

e-Ribbon[®]光ケーブルの開発

Development of Optical Fiber Cable with e-Ribbon[®]

太田 勇希
Yuki Ota

永井 傑朗
Takeshiro Nagai

田邊 賢吾
Kengo Tanabe

野呂 互
Wataru Noro

近年、IoTの普及、5G商用の本格化、自動車の自動運転などにより、高速大容量な光ファイバ通信網の整備・構築に関して、細径高密度光ファイバケーブルの需要が高まってきている。このような要求に対し、ローラブルリボン（e-Ribbon[®]）をケーブル内に収容することで実現が可能である。今回、既設ダクト内における光ファイバ心線収容密度の向上を図るため、12心 e-Ribbon[®]を用いた432心スロットレス型光ケーブルを開発した。本報告では、12心 e-Ribbon[®]の基本設計を述べるとともに、ケーブルの特性評価結果について報告する。

In recently, the demand for high density optical fiber cables has been increasing with respect to the development and construction of high-speed and capacity optical fiber communication networks due to the spread of IoT, full-scale 5G commercialization, and automated automobile driving. This demand can be realizable by accommodating rollable ribbon (e-Ribbon[®]) in the cable. We have developed 432 fiber slot-less optical cable using 12 fiber e-Ribbon[®] to improve the density of optical fiber cores in existing ducts.

In this paper, we describe the design of the 12 fiber e-Ribbon[®] and the various characteristics of the 432 Fiber slot-less optical cable.

1. はじめに

近年、IoTの普及、5G商用の本格化、自動車の自動運転などにより、データトラフィックが飛躍的に増加しており、それを支える高速大容量光ファイバ通信網の整備・構築に関して、世界的に需要が高まってきている。

なかでも、欧米諸国における情報通信ケーブルは、地下埋設のダクトに布設されることが多く、ダクト内の布設スペースに物理的な制約をうける。そのため、欧米諸国の高速大容量な光ファイバ通信網の整備、構築を経済的に実現するには、既存ダクトを用いたまま従来ケーブルよりも光ファイバ心線が高密度なケーブルを導入することで布設コストを低減させることが強く求められている。

一方で、当社はこれまで4心ローラブルリボン（ローラブルリボン：e-Ribbon[®]）を用いたスロットレス型の細径高密度光ファイバケーブルにおいて、日本国内における経済的な光ファイバ通信網の整備、構築に大きく貢献してきた実績がある¹⁾。

そこで、今回我々は高密度にケーブル収納が可能であるe-Ribbon[®]を活用し、既設ダクト内における光ケーブルの通信容量向上を図るため、12心 e-Ribbon[®]を用いた432心スロットレス型光ケーブルを開発した。本報告では、12心 e-Ribbon[®]の基本設計を述べるとともに、432心ケーブルの特性評価結果について報告する。

2. 12心 e-Ribbon[®]の設計

2.1 12心 e-Ribbon[®]の構造設計

e-Ribbon[®]は、連結部と分離部より構成され、光ファイバ心線が幅方向及び長手方向に間欠的に連結された構造の光ファイバテープ心線である。連結部の構成は光ファイバテープ心線の心線数に応じ、光ファイバ心線を単心連結する単心毎と2心線を連結する2心毎の間欠構造がある(図1)。この間欠構造は、製造条件により自由に設計することが可能となっている。

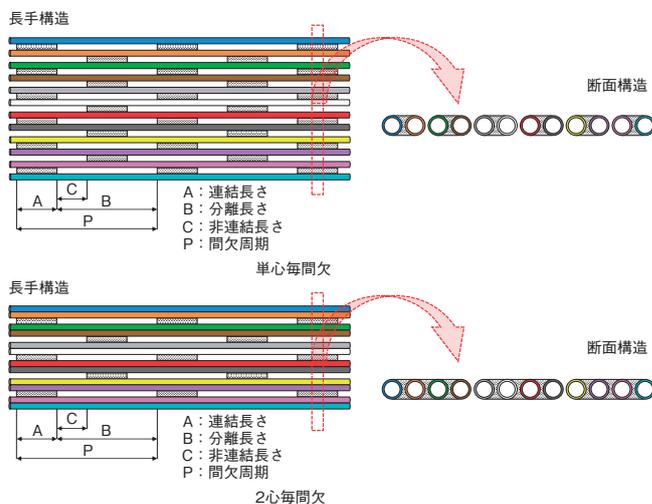


図1 12心 e-Ribbon[®]の間欠構造の模式図

さらに、e-Ribbon®は高密度に集線してケーブル化するとき、折りたたまれるように変形実装される。この変形は間欠構造の非連結長さCによって連結部同士の重なり(Overlap)及び非連結部のねじり(Twist)が変化する。ケーブル内におけるe-Ribbon®のこれらの変形が光ファイバの歪みに大きく影響することが分かっている²⁾。

