

200 μm ファイバを用いた超多心高密度ケーブル

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・佐藤 真之介¹・金子 総一郎¹
梶 智晃¹・富川 浩二²・大里 健³

Ultra-high density and Fiber-count Cable with SWR using 200 μm fibers

M. Masatoshi, S. Sato, S. Kaneko, T. Kaji, K. Tomikawa, and K. Osato

光ケーブルの高密度化を実現するため、Spider Web Ribbon (SWR) と呼ばれる革新的な光ファイバテープ心線を用いたWrapping Tube Cable (WTC) が開発され、実用化が進んでいる。

今回、われわれはWTCの超多心・高密度ケーブルの開発として、200 μm ファイバを用いたSWRを実装した3456心WTCの開発に成功した。開発したケーブルは、250 μm ファイバを実装したWTCと同等の作業性を有するとともに、Telcordia GR-20-COREの仕様を満足することを確認した。本稿では、新たに開発したWTCについて紹介する。

We reported ultra-high density wrapping tube cables (WTC) with innovative optical fiber ribbon, which is called “Spider Web Ribbon” (SWR).

This time, as development of ultra-high count and density cable, we successfully achieved to develop 3456-fiber WTC with SWR using 200 μm fibers. We confirmed that the developed cable has good workability equivalent to WTC using 250 μm fibers and it was fully compliant with the current issue of Telcordia GR-20-CORE. This paper presents the details of these newly developed WTCs.

1. ま え が き

クラウドの活用、高精細映像サービスの拡大、今後は5G商用化や車の自動運転などのサービス展開が見込まれており、光ファイバによる高速大容量通信への需要・期待が高まっている。それに伴い、地下や架空に敷設する光ファイバケーブルの多心化や、光ファイバ通信網をより経済的かつ効率的に構築することが求められている。一方、特に都会の地域において、すでに敷設されているダクト内は既存のケーブルによって混雑しており、新たにケーブルを敷設するためのスペースが限られている。したがって、新たなケーブルを既存のダクトに効率的に敷設するためには、ケーブル内に高密度に光ファイバを実装する技術が重要となる。

光ファイバを高密度に実装する新たなケーブル構造として、SWRを実装したWTCが報告されている^{1),2)}。SWRは、単心のようにケーブル内の限られたスペースに高密

度に実装することが可能でありながら、多心一括融着が可能であることが利点として挙げられる。これにより、単心ファイバを実装したルースチューブケーブル等と比較すると融着する作業時間を大幅に削減することができ、また、細径化に伴いドラムにケーブルを長尺で巻くことが可能となるため、融着する地点を減らすことができ、融着やクロージャの設置コストを削減することができる。さらに、ジェリーを使用しないフルドライ構造であることから、ジェリーを拭き取る作業を必要とせず、敷設作業の削減が可能となる。

一方、超多心ケーブルをダクトに敷設する際、既存のダクト径に対しては、250 μm ファイバの実装では敷設できるファイバ心数に限りがある。そこで、さらなる多心化を実現するために、ファイバの被覆厚を薄くし、細径化した200 μm ファイバを適用する検討を行った³⁾。これにより、250 μm ファイバを実装したケーブルと同じ外径でさらなる多心化が実現でき、新たなダクトを敷設することなく、既存のダクトにより多くの光ファイバを敷設することが可能となる。

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

2. ケーブル設計

2.1 SWR&WTC

開発したケーブルにはSWRを実装している。このSWRは各光ファイバ心線を長手方向に間欠的に接着した構造となっている。この構造により、ケーブル内で容易に形状を変えることができるため、伝送損失の増加や光ファイバ心線が大きな歪を受けることなく、ケーブル内に高密度に実装することが可能である。SWRの構造図と特徴の概念図を図1に示す。

SWRは、テープ心線と単心の特徴を有していることから、既存の接続機器・方法を用いたテープ心線の一括融着接続が可能でありながら、任意の光ファイバ心線を単心に分離し、取り出すことも可能である。海外の一般的な心数単位は12心であることから、開発したケーブルに適用するSWRの心数は12心とした。これにより、一体型12心テープ心線と一括融着することが可能である。12心SWRを一括融着接続している様子を図2(a)に、12心SWRを単心分離した様子を図2(b)に示す。

SWRには、図3のようにテープ番号に対応したストライプ・リングマークを施している。これにより、複数の12心SWRを実装している光ケーブルにおいても、SWRを容易に識別することが可能である。また、単心光ファイバ心線にマーキングが施されているため、単心に分離した後の光ファイバ心線においても、テープ番号の識別が可能である。

