

200 μm ファイバを用いた国内向け多心高密度光ケーブル

光ケーブルシステム事業部 辻本 悠介¹・山下 典明²・鯉江 彰³・大里 健⁴

Ultra High Density Optical Cable using 200 μm Fiber

Y. Tsujimoto, N. Yamashita, A. Namazue, and K. Osato

通信ネットワークの大容量化が進んでおり、光ファイバの需要が拡大している。国内では、施工コストの抑制と大容量化を達成するため、管路への心線収容率向上を目的とした細径・多心高密度光ケーブルが求められている。これまでの国内向け光ケーブルは 1 ケーブルにつき 2000 心が最大心数となっている。今回、200 μm ファイバを用いて、既存の 2000 心光ケーブルと同等の外径で、心線数が 1.5 倍の 3000 心光ケーブルを開発した。その内容について報告する。

The demand of optical fiber has been expanding as the capacity of communication networks has been increasing. In Japan, there is a strong demand for small-diameter and high-density optical cables to increase the number of fibers in a duct in order to achieve both installation cost reduction and larger capacity. The maximum count per cable is 2,000 fibers in Japan now. The new cable, we report today, is the same diameter as the aforementioned 2,000 fiber optical cable but fiber count per cable is 3,000 fibers. The number of fiber per cable is 1.5 times higher by deploying 200 μm fiber.

1. ま え が き

近年、クラウドサービスの拡大・5 G商用化・車の自動運転サービス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、より経済的かつ効率的に光ファイバ通信網を構築していくことが求められている。このような要求の中、新たな光通信ネットワーク構築においては地下管路の新規布設には莫大な投資が必要となることから、既設地下管路を最大限有効活用し、心線収容率を向上することが可能となる光ケーブルの多心高密度化に期待が寄せられている。

国内では、地下管路内の空間を有効活用するため、管路内にインナーパイプ (ϕ 29 mm) を布設して、管路内に光ケーブル ($\leq \phi$ 24 mm) を多条化する工法が用いられている。光ケーブルの多条配線図を図 1 に示す。ここに実装可能な最大心数のケーブルとして、被覆径 250 μm ファイバ (以下、250 μmF) を用いた 2000 心光ケーブルが実用化されている^{1),2)}。現状では、この光ケーブルを用いて 1 管路あたり最大 6000 心を収容することが可能となっている^{3),4)}。

一方海外では、被覆径 200 μm ファイバ (以下、200 μmF)

を実装したスロットレス型の多心光ケーブルの普及が拡大している⁵⁻⁸⁾。今回われわれは、既設地下管路の更なる心線収容率向上を図るため、200 μm ファイバを用いた間欠接着型光ファイバテープ心線 (Spider Web Ribbon[®], 以下 SWR) の国内向けケーブルへの適用を検討した。

200 μmF -8 心 SWR を高密度実装したスロットレス型光ケーブル (Wrapping Tube Cable[®], 以下 WTC) の技術を用いて、既存の 2000 心スロットレス型光ケーブルと同等の外径を有する 3000 心 WTC を開発した。本稿では、その特徴ならびに特性について報告する。

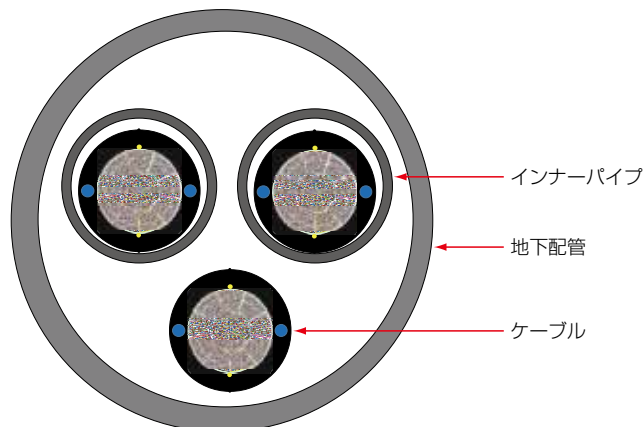


図 1 地下管路内のケーブル多条布設技術

Fig. 1. Installation technology of multiple cables in underground pipe.

