

間欠接着型テープを用いた 超高密度2000心光ケーブル

Ultra-High-Density 2000-Optical Fiber Cable with Pliable Ribbons

佐藤 文昭*
Fumiaki Sato

高見 正和
Masakazu Takami

長尾 美昭
Yoshiaki Nagao

武田 健太郎
Kentaro Takeda

加藤 浩
Hiroshi Kato

石上 茂久
Shigehisa Ishigami

伝送容量の増大に伴い、FTTH、DC等で高密度光配線の要求が高まっている。今回は従来の1000心ケーブルと同じ外径で高密度、多心化を図るため、柔軟性と一括融着性を両立する間欠接着型8心テープを使用し、最大2000心の地下配線用超高密度ケーブルを開発した。今回の報告では間欠テープおよびケーブル構造選定の経緯やケーブル特性について報告する。

In this paper, we describe a new design of ultra-high-density optical fiber cable with pliable 8-fiber ribbons for underground wiring. The new cable has a sheath configuration similar to that of the conventional non-slotted optical cable and contains a pliable ribbon consisting of 4-fiber adhesive parts and 2-fiber adhesive parts alternately arranged in 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 the highest fiber density with reduced attenuation and residual strain in the cable. Thus, this ribbon reduces the diameter of the optical fiber cable drastically and achieves maximum 2000-fiber optical cable equivalent to conventional 1000-fiber optical cable. Furthermore, this ribbon provides handling characteristics equivalent to conventional ribbons and offers forward compatibility.

キーワード：地下配線、超高密度、間欠接着型8心テープ心線、2000心

1. 緒言

クラウドコンピューティングや動画配信等の普及、伝送容量の増大に伴い、空間伝送密度を高める取り組みが進んでいる。従来はFTTHやデータセンター間の光ケーブル配線に関して、既設の1000心一本に細径1000心を挿通できるインナーパイプを2本敷設することで1管路最大3000心が最大であり、インナーパイプ内の光ケーブルのさらなる高密度化が課題であった。高密度化技術として既に架空区間では柔軟性と接続性を両立した間欠接着型4心テープを用いることで、従来よりも最大50%程度、光ファイバ密度を高めたケーブルが商用化されている。今回は架空区間に適用した間欠接着型テープの技術を活用し、従来の1000心ケーブルの外径で光ファイバ密度を高める開発を行った。

本開発においては、テープの柔軟性と接続容易性を両立させるために、間欠接着型8心テープの構造を従来の1心単位で接着している構造からテープ2心単位で接着した構造に変更した。さらにケーブル内の25ユニットから任意のユニットを取り出す際の識別性およびユニットの一体感を向上させるため、交点接着型のバンドル材も適用した。

ケーブル構造については架空配線で適用したスロットレス構造において、最大2000心収納出来る構造を設計し、伝送特性、機械特性等、各種特性において、従来の地下ケーブルと同等の特性を有することを確認した。

2. 間欠接着型8心テープ心線の設計

今回使用した間欠テープは8心テープであり、模式図を図1に示す。間欠テープは接着部X、非接着部Yで構成されており、製造条件により自由に変えることができる。今回は融着作業性とテープの柔軟性を両立させるため、間欠パターンを最適化した。

本テープは接着長X、非接着長Y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。

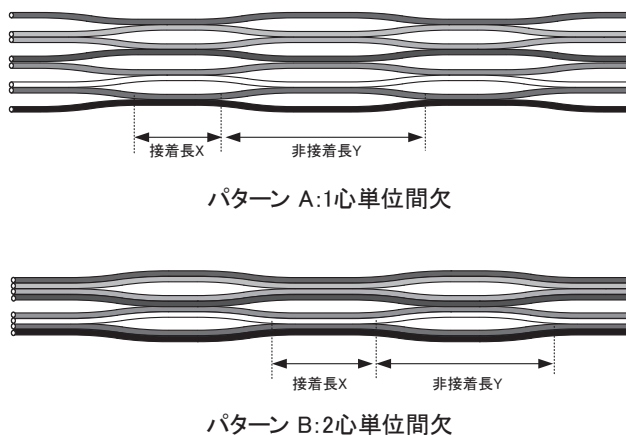


図1 間欠パターンの模式図

そこで、従来の8心テープ心線と同等の融着接続作業性を確保するために、単心長、接着長の長さを最適化する検討を行った。

表1に単心長X、接着長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1心単位間欠では非接着長Yの比率が低いほど融着作業性は良くなるが、ケーブル特性は悪化することがわかった。