そこで、12心e-Ribbon®の開発にあたり、非連結長さCをパラメータとすることで最適な構造の検討を行った。表1に間欠パターンと曲げ歪を比較した結果を示す。非接着部長さCが長くなるほど、曲げ歪は良好な特性になることが分かった。また、融着接続時間に関して、単心毎と2心毎の構造を比較すると12心e-Ribbon®では、2心毎構造の方が優れていることが分かった。これは、e-Ribbon®の幅方向に連結部の数が増えると、ホルダへセットする作業時間が遅くなる傾向と考える。

以上の結果より、今回は曲げ歪みと融着接続時間の特性が良好なパターン6の間欠構造を12心e-Ribbon®の構造として採用することとした。

表1 間欠パターンと曲げ歪みの比較結果

間欠パターン	間欠構造	非連結長さC (相対値*1)	曲げ歪み (相対値*2)	融着接続時間
パターン1	単心毎	1.0	○ (1.0)	△
パターン2	単心毎	2.0	◎ (0.5)	×
パターン3	2心毎	0.7	△ (1.4)	◎
パターン4	2心毎	1.0	× (1.7)	◎
パターン5	2心毎	1.2	△ (1.2)	○
パターン6	2心毎	2.0	◎ (0.7)	○
4心 e-Ribbon®	単心毎	1.0	○ (1.0)	◎

*1 4心 e-Ribbon® の非連結長さCを1としたときの相対値
 *2 ケーブル曲げによる4心 e-Ribbon® の最大曲げ歪を1としたときの相対値

2.2 12心 e-Ribbon® の融着接続性

間欠構造パターン6と従来12心テープ心線との融着接続性を評価するため、接続時間と接続損失について評価した。融着接続手順を図2に示す。接続時間の評価は、図2のステップ(1)～(4)の手順で要した時間を融着接続時間として測定し、ステップ(5)にて接続損失(推定法)を測定した。融着接続に関して、融着機をはじめとした周辺機器についても既存の機器を用いて融着接続が可能である。

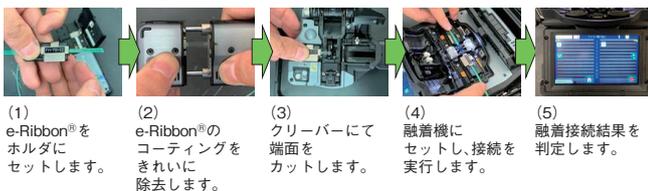


図2 12心 e-Ribbon® の接続手順

融着接続時間の比較結果を図3に示す。従来の12心テープ心線同士の接続時間と比較しても遜色なく、一括接続作業ができた。従来12心テープ心線同士の接続時間と比較しても同等の接続作業性を確保できていると考える³⁾。