1 光ケーブル開発部

2 光ケーブル開発部

3 光ケーブル開発部グループ長

4 光ケーブル開発部部長

2. ケーブル設計

2.1 心数設計

管路内のインナーパイプにケーブルを布設するためには、ケーブルの外径を 24 mm 以下とする必要がある。外径 24 mm 以下で収容可能な心数を見積もるため、200 μ mF-SWR を適用した多心WTCの設計を行った。250 μ mF-SWR と 200 μ mF-SWR を実装したWTCの心数と外径の関係を図 2 に示す。250 μ mF-SWR を用いた時のWTCの実装心数は 2000 心が最大であった。これに対し、200 μ mF-SWR は 250 μ mF-SWR に比べ心線がより小さな束形状に変形することが出来るため、テープ心線の高密度化が可能となり、最大 3000 心を実現する見通しが得られた。

2.2 テープ心線構造

現行の国内既設ケーブルとの接続性を考慮し、8 心テープ心線を用いた。8 心構造のテープ心線には、リジッド型・2 心×4 構造・1 心×8 構造 (8 心SWR) の 3 種類がある。模式図を図 3 に示す。今回採用した 8 心SWR は、心線配列やテープ状態を維持しながら心線が長手方向に間欠的に接着されており、光ファイバ単心部と接着部が一定の間隔で配置された構造である。図 4 に 8 心SWR の構造と特徴を示す。8 心SWR は、8 心構造のテープ心線の中で最も容易に心線形状を変形可能で、単心の光ファイバ心線を束ねたような形状を取ることが出来るため光損失の影響を受けにくく、ケーブル特性に優れ

たテープ心線構造と言える。

2.3 200 μ mファイバ

200 μ mF-8 心SWR は、既設ケーブル内に実装されている従来のファイバテープ心線との融着接続性を考慮し、図 5 の様にファイバ間ピッチを調整し 250 μ m とすることで、特殊なホルダなど用いずに一般的な融着機で従来のファイバテープ心線と容易に一括融着接続することが

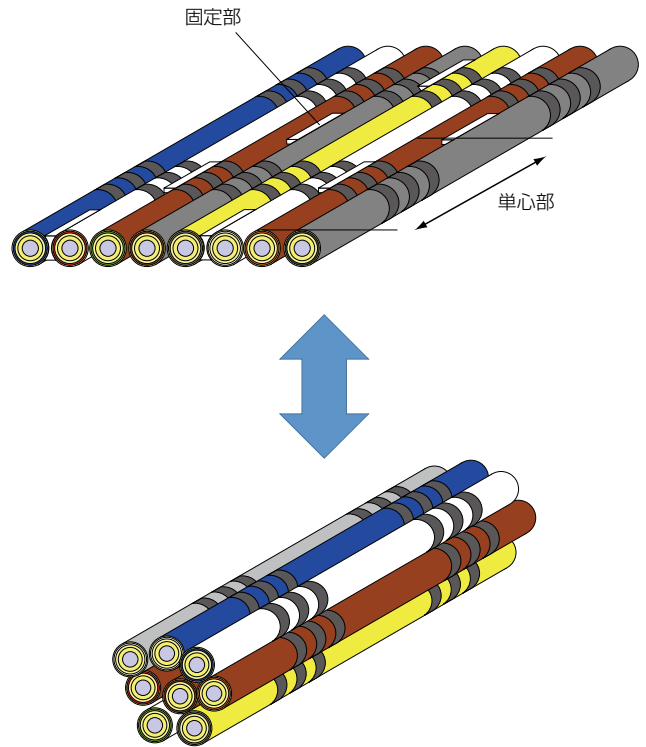


図4 8 心SWRの特徴
Fig. 4. Feature of 8F-SWR.

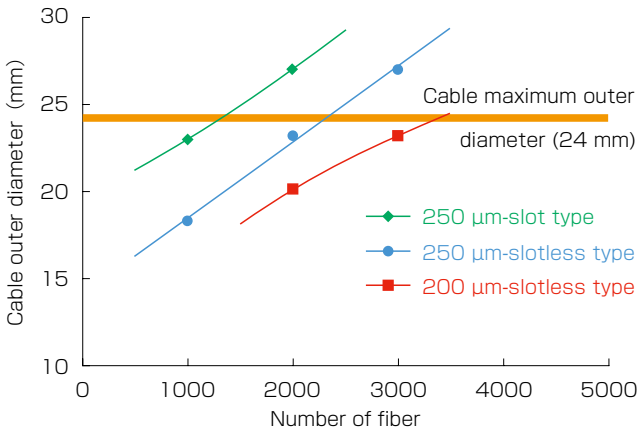


図2 WTCの外径設計
Fig. 2. Design of WTC outer diameter.

