

間欠接着型光ファイバテープを用いた 細径高密度光ケーブル

佐藤 文昭*・佐藤 平次・山本 圭吾
 平間 隆郎・高見 正和・宮野 寛

Ultra-High-Density Optical Fiber Cable with Rollable 4-Fiber Ribbon — by Fumiaki Sato, Heiji Sato, Keigo Yamamoto, Takao Hiram, Masakazu Takami and Hiroshi Miyano — This paper describes a new design of an ultra-high-density optical fiber cable with a rollable 4-fiber ribbon. The new cable has a sheath configuration similar to that of the conventional non-slotted optical cable and contains a rollable ribbon consisting of fiber adhesive parts and single-fiber parts alternately arranged in the longitudinal and transverse directions. Unlike the conventional ribbon that generally maintains its shape with fibers lying on a straight line, this new ribbon freely changes its shape, providing a highest fiber density with reduced transmission loss and residual strain in cable. Thus, this ribbon reduces the diameter of optical fiber cable. Furthermore, this ribbon provides handling characteristics equivalent to the conventional one and offers forward compatibility.

Keywords: ultra-high-density optical fiber cable, rollable 4-fiber ribbon, handling characteristics, compatibility

1. 緒 言

日本国内のFTTH加入契約数は2100万を突破し、今後も堅調に増加していく見込みである。図1に日本国内の一般的なFTTH配線形態模式図を示す。FTTH加入者が増加していく中で、FTTH配線網の構築を効率的に実施していくには既設の管路や配線スペースを有効活用でき、布設作業も容易な細径軽量の光ケーブルが望まれている。これらの要求に応える各種の超細径高密度ケーブルの研究が山田ら⁽¹⁾によって行われてきており、2012年にその一部の実用化が進められた。今回我々は、図1の引上げケーブル区間及び架空ケーブル区間に適用するケーブルについて実用化開発を行ったので以下に報告する。

定出来る。本テープは、長手の任意の位置において単心ファイバ又は2心接着部により構成されており、3心以上が連結している箇所が無い。この構成によりケーブル内に収納されたテープは、図2に示すように断面内でファイバの位置を変化させ、従来の光ファイバテープに比べて飛躍的に収納密度が高まり、また伝送損失やファイバ歪が低減される。

本テープは部分的に単心部を有することで、その長さの設定によってはテープ心線としての一括接続性に影響を与えることが想定される。そこで、従来の光ファイバテープと同等の融着接続作業性を確保するために、接着部長、単心部長の長さを最適化する検討を行った。

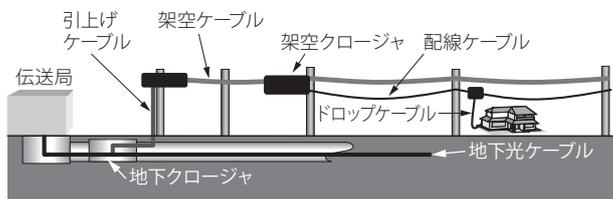


図1 FTTH配線構成

2. 間欠接着型光ファイバテープ

2-1 テープ設計 図2に間欠接着型光ファイバテープの基本構成を示す。接着部と単心部を交互に形成した構成としており、接着部長X、単心部長Yは任意の長さに設

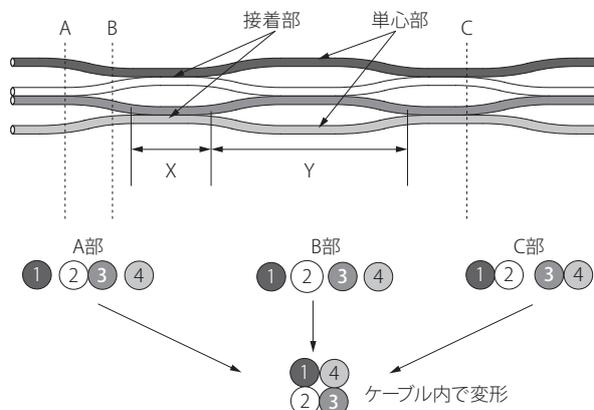


図2 間欠接着型光ファイバテープの構成

表1に4心の間欠接着型光ファイバテープにおいて、接着部長X、単心部長Yの比率を振って融着作業時間を比較した結果を示す。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