開発した200 μmファイバを用いた12心SWRの設計コンセプトを図4に示す。250 μmファイバを用いた従来一体型12心テープ心線とファイバ間ピッチが同じになるように設計した。隣同士のファイバを短い連結部で

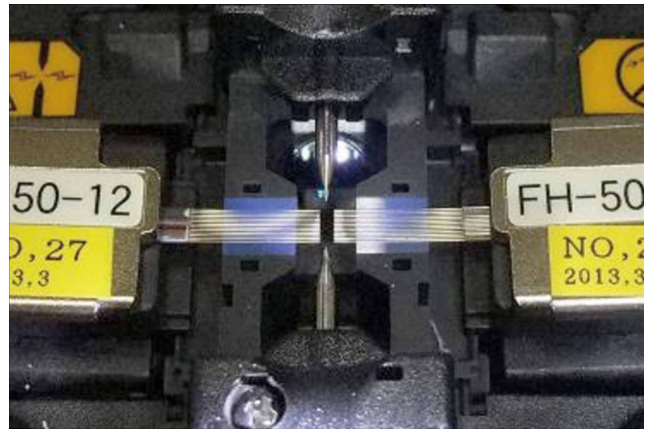


図2 (a) 12心SWRの融着接続
Fig. 2. (a) Fusion splicing of SWR.

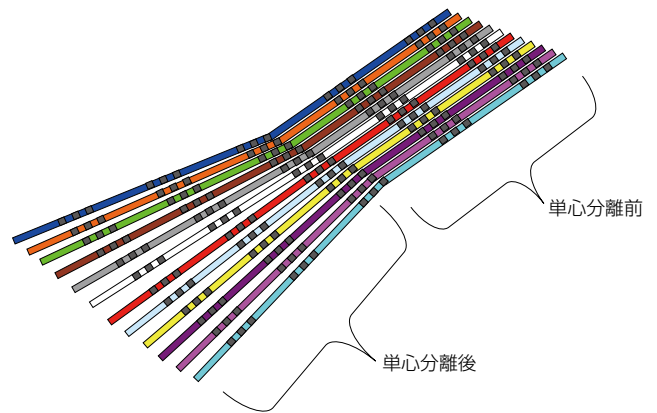


図2 (b) 単心分離後のSWR
Fig. 2. (b) Split into single fibers of SWR.

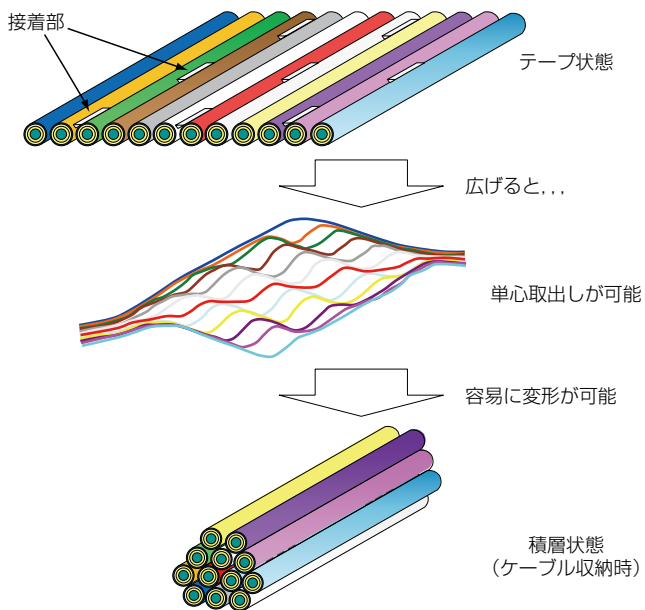


図1 12心SWRの構造と特徴
Fig. 1. Structure and feature of SWR.

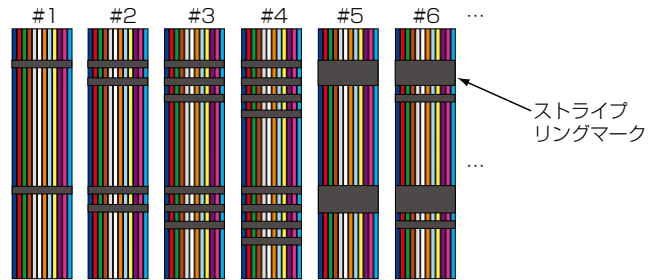


図3 ストライプ・リングマークの概略図
Fig. 3. Schematic of stripe ring marking.

