

高強度外被を有する高密度架空光ケーブル

エネルギー・情報通信カンパニー 光ケーブルシステム事業部 大野正敏¹・鯉江彰²・大里健³

High-Density Aerial Optical Cable with High Strength Sheath

M. Ohno, A. Namazue, and K. Osato

山間部などの架空領域において、キツツキや齧歯類などの生物によるケーブル外被の穿孔被害を回避するために、光ファイバ心線の保護層としてステンステープをほどこしたスロット型光ケーブルが使用されている。しかし、従来の光ケーブルでは施工時に専用工具が必要であり、さらに光ファイバ心線を傷付ける恐れがあるため、施工作业に時間と技術を要していた。今回、従来の光ケーブルと同等の生物被害耐性を有しつつ、細径・軽量化を実現した施工性に優れた光ケーブルを開発した。

As a problem in some aerial application, there have been cases where optical fibers within the cable are damaged due to the cable being bitten by animals, such as woodpeckers or squirrels. In response, a stainless steel tape, which surrounds slotted core cable using rigid ribbon has been taken. However, at the time of mid-span access, a special tool was needed. Even though the special tool was used, when inserting a blade into the sheath, there is a risk of damage to the optical fibers. Consequently, the time and skill are needed at the time of mid-span access. In this paper, we aimed to provide an innovative cable with high strength sheath for aerial application which has not only functions equivalent to existing cable but also excellent mid-span access workability.

1. ま え が き

1.1 開発背景

クラウドサービスの拡大、5G商用化、車の自動運転サービスなどの展開が見込まれており、通信ネットワークの大容量化が進んでいる。これにあわせ、経済的かつ効率的な光線路配線網の構築が求められており、世界の光ファイバ市場では地下や架空配線用ケーブルの高密度化の需要が高まっている。このような要求に対し、間欠接着型光ファイバテープ心線（以下、間欠テープ）を用いた高密度実装技術が実用化されている^{1),2),3)}。

優れた施工性という観点から、国内の光ファイバネットワークでは、従来のスロット型光ケーブルからスロットレス型の高密度光ケーブルへの置き換えが進んでいる。しかし、山間部などの架空領域においては、キツツキや齧歯類に光ケーブルが噛まれ、光ファイバ心線が損傷する場合があることから、光ファイバテープ心線を用いたスロット型光ケーブルの周囲にステンステープをほどこしたケーブル構造が使用されている。

1.2 従来ケーブルの構造

従来ケーブルの断面構造を図1に示す。従来の一体型の光ファイバテープ心線は歪みの影響を受けやすいため、ケーブル外径や重量を小さくすることが困難であった。

また、ケーブル解体作業をする際には専用工具が必要であった。専用工具を使用した場合であっても、ステンステープの内側に保護層がない構造であるため、シースに刃を挿入する際に光ファイバ心線に損傷を与える危険があった。さらに、一体型の光ファイバテープ心線を採用しているため、単心分離作業の際にも専用工具が必要であり、施工作业に時間と技術を要していた^{4),5)}。

2. 開発ケーブルの設計

2.1 ケーブルコアの構造

4心間欠テープの構造を図2に示す。間欠テープは、

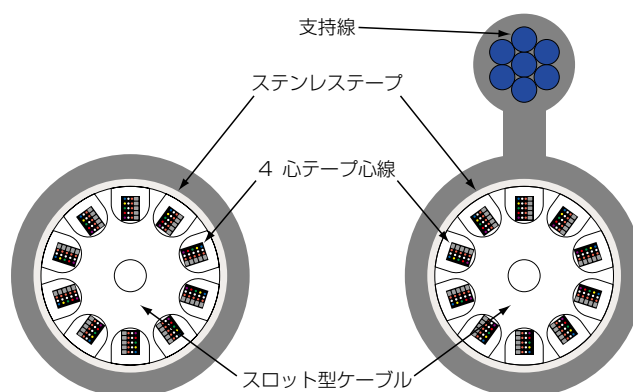


図1 従来ケーブルの断面図
Fig. 1. Structure of conventional cable.

1 光ケーブル開発部
2 光ケーブル開発部グループ長
3 光ケーブル開発部部長

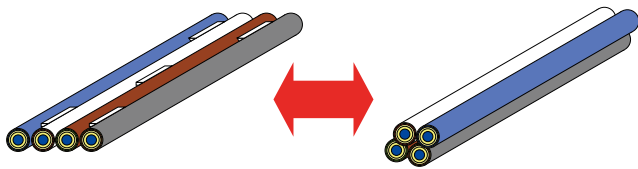


図2 4心間欠テープの構造
Fig. 2. Structure of 4-fiber ribbon.

