

864 心 e-Ribbon® 光ケーブルの開発

Development of 864 Fiber e-Ribbon® Optical Cable

大久保敬汰
Keita OKUBO

太田 勇 希
Yuki OTA

山本 岳 彦
Takehiko YAMAMOTO

永井 傑 朗
Takeshiro NAGAI

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、動画および音楽配信サービスの流行などによるデータトラフィックの増大に対応するため、高速大容量な光ファイバ通信網の整備・構築の要求が高まっている。このような要求に対し、ローラブルリボン（e-Ribbon®）をケーブル内に収納することで実現が可能である。今回、12 心 e-Ribbon® を用いたスロットレス型光ケーブルの多心化として、864 心スロットレス型光ケーブルを開発した。

本報告では、864 心スロットレス型光ケーブルの止水構造の検討および特性評価結果について報告する。

In recent years, there has been a demand for the development and construction of high-speed, large-capacity optical fiber communication networks in order to respond to the increase in data traffic due to the spread of IoT, the full-scale commercialization of 5G, self-driving automobiles, and the popularity of video and music distribution services rising. Such requirements can be met by enclosing a rollable ribbon (e-Ribbon®) in the cable. We have developed an 864-fiber slot-less optical cable as a high count fiber cable using 12-fiber e-Ribbon®.

In this paper, we describe the investigation and characteristic evaluation results of the waterproof structure of the 864-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、動画および音楽配信サービスの流行などにより、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、世界的に要求が高まってきている。

なかでも、欧米諸国において情報通信用ケーブルは、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、より多心数の光ファイバを収容した細径で軽量な高密度光ファイバケーブルの導入が求められている。

そこで、我々は 12 心 e-Ribbon® を用いて高密度に光ファイバ心線を収納した 432 心スロットレス型光ケーブルを開発した¹⁾。

本報告では、より多心数である 864 心スロットレス型光ケーブルにおけるケーブル構造の最適化および特性評価結果について、報告する。

2. 12 心 e-Ribbon® の特徴

e-Ribbon® は、光ファイバ心線が幅方向および長手方向に間欠的に連結された連結部および分離部を持つ光ファイバテープ心線である。図 1 に 12 心 e-Ribbon® の模式図を示す。間欠的に連結されているため容易に変形することができ、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することが可能である。また、既設ケーブルに収納されている光ファイバテープ心線との一括融着接続も可能である¹⁾。



図 1 12 心 e-Ribbon® の模式図

3. スロットレス型光ケーブルの構造検討

今回開発した864心スロットレス型光ケーブルは、12心 e-Ribbon[®] × 12枚をバンドルテープで束ねた144心ユニットを構成し、さらに144心ユニットを6本燃合せたのちに、吸水性押巻きを施した構造とした。今回開発した864心は、これまでよりも広い内部空間に12心 e-Ribbon[®] を実装することから、止水性の検討が必要であると考え下記に示す検討を実施した。

3.1 止水性能

図2にケーブル心数と走水長の関係を示す。試験は、Telcordia GR-20-COREのプレソーク法にて評価した。ケーブル心数が多心化したことで走水長は増加し、864心においては、規格値(24時間後に走水長3 m以下)を満足しない結果であった。これは、単位ユニットあたりの心数の増加や、燃合せによるユニット間の空隙の増加によるものと考えられる。

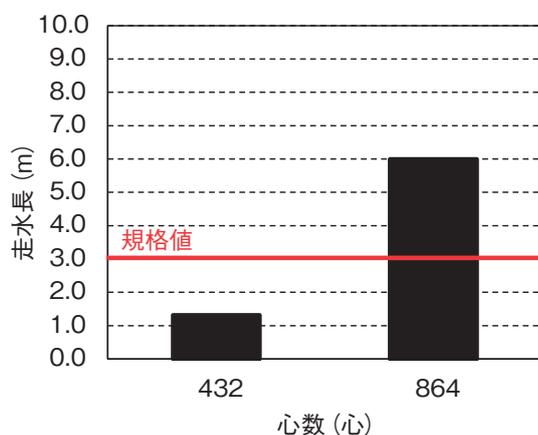


図2 走水長と心数の関係図

止水性能を向上させるには、吸水性押巻きの吸水後における押巻きの厚みが厚くなるのが好ましいため、性能の異なる吸水性押巻きを複数検討した。

図3に吸水高さ試験方法を示す。乾燥した吸水性押巻きを円形の下型に入れ、複数の孔がある上蓋を乗せる。次に、23℃の蒸留水50 mLを上蓋から注水し、10分間吸水させた後の吸水性押巻きの厚み変化量を吸水高さとして評価した。