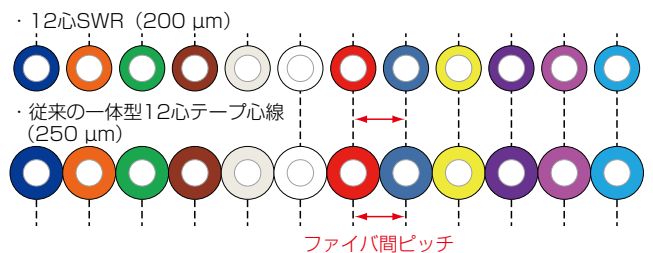


図4 SWR (200 μm) の設計コンセプト
Fig. 4. Design concept of SWR using 200 μm fibers.

短周期に接着することで、既存の融着接続機器を用いて、250 μmファイバを用いた12心SWRや従来の一体型12心テープ心線と容易に一括融着することが可能である。

次に、WTCの構造を図5に示す。SWRから成る複数のバンチングユニットを集合し、吸水テープによってラッピングしている。また、テンションメンバをシースに埋設することにより、細径・軽量化を実現している。さらに、フルドライ構造であることから作業性にも優れている。

2.2 SZバンチングユニット

開発したケーブルには、識別性向上のために144心または288心から成るSZバンチングユニットを採用している。ここで、従来のバンチングユニットの構造を図6(a)に、新たに開発したSZバンチングユニットの構造を図6(b)に示す。1本のバンドル糸をらせん状に巻き付けて形成する従来のバンチングユニットに対し、SZバンチングユニットは2本のバンドル糸が接触点でS方向、Z方向に反転しながらユニットを形成しており、2本のバンドル糸は接触点で接着している。また、接着部は手で容

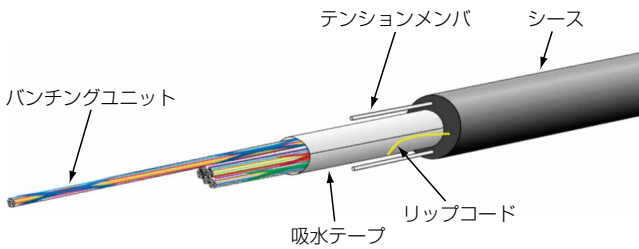


図5 WTCの構造
Fig. 5. Structure of WTC.

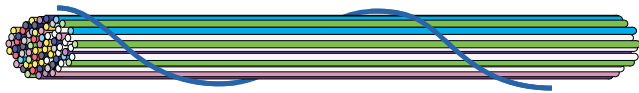


図6 (a) 従来のバンチングユニット
Fig. 6. (a) Conventional bunching unit.

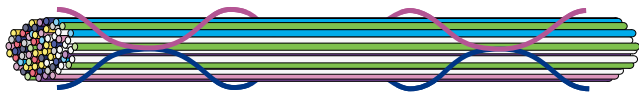


図6 (b) SZバンチングユニット
Fig. 6. (b) SZ bunching unit.

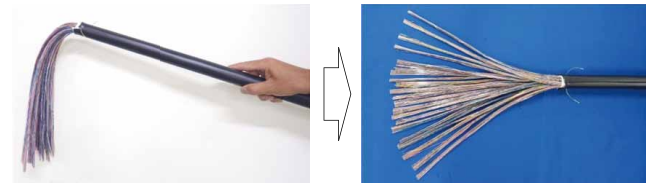
易に引裂くことが可能であり、良好な作業性を有している。さらに、図7に示すように、ケーブルを振った後でもSZバンチングユニットは形状保持されるため、識別性に優れている。

2.3 実装密度

良好な伝送特性を有する高密度光ケーブルを設計する上で、実装密度は重要なパラメータとなる。250 μmファイバを実装した3456心WTCにおける伝送損失と実装密度の関係を図8に示す。それぞれの値は測定値の最大値を表しており、破線はヒートサイクル試験時において許容できる伝送損失の最大値を表している。なお、実装密度は以下の式を基に計算している。

$$D = F/S$$

ここで、Dは実装密度 (fibers/mm²)、Fはファイバ心数 (fibers)、Sはケーブルの断面積 (mm²) である。図8の結果と同様の方法で、200 μmファイバを実装した3456心および6912心WTCを設計した。250 μmファイバを実装したWTCと、200 μmファイバを実装したWTCの実



外被除去後の状態

図7 SZバンチングユニットの形状保持性
Fig. 7. Stability of SZ bunching units.