単心ファイバが間欠的に接着された構造をなし、光ファイバ心線のようにその形状を柔軟に変化させることができる。そのため、大きな歪みを受けることなく間欠テープを高密度にケーブル内に実装することが可能である。また、間欠テープは光ファイバテープ心線としての特徴も有しており、容易に一括融着接続することが可能である。さらに、光ファイバテープ心線を使用する場合、単心ファイバに分離するには専用工具を必要とする作業のために時間と技術を要していたのに対し、間欠テープは専用工具を使用せずに容易に単心ファイバに分離することが可能である。

高密度光ケーブルは、スロットレス型のセンターチューブケーブルであり、重ねあわされた押え巻きに包まれた間欠テープから構成されている。間欠テープは色付きのバンドルテープによりユニット化され、テンションメンバは外被の対向の位置に埋め込まれている。これにより、ケーブル外径と重量を極限まで減らし、布設時の作業性を向上させることが可能である。また、光ファイバユニットにはSZバンチングユニット⁶⁾を採用しており、優れた識別性と解体作業性を有している。

2. 2 開発ケーブルの構造

開発ケーブルの設計指針は、従来ケーブルと同等の生物被害耐性を有しつつ、細径・軽量化を実現した施工性に優れたケーブルを実現することである。図3は開発ケーブルの断面図を示しており、本ケーブルは2層シース構造となっている。外層シースは、内層シースの周囲にほどこされたコルゲート付き鉄テープと外被から構成され、キツツキによる穿孔被害を模擬した繰り返し衝撃試験の要求特性を満足する。また、2層シース構造を採用したことにより、ケーブル解体時に光ファイバ心線を傷付ける心配がない。さらに、優れた施工性を実現するため、主に以下5つの設計を採用している。

- 1) 外層シース用のリップコードを実装している。これにより、プライヤなどの既存工具を用いて容易に外層シースを除去することが可能である。
- 2) 外層シース用のリップコードは、内層シースに埋め込まれている。リップコードが固定されているため、短い長さのケーブルについても容易に外被を引裂くことが可能である。
- 3) 鉄テープ重なり部の位置表示用に、外層シースの外被上に連続突起が設けられている。したがって、ケーブル解体作業の際に、外層シースを除去して鉄テープ重なり

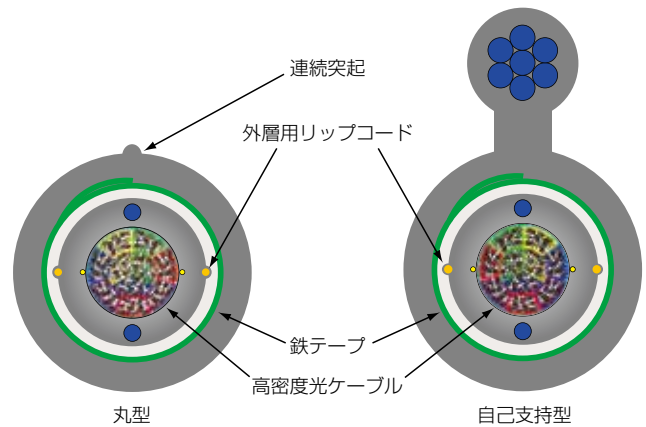


図3 開発ケーブルの断面図
Fig. 3. Structure of developed cable.

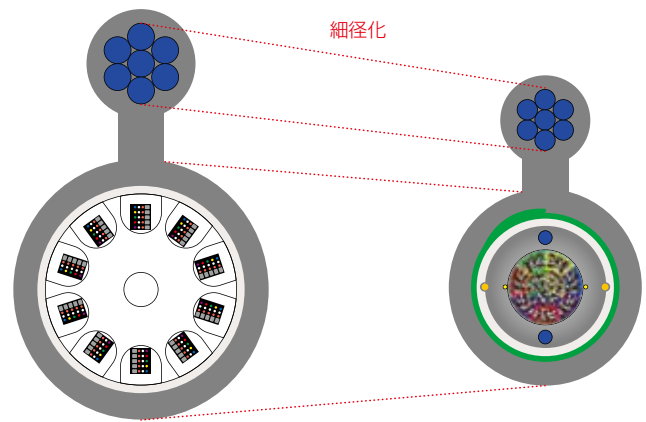


図4 自己支持型 200心ケーブルの比較
Fig. 4. Comparison of 200-fiber cable of self-supporting type.