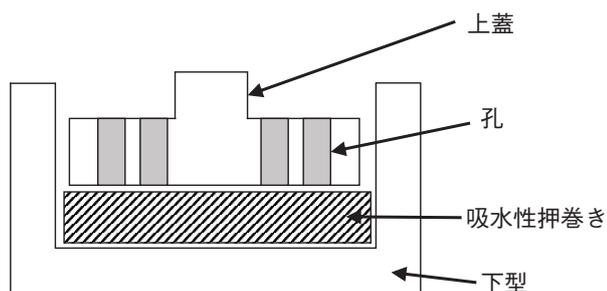


図3 吸水高さ試験

表1に吸水性押巻きの検討結果を示す。吸水高さが高い吸水性押巻きを用いても、ケーブルの走水長が規格値を満足するほど著しく改善はしなかった。これは、ケーブル心数が増加したことで、ケーブル内部における12心 e-Ribbon[®] が占める断面積が増大し、燃合せた光ファイバ外周部に縦添え配置した吸水性押巻きの止水性能だけでは不十分であることを示している。

表1 吸水テープの検討結果

吸水性押巻き	吸水高さ(相対値)	走水長(m)	コスト	製造性
現行品	1.00	6.0	×	○
候補材A	1.20	5.5	○	×
候補材B	1.10	5.9	△	○
候補材C	1.20	12.0	○	×

これより、止水性能の向上のためにはケーブル内部へ吸水材料を挿入することが必要と考え、挿入する吸水材については、紐状やテープ状、粉末状など様々な形状が考えられるが、汎用性・製造性を考慮して吸水紐を挿入する構造にて検討を実施した。

図4に864心における吸水紐の挿入前後の結果を示す。適切に吸水紐を追加したことにより、規格値を満足する止水性能を達成することが確認できた。

尚、吸水性押巻きに関しては、コスト、製造性の面から候補材Bを採用した。

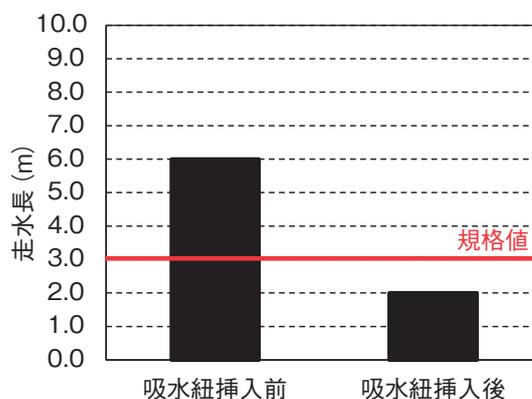


図4 走水長と吸水紐の関係図

3.2 ケーブルの温度特性

吸水紐を挿入したことで止水性能は改善することができたが、充填密度の増加や熱膨張率が異なる材料を新たに内包することで温度特性が悪化することが懸念されるため、温度特性試験を実施した。図5に吸水紐挿入後の温度特性結果を示す。いずれの温度においても伝送損失の変動量は ≤ 0.05 dB / km @1550 nmであり、吸水紐を内包したケーブル構造としても温度特性は良好な特性であることを確認した。

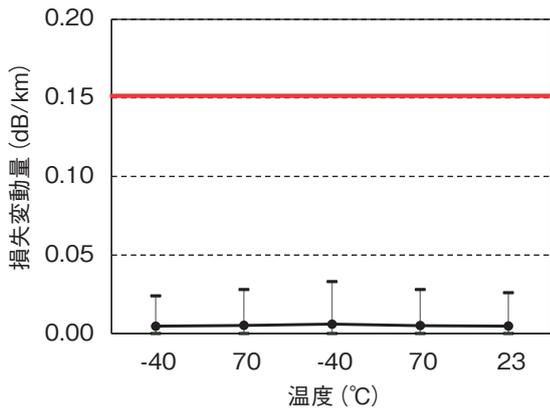


図5 温度特性結果

3.3 ケーブル構造

今回、開発した864心スロットレス型光ケーブルの構造を図6、7に示す。バンドルユニットは432心スロットレス型光ケーブルと同等の識別性を維持するため、6ユニット構造を採用し、止水性能を改善するため吸水紐を適所配置した構造とした。