評価結果は、表1に示す通り単心部長の比率が低いほど、作業時間が短くなり、Y/X比率が1.0では、従来の光ファイバテープと同等作業時間で融着接続可能なことを確認した。しかし、同比率では、接着部長/単心部長寸法のばらつきがあった場合、部分的に4心テープ部が形成され、間欠接着型4心テープの高密度収納性が損なわれることになる。そこで高密度収納性と、融着接続作業性を勘案しY/X比率を1.5に決定した。

表1 融着作業時間の比較

サンプルNo.	Y/X比率	融着作業時間(相対比較)※
1	1.0	1.0
2	1.5	1.1
3	2.0	1.2
4	4.0	1.4

※従来テープの作業時間を1としたときの相対比較

2-2 テープ一括融着接続評価 テープ一括融着接続の損失評価結果を図3に示す。間欠接着型4心テープ同士の接続及び、間欠接着型4心テープと従来の4心テープ同士の接続のいずれのケースにおいても、十分に低い接続損失にて接続出来ることを確認している。

2-3 間欠接着型光ファイバテープの各種特性 表2に間欠接着型4心テープ単体の各種特性評価結果についてまとめる。伝送特性、機械強度、被覆除去性、コネクタ取

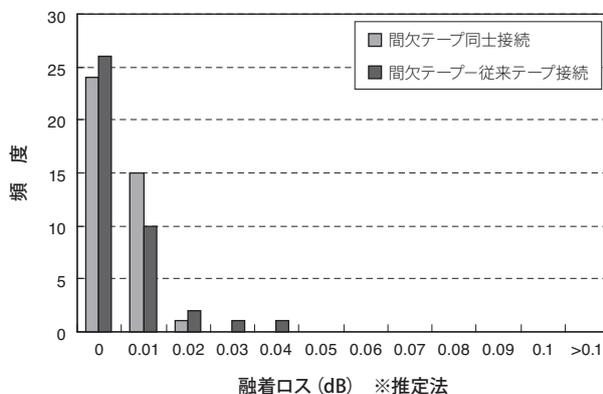


図3 テープ一括融着接続における融着ロス

表2 テープ心線構造と特性

項目	評価条件	評価結果
伝送損失	$\lambda = 1550\text{nm}$	$\leq 0.20\text{dB/km}$
損失温度変動	$-40 \sim +70^\circ\text{C}$ 5サイクル $\lambda = 1550\text{nm}$	$\Delta\alpha \leq 0.05\text{dB/km}$
圧縮強度	490N/100mm 平板 $\lambda = 1550\text{nm}$	損失変動なし
引張強度	IEC60793-1-31	$\geq 43.2\text{N}$
テープ被覆除去性	加熱リムーバ使用	成功率100%
コネクタ取付性	作業性評価 1) 現地付けSCコネクタ 2) MTコネクタ	良好

付性の各項目とも、従来テープ同様の性能、作業性を有していることを確認している。

3. 細径高密度光ファイバケーブル

3-1 ケーブル構造 今回開発したケーブルのうち、200心架空用自己支持型光ケーブルの断面構成を図4に示す。間欠接着型4心テープ5枚をバンドルテープで束ねて20心ユニットを構成し、20心ユニット10本を束ねて押さえ巻きテープを施した後、その上に外被を施す構成としている。光ファイバにはR15mm曲げ対応の曲げ強化型ファイバ PureAccess®-PB (国際規格ITU-T G.657.A1準拠)を採用している。曲げ強化型ファイバの適用と間欠接着型4心テープの効果により、図5に示すように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。

開発したケーブルのうち、代表的なケーブルについての外径、質量比較を表3に示す。

なお、架空用自己支持型ケーブルの他に、架空ハンガ内等への布設用の丸型ケーブルと、地下管路から架空への引上げ区間に適用する引上げ用ケーブルも今回開発している。架空用丸型ケーブルは、架空用自己支持型ケーブルの

