

細径640心SZスロットケーブル

光ケーブルシステム開発センター 井野悦男・富川浩二・岡田直樹¹

Downsized 640-Fiber SZ-Slotted Core Cable

E. Ino, K. Tomikawa & N. Okada

多心型SZスロットケーブルは、中間後分岐を要求されるアクセス系配線の高密度化に有効なケーブルの一つである。現在、400心型および640心型のケーブルが実運用されているが、敷設スペースに対する逼迫感等から、さらなる細径化の要求が高まっている。今回当社では良好なケーブル特性、中間後分岐作業性を確保しながら、現行品に比べて約18%（5mm）細径である640心SZ型スロットケーブルを開発することに成功した。

A high-fiber-count SZ-slotted core cable is one of the most effective cables for enhancing the fiber density of the access network, where the mid-span accessing is required. At present, 400- or 640-fiber type cables are used in this field. But the demand for further downsizing is still rising, due to the critical laying space. In this work, we have successfully developed the downsized 640-fiber SZ-slotted core cable that is 18% (5 mm) smaller than the current cable type, while keeping the good cable properties, including the mid-span accessing workability.

1. ま え が き

多心型SZスロットケーブルは、中間後分岐を要求されるアクセス系配線の高密度化に対して有効なケーブルの一つである¹⁾。現在400心、および640心型のケーブルが実際に運用されている。図1に現行640心SZスロットケーブルの断面図を示す。8心テープ心線×10枚の積層体を溝内に実装した構造を持つ。

アクセス系光ケーブルは、一般に中間後分岐を想定して設計される。スロットの撚り方向が周期的に反転するSZスロット型ケーブルは、ケーブル長手方向の任意の場所で心線を取り出し、中間後分岐を行うことが可能である。ただし良好な作業性を保つためには、ケーブルから十分な心線たるみ量（図2）が得られなければならない。現行640心SZスロットケーブルが有する心線たるみ量は20mm以上であり、問題なく後分岐作業を行うことができる。またこのケーブルは、テープ心線として、中間で分割可能な2段階分割型テープ心線Easy-Split™を用いているため、従来型テープ心線を使用した場合に比べて、より柔軟で効率的なネットワーク構築が可能である²⁾。

以上のように現行640心SZスロットケーブルは、アクセス系光ケーブルとして多くの利点を有しているが、昨今のファイバ需要急拡大にともなう敷設スペースの逼迫

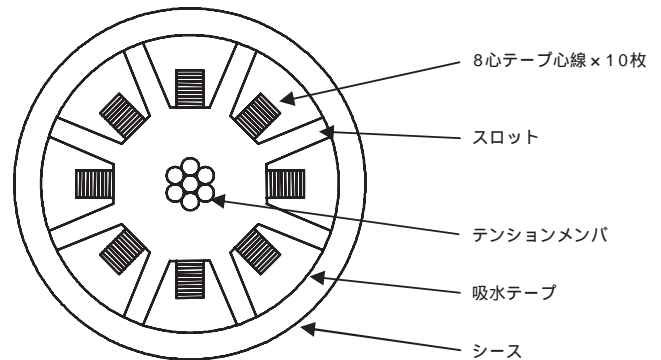


図1 現行640心SZスロットケーブルの構造
Fig. 1. Cross sectional view of current 640-fiber SZ-slotted core cable.

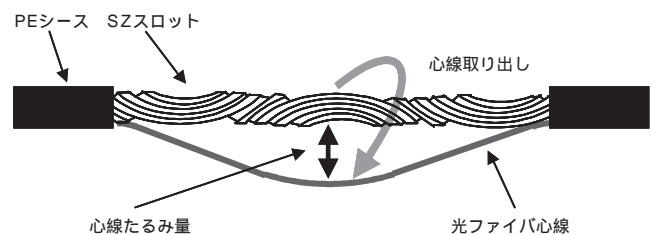


図2 心線たるみ量
Fig. 2. The slack length of fibers in mid-span branching of SZ-slotted core cable.