また、融着接続損失(推定法)の比較結果を図4に示す。図4に示すように、一括融着接続の損失値は従来の12心テープ心線と同等であることが分かった。

これらの結果から、12心e-Ribbon®は、従来の12心テープ心線と同等の接続性を有することを確認した。

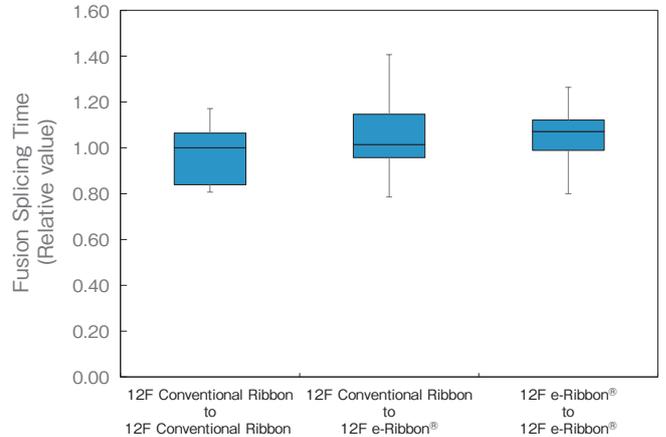


図3 12心 e-Ribbon® の融着接続時間の比較結果

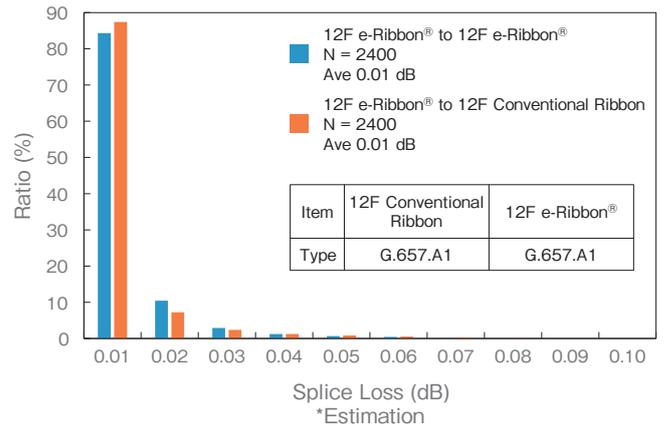


図4 12心 e-Ribbon® の融着接続損失の比較結果

2.3 12心 e-Ribbon® の識別

e-Ribbon®をケーブル内に収納する際、ユニット単位での識別を行うが、更にユニット内においても光ファイバテープ心線同士の識別を確保する必要がある。今回、図5に示すようなストライプマークを施すことで、ユニット内での12心e-Ribbon®を識別する。これにより、ケーブル内に12心e-Ribbon®を複数収容しても識別が可能となる。

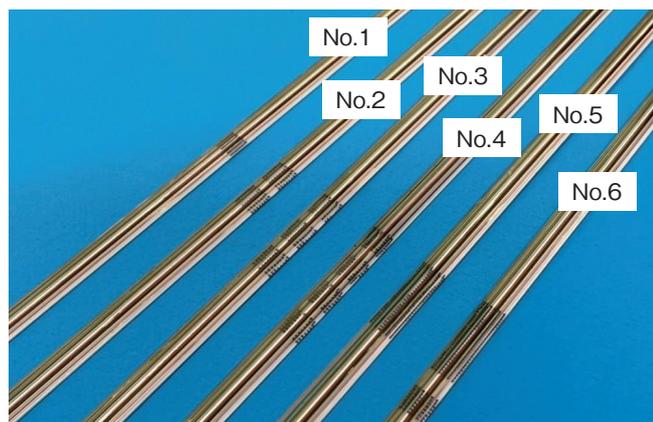


図5 12心 e-Ribbon®の識別

3. 432心スロットレス型光ケーブルの構造

今回開発した432心スロットレス型光ケーブルの構成を図6に示す。12心 e-Ribbon®×6枚をバンドルテープで束ねた72心ユニットを構成し、さらに72心ユニットを6本燃合せたのちに、吸水性押え巻きを施した。

バンドルユニットは、施工時における識別性の観点から432心ルースチューブ型光ケーブルのチューブ構成に合わせ、6ユニット構成とした。図7に示すように、バンドルユニット単位での束形状の一体感もよく、ユニット単位での識別が容易になっている。

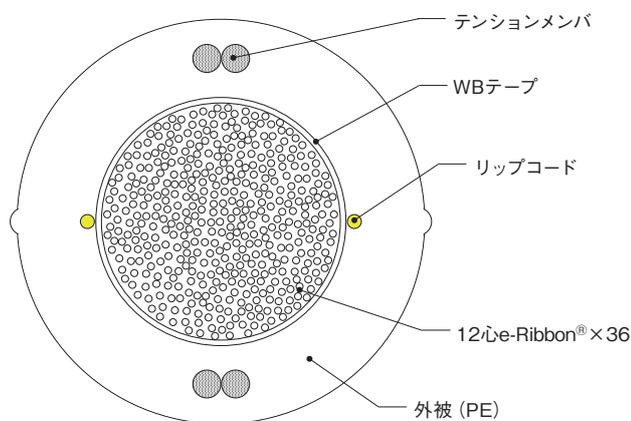


図6 432心スロットレス型ケーブルの断面図



図7 72心ユニットの識別性

従来ケーブルとの比較を図8に示す。光ファイバにはマイクロバンド特性が良好なITU-T G.657に適合した光ファイバを適用し、間欠構造を最適化した12心 e-Ribbon®を收容することで、従来ケーブルよりも心線充填密度（ファイバ心数/ケーブル断面積）を2.1倍まで飛躍的に向上させた細径なケーブルを実現した。