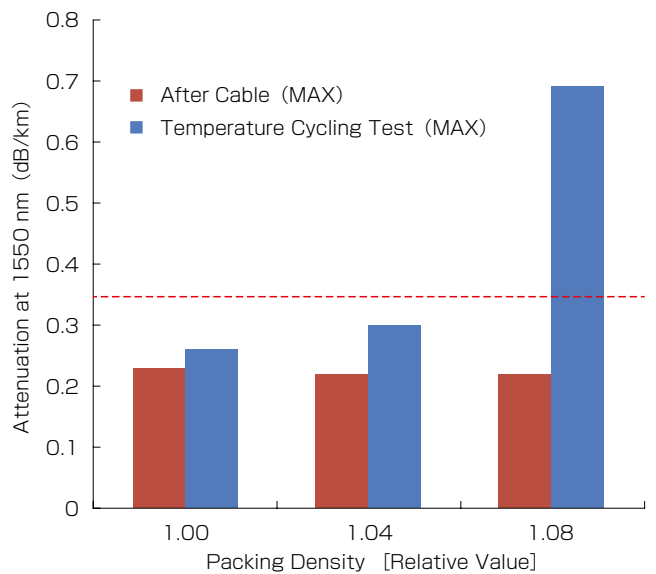


図8 3456心WTC (250 μm) の伝送損失の実装密度依存性
Fig. 8. Dependence of attenuation on fiber packing density of 3456-fiber WTC (250 μm).

装密度を図9に示す。200 μmファイバの実装により、250 μmファイバを実装したWTCと比較してさらなる高密度実装が可能となり、世界トップレベルの実装密度を実現した。

2.4 ケーブル外径・重量

250 μmファイバを実装した3456心WTCと、今回開発した200 μmファイバを実装した3456心WTCのケーブル外径と重量の比較を表1に示す。200 μmファイバの実装により、250 μmファイバの場合と比較して、ケーブル外径を約13%、ケーブル重量を約24%減少することが可能となる。

次に、異なるケーブル構造とのケーブル外径の比較を図10に示す。橙色の線は、1.25 inchおよび1.5 inchダクト内に敷設可能なケーブルの許容外径を表している。3456心ケーブルに着目すると、250 μmファイバを実装した場合でも、WTC構造の採用によりリボンルースチューブケーブルやスロットケーブルに比べて大幅に細径化さ

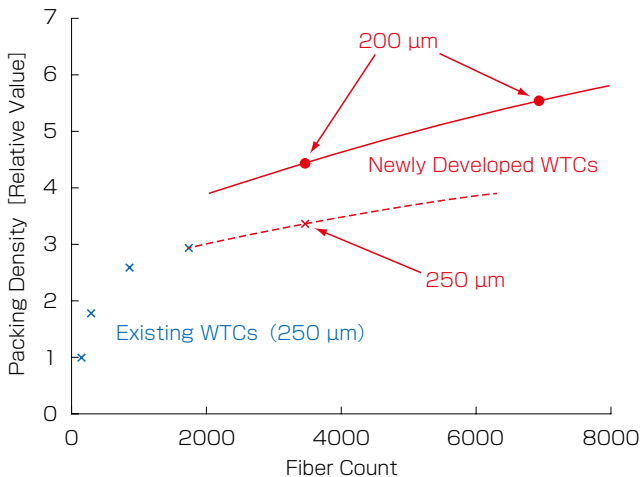


図9 実装密度のファイバ心数依存性

Fig. 9. Dependence of packing density on fiber count.

表1 3456心WTCのケーブル設計の比較
Table 1. Comparison of cable design of 3456-fiber WTC.

項目	250 μm fibers	200 μm fibers
ケーブル断面図		
ファイバ心数	3456	3456
テンションメンバ	Glass FRP	Glass FRP
ケーブル外径	30 mm	26 mm
ケーブル重量	550 kg/km	420 kg/km

れることが確認できる。また、200 μmファイバによる高密度実装によりさらに細径化が実現でき、1.25 inchダクトに敷設することが可能となる。

4. 開発ケーブルの評価

4.1 ケーブルの伝送・機械特性

200 μmファイバを実装した3456心WTCの特性評価結果を表2に示す。光ケーブルの国際規格の1つであるTelcordia GR-20-COREの各項目において、良好な特性を有していることを確認した⁴⁾。

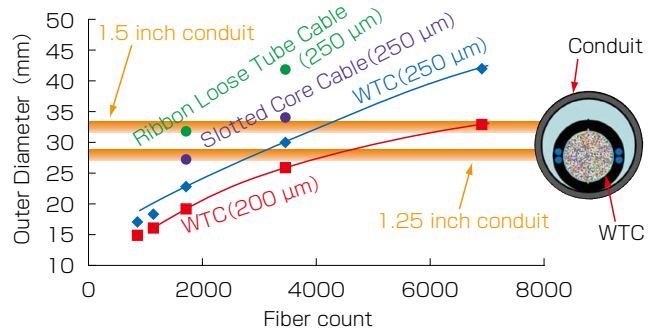


図10 各構造におけるケーブル外径の比較

Fig. 10. Comparison of outer diameter of respective structure.