¹ グループ長

感等から、さらなる細径化要求が高まってきている。また、材料および敷設コストの削減、取り扱い性の向上という点からも細径化に対する期待は大きい。今回当社では、これらの要求にこたえるべく640心SZスロットケーブルの細径化検討を行った。検討過程において、ケーブル内心線歪み低減に有効な新規集合方法を考案し、さらにスロット溝軌跡について改善を行うことで、最終的に現行品と比較して5mm（約18%）細径である、外径23mmの640心型ケーブルを得ることに成功した。本稿ではこれらの結果について報告する³⁾。

2. 640心SZスロットケーブルの細径化検討

2.1 目標ケーブル外径

今回われわれは、目標ケーブル外径を 23mmとした。現行ケーブルの外径（ 28mm）に比べ5mm細径であり、市場からの要求に沿った値である。なおこの外径は、現行の一方撚り防水型600心ケーブルとほぼ同等の値である。

2.2 心線たるみ量

スロット細径化にあたっては、テープ心線層心半径を低減せざるを得ない。この低減により、心線たるみ量の減少、中間後分岐作業性の劣化が懸念される。心線たるみ量は、テープ心線層心半径のほか、反転ピッチ、反転角度等のスロット構造パラメータ（図3）の影響を受ける。今回、細径化後の640心SZスロットケーブルが、現行ケーブルと同等以上のたるみを持つことを指針の一つとして、スロットの設計をおこなった。図4にスロットパラメー

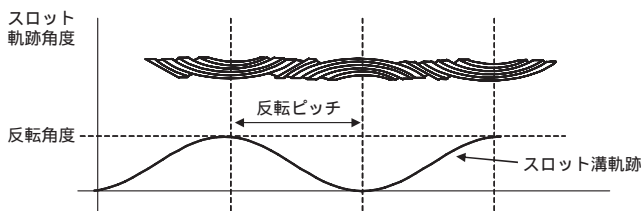


図3 SZスロットの構造パラメータ
Fig. 3. Structural parameters of SZ-slotted rod.

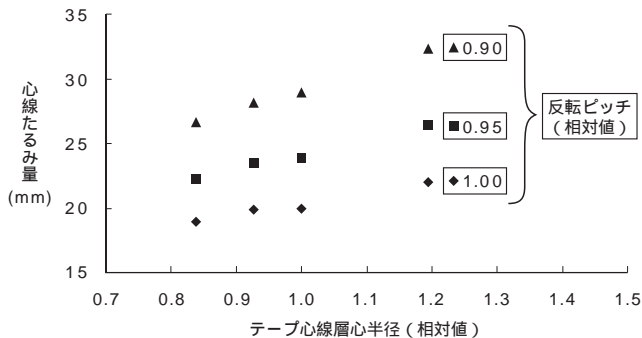


図4 スロットパラメータと心線たるみ量（計算値）
Fig. 4. Relationship between slotted rod parameters and slack length (Calculated value)

タと心線たるみ量（計算値）の関係を示す。この結果をもとに、たるみ量が適正となるよう、各パラメータを設定した。

2.3 心線歪み低減検討

テープスロット型ケーブル内の心線歪み特性については、詳細な解析がなされており⁴⁾、テープ心線幅の拡大が、心線歪みの増加につながる事が報告されている。この影響を回避するために、現行の8心テープ心線型SZスロット型ケーブルでは、4心テープ心線型ケーブルよりも、比較的大きな溝スペースがとられている。しかしながらスロット外径細径化のためには、溝スペースの削減が不可避である。これらの点を考慮すると、8心テープ心線型SZスロット型ケーブルの細径化には、心線歪みの低減がきわめて重要な課題であるといえる。

テープ心線幅のほかにも、スロット反転ピッチ、反転角度、テープ心線層心半径等のスロット構造パラメータ、さらには集合方法や集合条件がケーブル内心線歪み特性に影響を与える⁴⁾。今回、ケーブル内心線歪みを低減すべく、これらのパラメータを詳細に検証した。既報の歪み計算手法⁴⁾と集合実験をもとに、各パラメータの評価をおこなったところ、最終的に歪み低減に有効な新規集合方法を考案するにいたった。歪み計算の結果から、新規集合方法を用いることでケーブル曲げ時における心線の歪み値を、現行方法適用時の約1/3まで低減させ得ることが示唆された。

この計算結果を受け、新規手法の効果を実験的に検証すべく、パイロットサンプルを用いて心線歪み評価をおこなった。この結果を図5に示す。現行方法を適用して作製したサンプルAと、新規手法を適用して作製したサンプルBの2種類のサンプルを作製し、それぞれについてケーブル曲げ時の心線歪みを測定した。なお、今回われわれは、心線歪みの評価に高分解能BOTDA⁵⁾を用いている。この装置の距離分解能は約10cmであり、汎用BOTDRに比べて10倍程度高い。これによって、スロット形状をより詳細に把握しながらの評価・考察が可能となる。図5より明らかなように、新規方法を適用して作製したサンプルBの歪みは、サンプルAの歪みに比べて大幅に低減してい

