fiber Cable with Pliable 8-fiber Ribbons for Underground Deployment," International Cable and Connectivity Symposium (2015), p.659
- (6) 山本 他, 「間欠4テープを用いた超高密度架空光ケーブルの開発」、2012年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、B-12-21

執 筆 者

佐藤 文昭* : 光通信事業部 主席



岡田 圭輔 : 光通信事業部 主席



平間 隆郎 : 光通信事業部 主査



武田健太郎 : 光通信事業部 主席



岡 涼英 : 光通信事業部 主席



高橋 健 : 光通信事業部 グループ長



*主執筆者