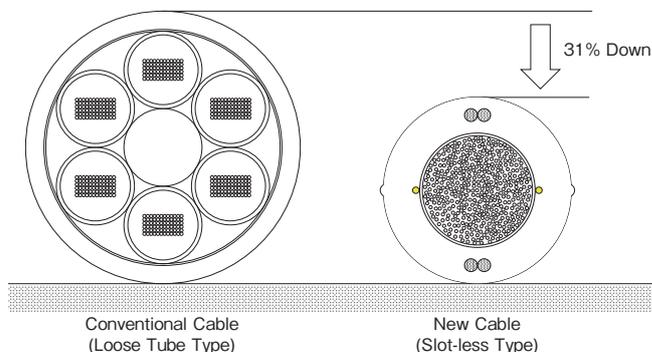


図8 従来ケーブルとの比較

4. 432心スロットレス型光ケーブルの特性

新たに開発した432心スロットレス型光ケーブルの光学特性、機械特性、温度特性、防水特性の評価結果を表2に示す。すべての評価試験において、良好な特性を示す結果が得られた。

表2 ケーブル特性評価結果

項目	参照規格	試験方法	評価結果
伝送損失	FOTP-78	波長：1550 nm	≦ 0.25 dB / km
低温-高温曲げ特性	FOTP-37	曲げ径：20 D 温度範囲：-30°C ~ +60°C ターン数：4 Turns サイクル数：3 Cycles	≦ 0.15 dB / 心
衝撃特性	FOTP-25	エネルギー：4.4 N・m	≦ 0.15 dB / 心
測圧特性	FOTP-41	荷重：2200 N / 100 mm 時間：1 min	≦ 0.15 dB / 心
引張特性	FOTP-33, 38	荷重：2700 N	≦ 0.15 dB / 心
捻回特性	FOTP-85	捻回角度：± 90° サイクル数：10 Cycles	≦ 0.15 dB / 心
繰り返し曲げ特性	FOTP-104	曲げ径：15 D サイクル数：25 Cycles	≦ 0.15 dB / 心
損失温度特性	FOTP-3	温度範囲：-40°C ~ +70°C サイクル数：2 Cycles	損失増加量 ≦ 0.15 dB / km
防水特性	FOTP-82	水頭長：1 m 試験長さ：3 m 試験時間：24 hr	端面から 水の漏出なし

5. 432心スロットレス型光ケーブルの経済性

光ファイバ通信網の整備、構築の経済的な観点でも新たに開発した432心スロットレス型光ケーブルは、飛躍的な細径軽量化を実現したことで既設ダクトにおける占有面積を減らせる他、輸送コストにおいても大きく低減することが可能となっている。

表3に従来432心ケーブルとの輸送効率を比較した結果を示す。開発ケーブルは約31%の細径化により、ドラム巻

き条長を 1.3 倍まで長尺化することができ、海上輸送時の素線長さで約 1.8 倍にまで効率化できることを確認した。

表 3 海上輸送効率の比較

ケーブル	定尺長	40 フィートコンテナ輸送効率
従来ケーブル (Loose Tube Type)	4.5 km	15552 ckm / コンテナ
開発ケーブル (Slot-less Type)	6.0 km	28512 ckm / コンテナ

6. ま と め

12 心 e-Ribbon[®]は、良好なハンドリング性と融着接続性を示し、それを収容した 432 心スロットレス型光ケーブルの開発に成功した。

開発ケーブルは、伝送特性、機械特性、温度特性において従来ケーブルと同等の性能を示し、外径比で 31%の細径化と重量比で 60%の軽量化に成功した。本ケーブルは、大幅な細径・軽量化を実現したことで欧米諸国を始めとする世界各国の光ファイバ伝送路の経済的な構築に貢献できることが期待される。

参考文献

- 1) 田邊賢吾，他：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の開発，IEICE Technical Report (2012)
- 2) 山田裕介，他：光通信網の経済的な構築を可能とする細径高密度光ファイバケーブルの設計，電子情報通信学会論文誌 Vol. J101-B No.8 (2018)
- 3) 山田裕介，他：間欠接着型光ファイバテープを実装した超細径高密度光ケーブルの設計と特性，IEICE Technical Report OFT2010-49 (2011)

「e-Ribbon」は昭和電線ケーブルシステム株式会社の登録商標です。

昭和電線ケーブルシステム(株)
太田 勇希 (おおた ゆうき)
通信ケーブル部 技術課 主任
製品の研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
永井 傑朗 (ながい たけしろう)
通信ケーブル部 技術課 主任
製品の研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
田邊 賢吾 (たなべ けんご)
海外事業部 海外事業課 技監
製品のマーケティング・拡販に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
野呂 互 (のろ わたる)
通信ケーブル部 技術課 課長
製品の研究・開発に従事