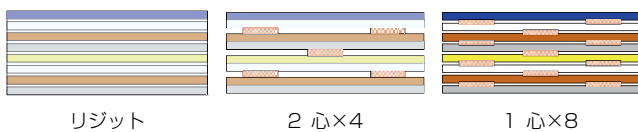


図3 8 心テープ心線の構造
Fig. 3. Structure of 8F-tape.

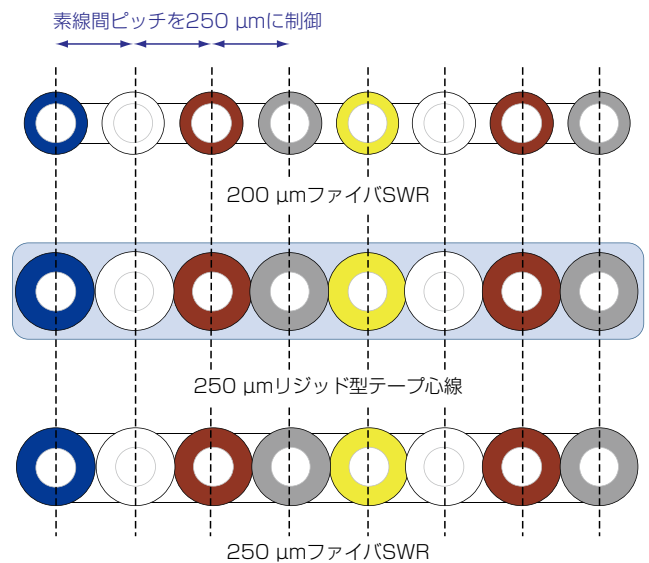


図5 200 μ mF-SWRのファイバ間ピッチ設計
Fig. 5. Design concept of SWR using 200 μ m fibers.

可能となっている。図 6 に融着接続における接続時間の測定結果を示す。SWRは、従来のファイバテープ心線と比較し、遜色のない融着作業性を実現している。また、図 7 に融着接続ロスの測定結果を示す。今回、融着接続ロスはOTDR法を用いて測定を行った。200 μmF-SWRと従来のリジッド型ファイバテープ心線は良好な接続性を有していることがわかる。

2. 4 ケーブル構造

開発したケーブルの断面構造を図 8 に示す。200 μmF-8心SWR最大 20 枚を 1 ユニットとして全 19 ユニットを形成し、それらのユニットを撚り合わせ、その外周に吸水テープをほどこし、1 対のテンションメンバを含む外被で被覆している。心線を正確に識別するために、ファイバテープ心線やファイバユニットには、ストライプリングマークとSZバンチングがほどこされている⁹⁾。構造を図 9 に示す。ストライプリングマークの長手方向の印字パターンによりテープ心線間の容易な識別を、また、ファイバユニット外周を巻き付けるSZバンチングにより、ユニット間の容易な識別を可能とする。これらの要素技術を

用いることで、優れた識別性を有し、融着接続作業に必要な光ファイバを選択する時間が短縮されるため大幅な作業性の向上につながる。

3. 既存ケーブルとの比較

200 μmFと 250 μmFをそれぞれ実装した 100 心から 3000 心までのケーブル設計を行った、WTCのラインアッ

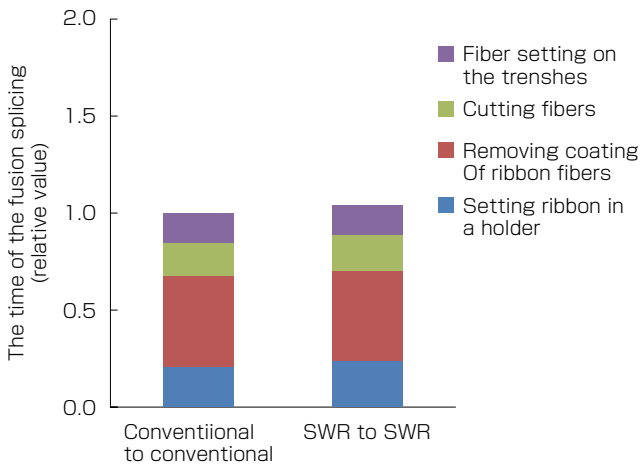


図6 融着接続時間
Fig. 6. The fusion splicing time.