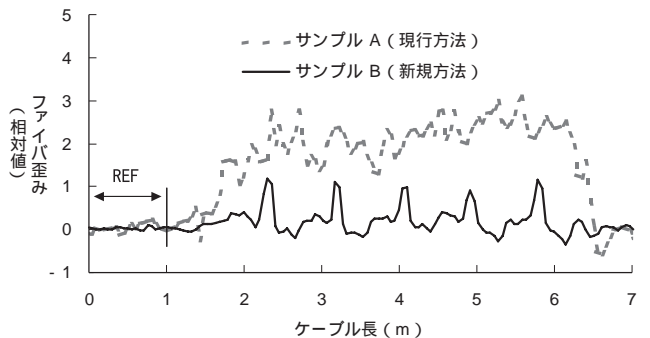


図5 集合方法による心線歪み値の比較（ケーブル曲げ状態）
Fig. 5. Comparison of fiber strain characters between two different stranding methods. (Sample A and B, bent situation)

ることがわかる。

2.4 スロット溝軌跡の改善

今回、上記の心線歪み低減手法に加え、スロット溝軌跡改善という点からさらなる特性向上を試みた。SZスロットにおける構造パラメータは、溝軌跡が正弦波であるとして設計されているが、実際のSZスロットにおける溝軌跡は理想の波形に比べてやや歪んでいる。この歪みは可能な限り低減されることが望ましい。

われわれはこれまでに、スロット軌跡歪みを定量的に評価する手法を確立している⁶⁾。これは、スロット上を移動するエンコーダより得られた軌跡データをフーリエ解析した上、歪み値を高次高調波実効値の和に対する基本波実効値の比として算出するというものである(図6)。今回、この歪み値を指標として、スロット軌跡の改善を行った。この結果を図7に示す。検討初期に比べてスロット溝軌跡歪み値を約1/5まで減少させることができた。

3. ケーブル試作・評価

3.1 試作ケーブルの特徴

以上の検討結果をもとに、ケーブル試作実験をおこなった。改善効果を確認するため、表1に示す2本(Tno.1, Tno.2)のサンプルを作製した。Tno.1は、現行品に比べ溝断面積を30%削減したスロットを用い、従来の集合方法で作製したサンプルである。Tno.2は、現行品に比

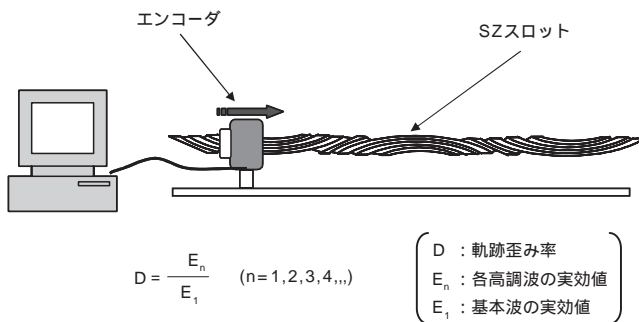


図6 スロット溝軌跡歪み値評価方法
Fig. 6. The evaluation method of slotted rod trajectory distortion.

べ溝断面積を40%削減、なおかつ溝軌跡の歪み値を改良したスロットを用い、今回考案した新規集合方法を適用して作製したサンプルである。いずれのサンプルにも、テープ心線として中間分割可能型の8心テープ心線Easy-Split™を用いている。

3.2 損失特性

各サンプルについて、ヒートサイクル(-30/+70 × 2 サイクル)下での、伝送損失特性を評価した。結果を図8に示す。Tno.1で顕著な損失増加が認められたのに対し、改善手法を適用したTno.2は安定した損失特性を示した。この2つのサンプルについて、小径ドラム巻き時(+20)の損失特性評価を行った。結果を図8に併記している。小径に巻き時には、Tno.1とTno.2の特性差が大きく表れ、Tno.2の特性が良好であることがわかる。今回の手法の効果が小径巻き時により顕著に表れたためと考えられる。

3.3 機械特性

Tno.2のケーブルについて機械特性評価を行った。この

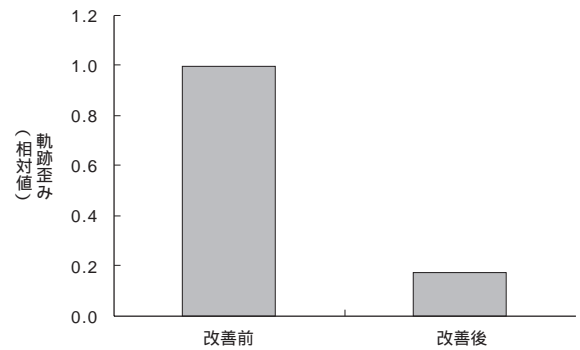


図7 スロット溝軌跡歪み改善結果
Fig. 7. The improvement of the SZ stranding trajectory.