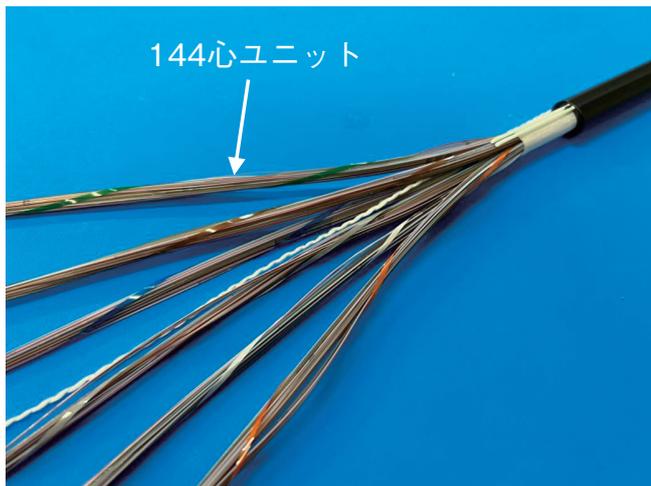


図6 864心スロットレス型光ケーブルの識別性

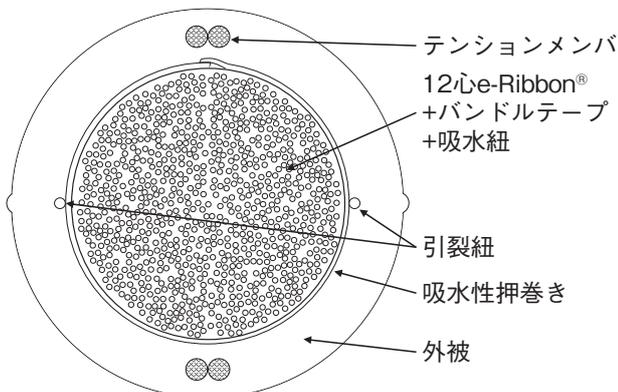


図7 864心スロットレス型光ケーブルの断面図

4. 864心スロットレス型光ケーブルの特性

今回開発した864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、止水特性の評価結果を表2に示す。すべての評価結果において、良好な特性が得られたことを確認した。

表2 基本特性評価結果

項目	参照規格	試験方法	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：30 D 温度：-30℃～+60℃ ターン数：4	≦ 0.15 dB / 心
衝撃特性	FOTP-25	エネルギー：4.5 N・m	≦ 0.15 dB / 心
側圧特性	FOTP-41	荷重：2200 N / 100 mm 時間：1 min	≦ 0.15 dB / 心
引張特性	FOTP-33 FOTP-38	荷重：2700, 810 N	≦ 0.15 dB / 心
捻回特性	FOTP-85	捻回角度：180° 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
温度特性	FOTP-3	温度：-40℃～+70℃ サイクル数：2 Cycles	≦ 0.15 dB / km
エージング	ICEA 640	温度：85℃ 時間：168 h	≦ 0.25 dB / km
凍結	FOTP-98	温度：-2℃	≦ 0.15 dB / 心
止水特性	ICEA 640	水頭長：1 m 時間：24 h	≦ 3.0 m

5. e-Ribbon® 光ケーブルラインアップ

スロットレス型光ケーブルの心数と外径の関係を図8に示す。止水構造を最適化した144心～864心のe-Ribbon®光ケーブルをラインアップした。

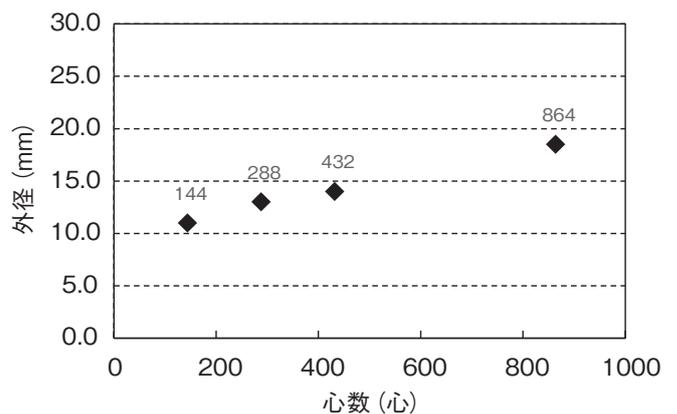


図8 e-Ribbon® 光ケーブルの心数と外径

6. まとめ

今回、構造最適化により止水性能を満足する12心e-Ribbon®を収納した864心スロットレス型光ケーブルを開発し、144心から864心までのスロットレス型光ケーブルの製品化を達成した。

なお、本ケーブルは、Telcordia GR-20-COREで規定する各種性能に適合していることを確認した。今後、本ケーブルが欧米の布設スペースに制約のある地下埋設ダクトなどで使用され、高速大容量な光ファイバ通信網の構築に貢献することを期待する。

参考文献

- 1) 太田勇希, 他: e-Ribbon® 光ケーブルの開発, 昭和電線レビュー, Vol.67, p.22 (2021)

「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)
大久保敬汰 (おおくほ けいた)
通信ケーブル部 技術課
製品の研究・開発に従事

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)
山本 岳彦 (やまもと たけひこ)
通信ケーブル部 製造課
製品の製造技術開発に従事

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)
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