表2 3456心WTC (200 μm) の特性評価結果
Table 2. Test results of 3456-fiber WTC with 200 μm fibers.

項目	試験条件	試験結果
損失温度特性	温度:-40, +70℃ サイクル数:2	損失変動<0.1 dB
曲げ特性	曲げ半径:15 D (D:ケーブル外径) 温度:-30, +60℃ ターン数:4, サイクル数:3	損失変動<0.05 dB ケーブル外被に異常なし
衝撃特性	衝撃エネルギー:4.4 J 衝撃回数:同一箇所に2回落下	損失変動<0.05 dB ケーブル外被に異常なし
側圧特性	220 N/cmで1分ホールド後, 110 N/cmで10分ホールド	損失変動<0.05 dB ケーブル外被に異常なし
引張特性	2700 Nで1時間ホールド後, 810 Nで10分ホールド	損失変動<0.05 dB ファイバ歪み<0.1% ケーブル外被に異常なし
捻回特性	サンプル長:2 m 捻回角度:±180° サイクル数:10	損失変動<0.05 dB ケーブル外被に異常なし
屈曲特性	曲げ半径:10 D (D:ケーブル外径) サイクル数:25	損失変動<0.05 dB ケーブル外被に異常なし
防水特性	水頭長:1 m サンプル長:3 m 試験時間:24 hour 水道水	漏水なし

4. 2 中間後分岐性

200 μmファイバを実装した 3456 心WTCについて中間後分岐性の検証を行った。その様子を図 11 に示す。新たに開発した外被除去具「SWRシェイバ」を用いることで、容易にリップコード部を露出してシースを除去することが可能であり、優れた中間後分岐性を有していることを確認した。また、SZバンチングユニットを採用していることからユニットも容易に解体することができ、ストライプ・リングマークを施していることから対象のSWRを素早く選択することが可能である。さらに、単心分離してテープ化材を除去してもストライプ・リングマークが消えずに残るため、優れた識別性を有している。

5. む す び

200 μmファイバから成るSWRを用いた超多心WTCを設計、開発した。試作評価した 200 μmファイバを実装した 3456 心WTCは、Telcordia GR-20-COREの仕様を満足するとともに、優れた作業性を有することを確認した。

本開発により、光ファイバ通信網をより経済的かつ効率的に構築することができ、SWR & WTCのさらなる適用範囲拡大が期待できる。

参 考 文 献

- 1) 伊佐地ほか：「12心SWR高密度実装ラッピングチューブケーブル」, フジクラ技報, 第127号, pp.18-21, 2014

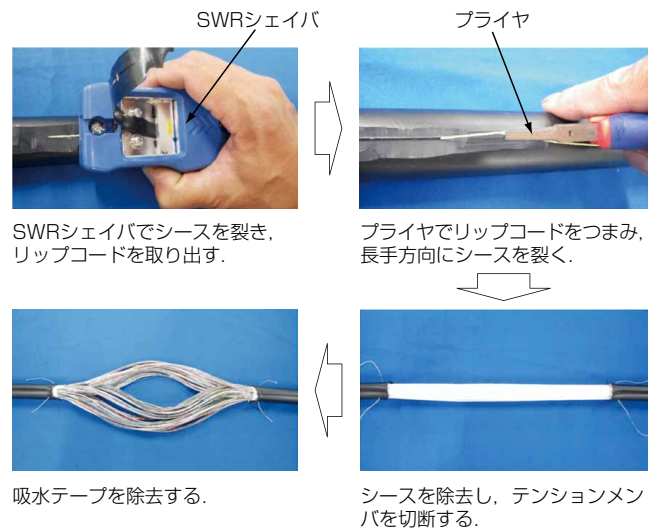


図11 中間後分岐作業
Fig. 11. Mid-span workability.

- 2) T. Kaji, et al., "Development of wrapping tube cable with spider web ribbon using fiber based on ITU-T G652 D", Proceeding of 65th IWCS, 2016 pp.600-603 (2016).
- 3) M. Ohno, et al., "Development of ultra-high density and fiber-count WTC with SWR", Proceeding of 66th IWCS, 2017 pp.312-316 (2017).
- 4) Telcordia GR-20-CORE Issue 4, "Generic requirements for optical fiber and optical fiber cable", (2013).