部を探す作業が不要となるため、施工時間を大幅に短縮することが可能である。

- 4) 円周方向において、外層用リップコードと鉄テープ重なり部が同じ位置に配置されないように、鉄テープ重なり部の位置が制御されている。これにより、外層シースを引裂くための力を抑制することが可能である。
- 5) 外層用リップコードを用いて外層シースを引裂いた際に、内層シースに残る跡が内層用リップコードの位置表示になる。また、従来ケーブルよりも内層シース厚を薄く設計しているため、解体作業性に優れる。

3. 従来ケーブルとの比較

設計指針に基づき、24心から200心までの各心数について設計した。ここで、自己支持型200心ケーブルの断面図の比較を図4に示す。高密度実装技術による細径化によりケーブル部が軽量化されたことにより、自己支持型構造においては、支持線径の細径化が可能となった。これにより、従来ケーブルと比較して大幅な軽量化を実現した。自己支持型構造のケーブル高さやケーブル重量

の比較を図 5 と図 6 に示す。200 心ケーブルについて着目すると、従来ケーブルと比較して、ケーブル高さは約 27%、ケーブル重量は約 40%の削減を達成した。

4. 開発ケーブルの特性

4.1 機械特性

丸型構造 200 心ケーブルの機械試験結果を表 1 に、自己支持型構造 200 心ケーブルの機械試験結果を表 2 に示す。なお、測定波長は 1550 nm にて実施した。いずれの試験においても、良好な特性を有することを確認した。

4.2 環境特性

-30 °C / +70 °C の温度領域における、丸型構造 200 心ケーブルの損失温度特性結果を図 7 に、自己支持型構造 200 心ケーブルの損失温度特性結果を図 8 に示す。

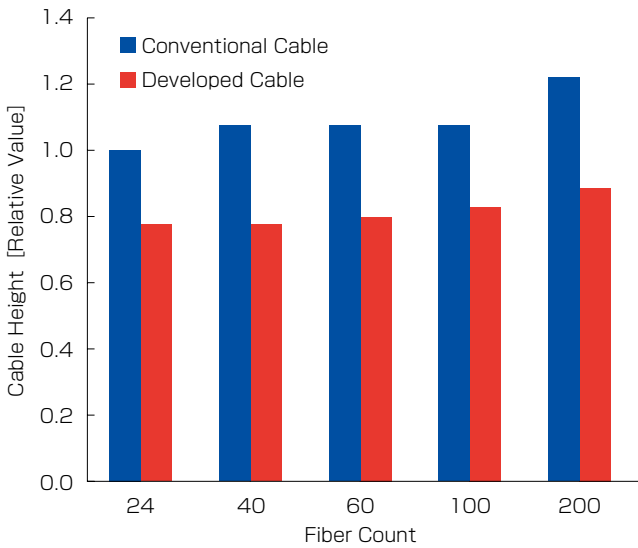


図5 ケーブル高さの比較
Fig. 5. Comparison of cable height.

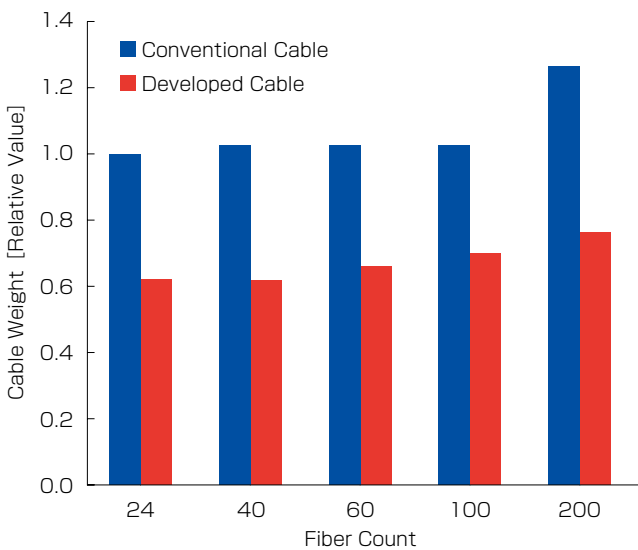


図6 ケーブル重量の比較
Fig. 6. Comparison of cable weight.

表1 機械試験結果 (丸型)
Table 1. Result of mechanical test (Non-supporting type).