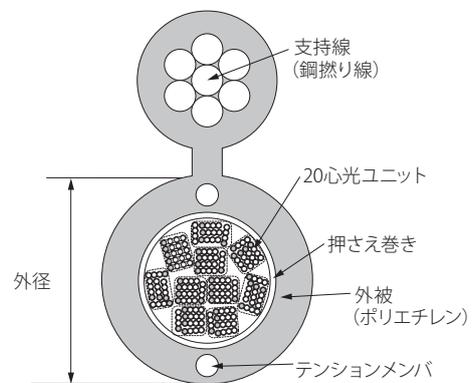


図4 200心架空用自己支持型ケーブルの構造

支持線を除したものと同一構造としている。引上げ用ケーブルについては、丸型外被構成とし、押しえ巻きに止水テープを適用することで、水没地下管路、高湿度環境化での信頼性を担保している。

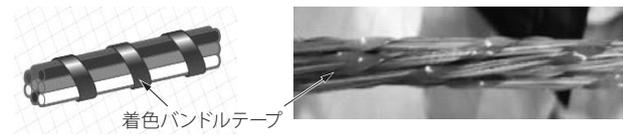


図6 バンドルテープ巻きの外観

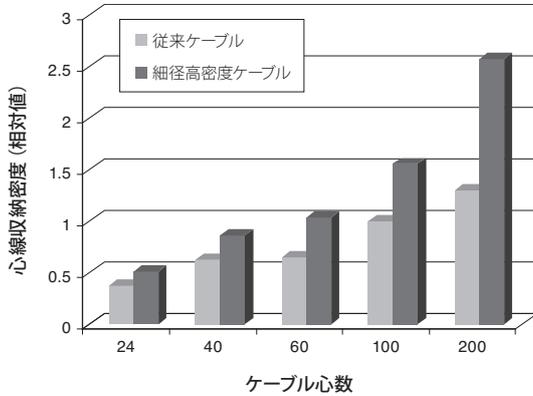


図5 各ケーブル心数における心線収納密度の比較

表3 従来品と開発品の外径/質量比較

心数	項目	従来品	開発品 (細径高密度ケーブル)
24心	外径	1.0	0.8
	質量	1.0	0.8
100心	外径	1.0	0.8
	質量	1.0	0.5
200心	外径	1.0	0.7
	質量	1.0	0.5

3-2 バンドルテープ材の選定 今回の開発ケーブルはスロット部材を廃止し、ケーブル内の心線収納密度を従来比で飛躍的に高めているが、心線の識別性は不利な方向となる為、識別性を従来品同等以上に保つための工夫が必要である。また従来のスロットレス型ケーブルのユニット識別に適用されていたバンドル糸は細く光ファイバ心線の外径と同等なので、光ファイバと見間違ふ可能性があり、必ずしも十分な視認識別性を有していなかった。そこで今回は幅のあるテープ状の着色バンドル材を用いての識別性の向上を検討した。

図6に着色バンドルテープを用いた20心ユニットの外観を示すが、ファイバと見間違ふことも無く、視認性が向上している。

また表4に各種バンドル材を用いたユニットの視認識別性評価結果を示す。従来のスロットレス型ケーブルに一般的に用いられてきた着色糸と、サイズを太径化した着色糸、幅を2水準振った着色テープについて、ケーブルコアからユニットを識別して取り出すまでの作業時間を比較した。

表4 ユニット識別性比較

バンドル材	バンドル数	ユニット識別性	
		取り出し時間 (相対値)	作業性
着色糸 (従来品)	2 (クロス巻)	1.0	○
太径着色糸 (ファイバ径2倍)	2 (クロス巻)	0.8	○
着色テープ (幅2.0mm)	1	0.4	◎