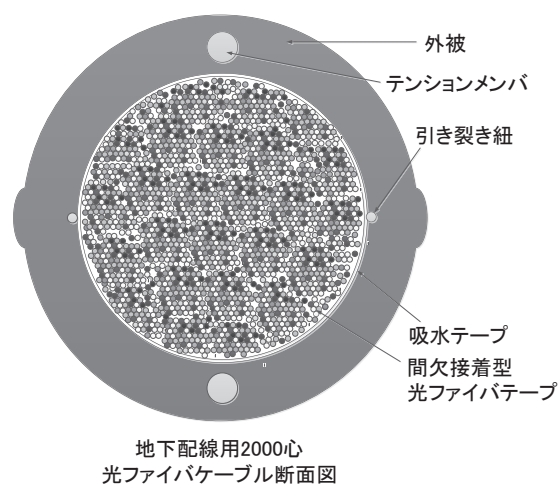


図2 超高密度2000心光ケーブルの断面構造

表1 融着作業時間の比較

間欠パターン	非接触部比率(Y/X)	ケーブル特性(曲げ歪み*1)	融着作業性(作業時間*2)
A 1心単位	4.0	◎(0.5)	×(1.4)
A 1心単位	1.5	○(0.8)	△(1.2)
B 2心単位	1.5	○(0.8)	○(1.0)
A 1心単位	1.0	×(1.0)	○(1.0)
従来テープ(非間欠)	-	×(1.0)	○(1.0)

*1: 高精度歪み測定器で測定した歪み、相対値
*2: 従来テープ作業時間を1としたときの相対値

一方、1心単位間欠テープで最適なY/X比率1.5においても融着作業性が従来テープよりもやや劣ることから、同Y/X比率でパターンBの2心単位間欠を試したところ、ケーブル特性と融着作業性が両立することがわかった。今回はパターンBの2心単位間欠を採用することとした。

3. 超高密度2000心光ケーブル

3-1 ケーブルの構成

今回開発した2000心地下光ケーブルの断面構成を図2に示す。間欠接着型8心テープ10枚をバンドルテープで束ねて80心ユニットを構成し、80心ユニット25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。光ファイバには曲げ強化型ファイバ(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接着型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。

開発したケーブルに関して、従来ケーブルと心線収納密度を比較したデータを図3に示す。心線収納密度とはケーブル断面積に対する心線断面積の割合を表しており、今回は従来の非間欠型テープスロットケーブルの心線収納密度を1とし

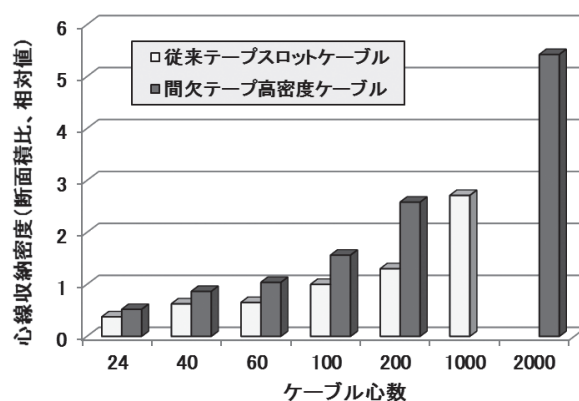


図3 超高密度地下2000心ケーブルの心線密度比較

た場合の相対値を示している。

図3のように2000心ケーブルは従来100心ケーブル比で5.2倍、従来1000心ケーブル対比で2.0倍の心線収納密度を表している。

3-2 ユニット構造の検討

今回開発した2000心ケーブルは同一空間内に2000本のファイバがあるため、識別性を従来品同等以上に保つためユニット構造の検討を行った。架空高密度ケーブルで適用された幅広テープ(図4参照)を活用し、さらに25ユニット間の識別を容易にするパターンを検討した。今回は作業性の指標としてケーブル解体時の特定のユニット取り出しまでの時間(ユニット識別性)、ケーブル化時の特性の指標としてユニットからのテープ心線の飛び出し程度を示すユニット一体感という指標を用いた。表2に今回のユニット識別性検討結果を示す。