項目	試験条件	試験結果
側圧特性	1960 N / 100 mm, 1 minute	<0.05 dB 外被の損傷無し
衝撃特性	衝撃エネルギー: 10 J	
繰り返し曲げ特性	曲げ半径: 200 mm サイクル数: 10	
引張特性	荷重: 392 N	
捻回特性	サンプル長: 1 m 捻回角度: ±90 度	
しごき特性	荷重: 392 N, 曲げ半径: 250 mm しごき角度: 90 度, サイクル数: 4	鉄テープの貫通孔無し
鉄テープの繰り返し衝撃特性	衝撃エネルギー: 0.012 N · m/mm サイクル数: 200	

表2 機械試験結果 (自己支持型)
Table 2. Result of mechanical test (Self-supporting type).

項目	試験条件	試験結果
側圧特性	1960 N / 100 mm, 1 minute	<0.05 dB 外被の損傷無し
衝撃特性	衝撃エネルギー: 10 J	
繰り返し曲げ特性	曲げ半径: 200 mm サイクル数: 10	
捻回特性	サンプル長: 1 m 捻回角度: ±90 度	
しごき特性	荷重: 1960 N, 曲げ半径: 250 mm しごき角度: 90 度, サイクル数: 4	
鉄テープの繰り返し衝撃特性	衝撃エネルギー: 0.012 N · m/mm サイクル数: 200	鉄テープの貫通孔無し

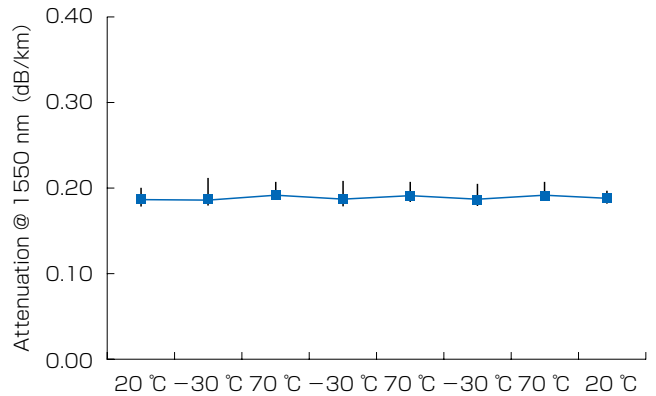


図7 損失温度特性結果 (丸型)
Fig. 7. Result of temperature cycling test (Non-supporting type).

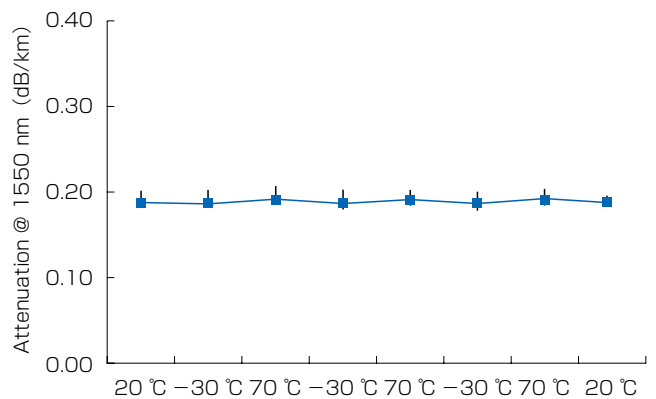


図8 損失温度特性結果 (自己支持型)
Fig. 8. Result of temperature cycling test (Self-supporting type).