その結果、着色テープの方が視認識別までの時間が短くなることで、ユニット取り出し時間が短くなることを確認した。

4. ケーブル評価結果

今回開発した24心～200心ケーブルについて特性評価結果を表5に示す。各評価項目とも従来光ケーブル同等の良好な伝送特性、信頼性を確保していることを確認している。また、引上げ用ケーブルについては防水特性も十分なことを確認している。

表5 ケーブル特性評価結果

項目		試験方法	評価結果
伝送特性	伝送損失	IEC60793-1-40 $\lambda = 1550\text{nm}$	$< 0.25\text{dB/km}$
	損失温度変動	IEC60794-1-2 -30 ~ +70 °C × 3 $\lambda = 1550\text{nm}$	$< 0.10\text{dB/km}$
機械特性	圧縮強度	IEC60794-1-2 1960N/100mm 平板 $\lambda = 1550\text{nm}$	$< 0.05\text{dB}$ ケーブル外観に異常無し
	耐衝撃	IEC60794-1-2 錘 1kg × 1m 落下 $\lambda = 1550\text{nm}$	$< 0.05\text{dB}$ ケーブル外観に異常無し
	屈曲特性	IEC60794-1-2 曲げ半径 160mm $\lambda = 1550\text{nm}$	$< 0.05\text{dB}$ ケーブル外観に異常無し
	捻回特性	IEC60794-1-2 $\pm 90^\circ/1\text{m}$ $\lambda = 1550\text{nm}$	$< 0.05\text{dB}$ ケーブル外観に異常無し
	しごき特性	1960N、R250mm $\lambda = 1550\text{nm}$	$< 0.05\text{dB}$ ケーブル外観に異常無し
防水特性 (引上げ用ケーブルのみ)		水頭長 1m ケーブル長 40m 240時間	端面からの水の漏出無し

5. 結 言

今回我々は、間欠接着型光ファイバテープを用いた細径高密度光ケーブルを開発した。間欠接着型光ファイバテープは従来テープと同等の作業性にて一括融着接続が可能なことを確認した。また、間欠構成によりケーブル内で自在にテープ形態が変形する効果により、高密度収納が実現し、ケーブル外径を従来比20～30%細径化し、質量を20～50%軽減した。また開発したケーブルの各種特性評価を行い、従来ケーブル同等の良好な信頼性を有していることを確認している。

本ケーブルの適用により、限られた布設スペースの有効活用と、布設作業性の向上に寄与するものと期待される。

用語集

※1 FTTH

Fiber To The Home：光ファイバによる家庭向けのデータ通信サービス。

※2 光ファイバテープ

光ファイバを複数平行に並べ、紫外線硬化型樹脂で覆った心線。

※3 伝送損失

光ファイバを光が伝搬するとき、2点間の光パワーの減少を示す値で次の式で表される。

$$\alpha = - (10/L) \log (P2/P1)$$

L：ケーブル長

P1：入射光のパワー

P2：出射光のパワー

この値が大きいほど、光パワーの減少が大きくなるため伝送距離が短くなる。

※4 融着接続

電極棒間に発生させた放電の熱を利用して、光ファイバを溶融一体化する技術。融着接続方式はコア調心方式と固定V溝調心方式の2種類に分類され、光ファイバテープの一括接続は固定V溝方式が主に用いられる。

※5 自己支持型光ケーブル

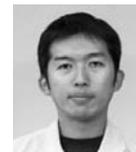
丸形光ケーブルと吊線を一体化させた架空用光ケーブル。

参 考 文 献

- (1) The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, No.44-11 (2008)
- (2) The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, No.B-13-15 (2009)
- (3) 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
- (4) The International Wire & Cable Symposium, No.2-2 (2012)
- (5) The International Wire & Cable Symposium, No.P-4 (2012)

執 筆 者

佐藤 文昭*：光通信事業部 主査



佐藤 平次：光通信事業部



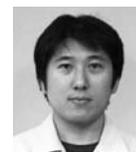
山本 圭吾：光通信事業部



平間 隆郎：光通信事業部



高見 正和：光通信事業部 主査



宮野 寛：光通信事業部 主席



*主執筆者