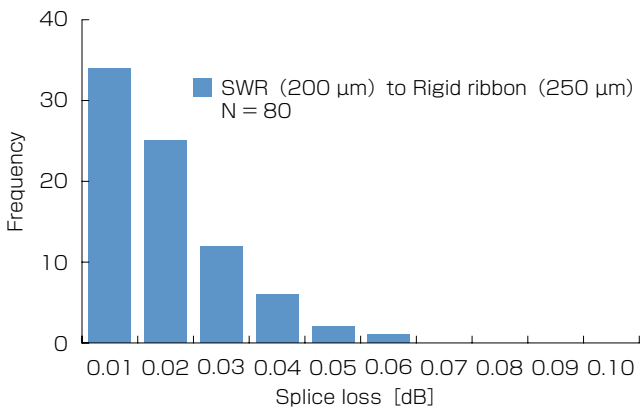


図7 融着接続ロス
Fig. 7. The fusion splicing loss.

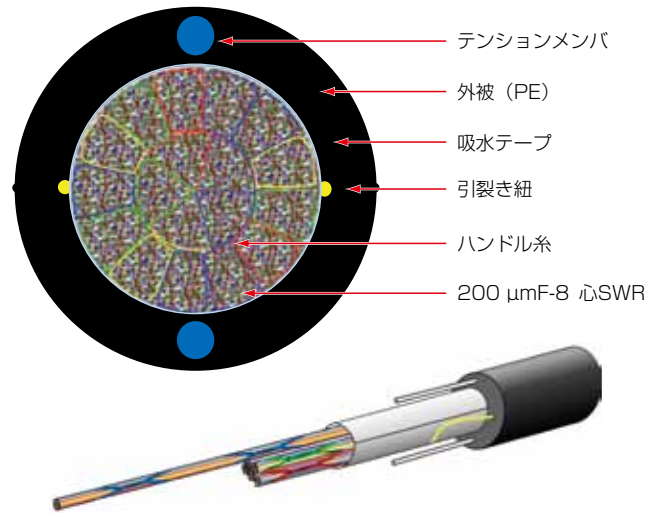


図8 3000 心WTC断面
Fig. 8. Cross section of 3000 F-WTC.

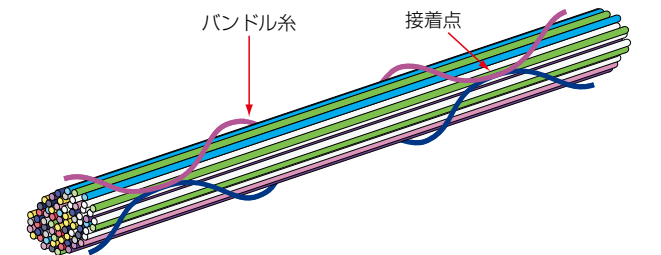
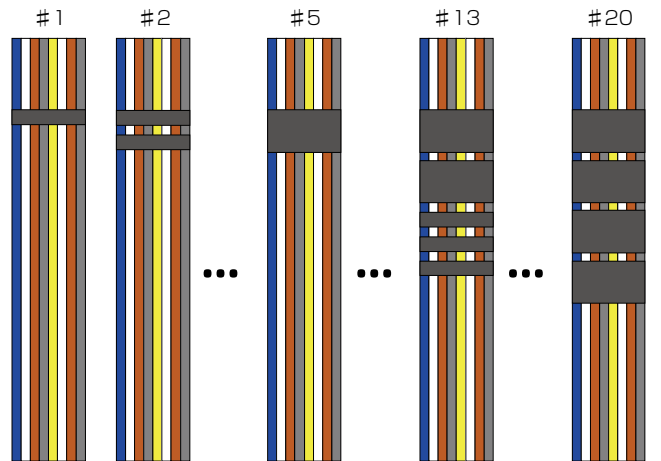


図9 ストライプリングマーク (左) とSZバンチング構造 (右)
Fig. 9. Schematic of stripe ring marking (L) and Structure of SZ bunching (R).

表1 WTCのラインアップ
Table 1. Lineup of WTC.

	心数	100 心	200 心	400 心	1000 心	2000 心	3000 心
250 μ mF 設計	断面						
	外径	10.0 mm	12.0 mm	14.0 mm	18.5 mm	23.0 mm	-
	重量	80 kg/ km	110 kg/ km	150 kg/ km	260 kg/ km	400 kg/ km	-
200 μ mF 設計	心数	100 心	200 心	400 心	1000 心	2000 心	3000 心
	断面						
	外径	8.8 mm	10.3 mm	14.0 mm	17.4 mm	21.4 mm	22.9 mm
	重量	65 kg/ km	80 kg/ km	140 kg/ km	230 kg/ km	325 kg/ km	370 kg/ km-

表2 200 μ mF-3000 心WTCの特性結果
Table 2. Characteristics of developed 3000 F-WTC.