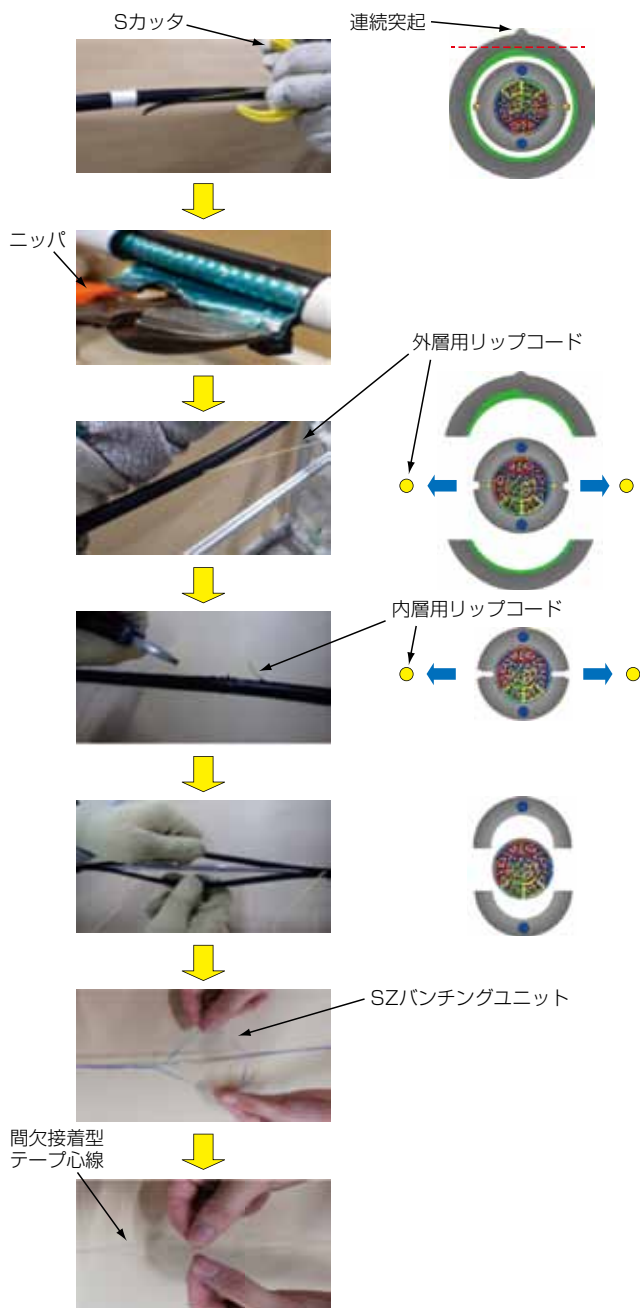


図9 開発ケーブルの中間後分岐作業性

Fig. 9. Mid-span access workability of developed cable.

1550 nmの波長にて、いずれも最大損失変動量は0.05 dB/km以下であり、良好な特性を有していることを確認した。

5. 開発ケーブルの作業性

開発ケーブルの中間後分岐作業手順を図9に示す。まず、国内の標準工具であるSカットなどを用いて、外被上の連続突起に沿って外層シースを除去する。次に、ニッパなどを用いて外層シースを除去する。最後に、外層用リップコードを取り出し、プライヤなどで外層シース

を引裂く。以上のとおり、専用工具を用いることなく、容易に外層シースを除去できることを確認した。

外層シースを引裂いた後、内層シースの外被上に外層用リップコードの跡が残る。内層用リップコードは外層用リップコードの内側にあるため、その跡が内層用リップコードの位置表示になる。内層用リップコードの外側シース厚を薄く設計しているため、内層用リップコードの取り出しや、内層シースの解体作業を容易に行うことが可能である。また、光ファイバユニットにはSZパンチングユニットを採用している。識別性に優れ、手で容易に解体することが可能である。さらに、ケーブルを構成している間欠テープは、専用工具を用いることなく、手で容易に単心ファイバに分離することが可能である。

以上のとおり、開発ケーブルは優れた施工性を有することを確認した。

6. むすび

従来ケーブルと同等の生物被害耐性を有しつつ、専用工具を必要としない施工性に優れたケーブルを開発した。間欠テープを用いた高密度実装技術により、従来ケーブルと比較して大幅な細径・軽量化を実現した。

本開発ケーブルの適用により、経済的かつ効率的な光線路配線網の構築への大きな貢献が期待できる。

参考文献

- 1) 富川浩二, 伊佐地瑞基, 竹田大樹, 大里健, 山中正義, 岡田直樹:「間欠接着型4心テープ心線を用いた細径高密度光ケーブルの開発」, 2012信学会通信ソサイエティ大会 B-10-22, p.204, Sept. 2012.
- 2) M. Yamanaka, K. Osato, K. Tomikawa, D. Takeda, M. Isaji and N. Okada, "Ultra-high density optical fiber cable with spider web ribbon," Proc. 61st IWCS, pp.37-41, 2012.
- 3) M. Isaji, S. Yagi, Y. Takahashi, K. Osato, M. Yamanaka and N. Okada, "Ultra-high density wrapping tube optical fiber cable with 12-fiber spider web ribbon," Proc. 62nd IWCS, no.12-3, pp.605-609, 2013.
- 4) 伊藤直人, 大野正敏, 大里健, 山中正義:「高密度架空HSケーブルの開発」, 2016信学会通信ソサイエティ大会 B-10-16, p.309, Mar. 2016.
- 5) M. Ohno, S. Sato, K. Tomikawa and K. Osato, "High-density aerial optical cable with high strength sheath," Proc. 68th IWCS, no.11-6, 2019.
- 6) M. Ohno, S. Kaneko, T. Kaji, K. Tomikawa and K. Osato, "Development of ultra-high density and fiber-count WTC with SWR," Proc. 66th IWCS, pp.312-316, 2017.