表1 試作ケーブルの諸元
Table 1. Features of trial cables.

項目	溝断面積(相対値)	集合方法	ケーブル外径(mm)	備考
現行品	1.0	現行	28	
Tno.1	0.7		26	
Tno.2	0.6	新規	23	溝軌跡歪み改善

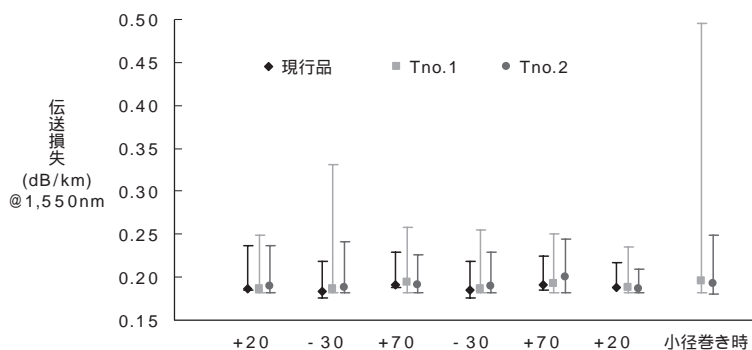


図8 試作ケーブルの損失温度特性
Fig. 8. Transmission properties of trial cables under temperature cycling.

表2 試作ケーブルの機械特性
Table 2. Mechanical properties of trial cable.

試験項目	試験方法	試験結果
引張り特性	5.7kN	ロス変動無し
しごき特性	R=250mm, 1.47kN, 90°	ロス変動無し
曲げ特性	R=230mm	ロス変動無し
側圧特性	1.96kN/100mm	ロス変動無し
捻回特性	± 90°/m	ロス変動無し
衝撃特性	1kg 荷重, 1m 高さ	ロス変動無し
心線たるみ量	600mm シース除去	>25mm

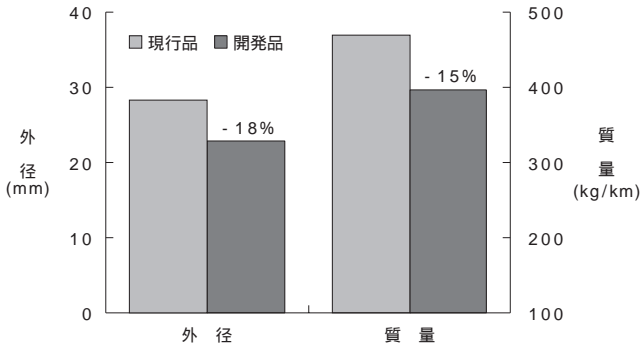


図9 現行・新規ケーブルにおける外径と質量比較
Fig. 9. Diameter and weight comparison between current and new cable.

結果を表2に示す。各試験において、良好な結果が得られた。心線たるみ量についても十分な値が得られている。

4.むすび

ケーブル内心線歪み低減に有効な、新規集合方法を開発、さらに、スロット溝軌跡歪みを改善することで、特性良好な細径640心SZスロットケーブルを開発することに成功した。新規開発品の外径は 23mmと、現行品に比べて5mm (18%) 細径であり、質量は現行品に比べて70kg/km (15%) 軽量化されている。細径化の効果を図9にまとめる。本ケーブルの適用により、より柔軟なアクセス配線の構築、および敷設コストの削減が可能となると考えられる。

参考文献

- 1) 山中ほか：8心テープ型SZスロット光ケーブル，フジクラ技報，第107号，p.17，2004
- 2) 三ツ橋ほか：二段階分割型テープSZスロット光ケーブル，フジクラ技報，第109号，p.23，2005
- 3) E. Ino, et al. : Improvement on Fiber Strain Reduction in Ribbon Type SZ-Slotted Core Cable and Resulting Cable Downsizing, Proc. of 55th IWCS, p.120, 2006
- 4) N. Okada, et al. : Study on Bending Strain of SZ-Slotted Core Cable with Fiber Ribbons, Proc. of 50th IWCS, p.112, 1999
- 5) Kishida, et al. : Pulse pre-pump method for cm-order spatial resolution of BOTDA, 17th International Conference on Optical Fiber Sensors, p.559, 2005
- 6) M. Yamanaka, et al. : Theoretical Analysis about Bending Strain of SZ-Slotted Core Cable, 52th IWCS, p.432, 2001