試験項目	試験条件	試験結果
光学的特性	IEC 60793-1-40	<0.35 dB/km@ 1310 nm <0.25 dB/km@ 1550 nm
防水特性	水頭長 1 m, 人工海水 40 m, 240 h	<40 m
曲げ特性	IEC 60794-1-21 Repeated bending R 240 mm×10 cyc	損失増加 <0.05 dB/心 外被に異常無し
側圧特性	IEC 60794-1-21 Crush 1960 N / 100 mm×1 min.	損失増加 <0.05 dB/心 外被に異常無し
捻回特性	IEC 60794-1-21 Torsion $\pm 90^\circ$ /m×1 cyc	損失増加 <0.05 dB/心 外被に異常無し
耐衝撃特性	IEC 60794-1-21 Impact 10 J	損失増加 <0.05 dB/心 外被に異常無し
温度特性	IEC 60794-1-22 Temperature cycling -30 $^\circ$ C ~ + 70 $^\circ$ C, 3 cyc 保持時間 : 6 h	損失増加 <0.05 dB/km

ブを表 1 に示す。200 μ mF-SWR/WTC技術を適用することにより、250 μ mF-WTCに比べ大幅な高密度化・軽量化を実現している。2000 心WTCにおけるケーブル重量においては約 19%削減を実現している。

4. 3000 心WTCの特性結果

新たに開発した 3000 心WTCの光学的特性・防水特性・機械特性・温度特性結果を表 2 に、温度特性結果の詳細を図 10 に示す。いずれの試験においても、良好な特性を示す結果が得られた。

5. む す び

SWR/WTC技術の適用により、200 μ mファイバを実装した外径 24 mm以下の 3000 心WTCを開発し、良好な特性を有していることを確認した。本開発ケーブルの適

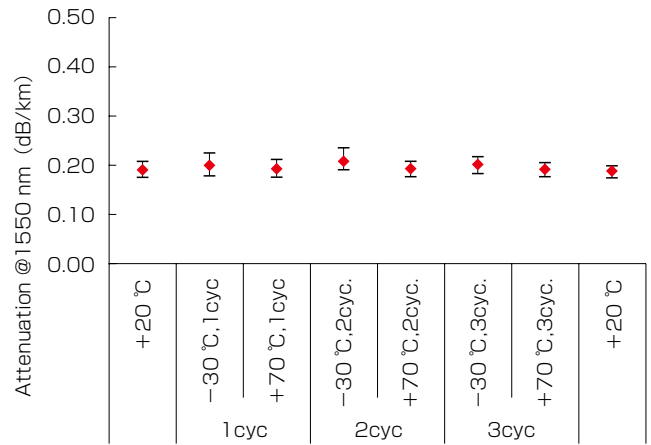


図10 温度特性結果
Fig. 10. Characteristics of temperature cycling test.

用により、既設管路への心線収容効率向上による通信ネットワークの大容量化への大きな貢献が期待される。

参 考 文 献

- 1) 伊藤直人ほか：「2000心高密度光ファイバケーブルの開発」, 信学技報, OFT2015-12, pp.53-56, 2015.
- 2) N. Ito et al., "Development of 2000-fiber ultra-high density underground cable," 64th IWCS, pp.664-668, 2015.
- 3) 戸毛邦弘, 山田裕介, 保莉和男：「基盤設備の有効利用を可能とする光ケーブル技術」, NTT技術ジャーナル, Vol.18, No.12, pp.62-65, 2006.
- 4) 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.
- 5) 富川浩二ほか：「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, 2012.
- 6) M. Isaji et al., "Ultra-high density wrapping tube optical fiber cable with 12-fiber spider web ribbon," Proc. 62nd IWCS., no.12.3, pp.605-609, 2013.
- 7) M. Ohno et al., "Development of ultra-high density and F fiber-count WTC with SWR," Proc. 66th IWCS, pp.312-316, 2017.
- 8) S. Shimizu et al., "High density fiber optic cables with flame retardant and low smoke zero halogen properties," Proc. 66th IWCS, pp.299-303, 2017.
- 9) 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, USA, Oct. 2017.