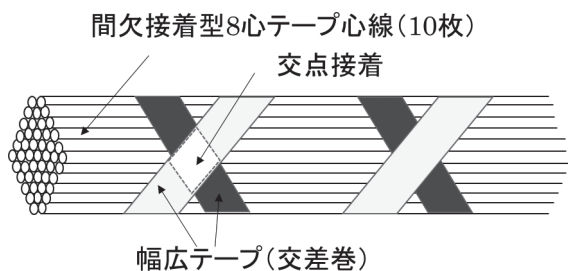


図4 交点接着80心ユニットの外観

表2 ユニット識別性比較

No.	バンドル構成		ユニット識別性	ユニット一体感
1	太径着色糸	1 (片側巻)	×	△
2		2 (交差巻)	△	○
3	幅広テープ (幅2.0mm)	1 (片側巻)	△	△
4		2 (交差巻)	○	○
5	幅広テープ (幅2.0mm) ※交点接着	2 (交差巻)	○	◎

表2に示したようにバンドル構成を幅広テープの交差巻にすることで、ユニット識別性と一体感を両立することができたが、さらに今回はバンドルの交差巻部分を加熱溶着することで、交差部が長手方向でずれることも抑制され、ユニット一体感が増すことが分かった。

そのため、今回は幅広テープを交差巻きし、交点を接着する構成を採用した。

3-3 防水構造の検討

今回開発した2000心ケーブルは従来テープスロット型ケーブルと異なり、広い内部空間に心線を実装するスロットレス構造であるため、従来品並の吸水性能を確保するために工夫が必要であった。今回は240時間で40m透水しない構造を検討するため、各種吸水テープおよび吸水紐の検討も行った。表3に結果を示す。

表3の結果から、吸水材を1.5倍以上とした高性能品およ

表3 防水構造検討結果

No.	防水構成		防水特性	製造性 /コスト
	吸水テープ	吸水紐		
1	従来品	無	×	○
2	高性能品 (吸水材1.5倍)	無	△	○
3	高性能品 (吸水材1.5倍)	有	○	×
4	高性能品 (吸水材2.0倍)	無	○	○

び吸水ヤーンを使用することで防水特性の改善が見られ、防水特性、製造性の観点から吸水材2.0倍品を使用し、吸水紐がない構造を採用した。

4. ケーブル評価結果

今回開発した2000心ケーブルについて特性評価結果を表4に示す。今回は非難燃タイプに加え、難燃タイプも同じ外径で開発し、両者共に従来光ケーブル同等の良好な伝送特性、機械特性を確保していることを確認している。

表4 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 $\lambda = 1550\text{nm}$	<0.40dB/km (1310nm) <0.25dB/km (1550nm)
損失温度変動	IEC60794-1-2 -30~+70°C ×3サイクル $\lambda = 1550\text{nm}$	損失変動 <0.10dB/km
側圧特性	IEC60794-1-2 1960N/100mm $\lambda = 1550\text{nm}$	損失変動 <0.1dB ケーブル外観に異常なし
耐衝撃特性	IEC60794-1-2 1kg×1m落下 $\lambda = 1550\text{nm}$	
屈曲特性	IEC60794-1-2 曲げ半径240mm $\lambda = 1550\text{nm}$	
捻回特性	IEC60794-1-2 $\pm 90^\circ / 1\text{m}$ $\lambda = 1550\text{nm}$	合格
しごき特性	3000N 半径600mm $90^\circ \lambda = 1550\text{nm}$	
防水特性	水頭長1m、海水 ケーブル長40m 240時間	端面からの水の漏出なし
難燃特性 (難燃タイプのみ)	JIS C3521	合格

5. 結 言

今回我々は、間欠接着型8心テープを用いた地下配線用超高密度2000心光ケーブルを開発した。間欠接着型8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。さらに従来ケーブルから特性悪化の懸念があったユニット識別性および防水特性についても構造を工夫することにより、改善することができた。今回の開発品は従来の1000心ケーブルと比較して心線収納密度が2倍となる構造で設計し、各種ケーブルについても従来ケーブル同等の良好な特性であることを確認した。

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 インナーパイプ

地下管路内にケーブル布設前に布設するパイプであり、管路の中にケーブル保護用可とう管（インナーパイプ）を敷設してその中にケーブルを収容することにより、一方のケーブルに対して工事・保守等の作業をした場合の他方のケーブルへの悪影響を一定程度防止し、管路1条についてケーブル複数条を敷設することを可能とする。

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) 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



高見 正和 : 光通信事業部 主席



長尾 美昭 : 光通信事業部 グループ長



武田健太郎 : 光通信事業部 主査



加藤 浩 : 光通信事業部 主席



石上 茂久 : 光通信事業部 グループ長



*主執筆者