

8心テープ型SZスロット光ケーブル

通信ケーブル事業部 山 中 正 義*1・末 松 道 雄*2・御 園 信 行*3

New SZ-slotted Core Cable with 8-fiber Ribbons

M. Yamanaka, M. Suematsu & N. Misono

光アクセスネットワークにおいては、中間後分岐性に優れたSZスロットケーブルが広く適用されているが、近年の光通信需要の増大に伴い、SZスロットケーブルのさらなる多心化が要望されている。現在のSZスロットケーブルは2心テープ心線もしくは4心テープ心線が用いられ、最大心数は300心である。今回われわれは、8心テープ心線を用いた400心・640心SZスロットケーブルを開発した。試作したケーブルは良好な機械特性および環境特性を示し、地下あるいは架空環境において十分な長期信頼性を有していることを確認した。

Lately in Japan, the ribbon SZ-slotted core cable that has an excellent mid-span access capability has been widely used in optical access network. And the recent increasing telephone traffics require more higher count cable than conventional one. The conventional ribbon SZ-slotted core cables using 2-fiber ribbons or 4-fiber ribbons have maximum fiber count of 300. Therefore we have developed the 400-fiber and 640-fiber SZ-slotted core cable using 8-fiber ribbons.

Trial 400-fiber and 640-fiber SZ-slotted core cables were fabricated and tested. These cables showed excellent mechanical and environmental performance. It was clarified that these cables have long term reliability under aerial and/or underground environment.

1. ま え が き

光アクセスネットワークの経済的構築のため、中間後分岐性に優れた4心テープ型SZスロットケーブルがアクセスケーブルとして多く用いられる^{1) 2)}。SZスロット構造は、その溝の撓り方向が周期的に反転しているためケーブル長手方向における任意の場所での心線取り出しが可能であり、容易な中間後分岐性を特徴としている。図1に光ファイバ心線をSZスロットケーブルから取出した状態を示す。

現在実用化されている4心テープ型SZスロットケーブルは最大心数300心であり、架空および地下へと幅広く適用されている^{3) 4) 5) 6)}。しかし、近年の光通信需要の増大に伴い、SZスロットケーブルのさらなる多心化が要望されている。今回、われわれはSZスロットケーブルの多心化を目的とし、8心テープ心線を用いた400心・640心SZスロットケーブルを開発した。本稿では、8心テープ心線を用いたSZスロットケーブルの設計と、その設計に基づいて試作したケーブルの評価結果を報告する。

2. ケーブル設計

2.1 テープ心線構造

SZスロットケーブルの多心化に最適なテープ心線構造を検討した。ケーブルの布設作業性や架空環境での信頼性の観点から、ケーブルはより細く軽量であることが望まれる^{1) 3)}。また、現行システムとの適合性も考慮する必要がある。ケーブルに収納する光ファイバ心線を4心テープ心線もしくは8心テープ心線として400心および640心SZスロットケーブルを設計した結果を図2に示す。グラフは、単位面積あたりのファイバ心数（実装密度）と、ケーブル概算質量それぞれを比較したものである。8心テープ心

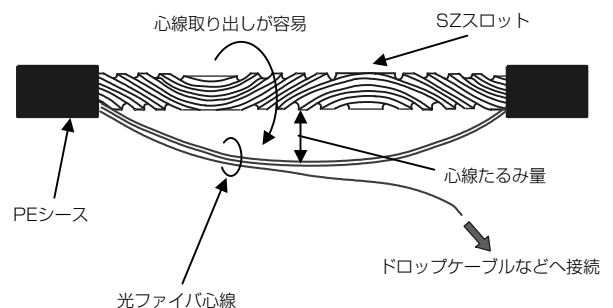


図1 SZスロットケーブルからの光ファイバ心線取り出し
Branching of optical fibers form SZ-slotted core cable

*1 通信技術開発部
*2 通信技術開発部グループ長
*3 通信技術開発部長

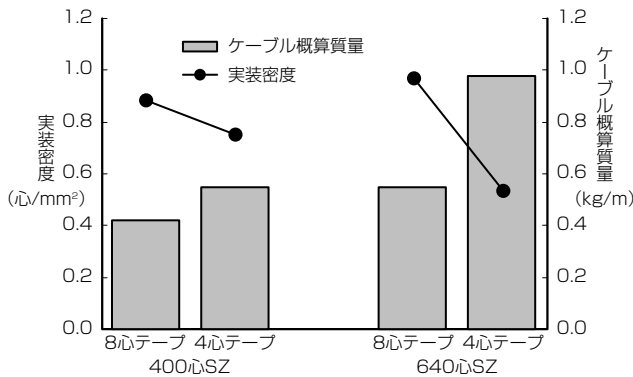


図2 400心・640心SZスロットケーブルの実装密度と質量比較
Dependence of cable weight and fiber packing density on ribbon structure

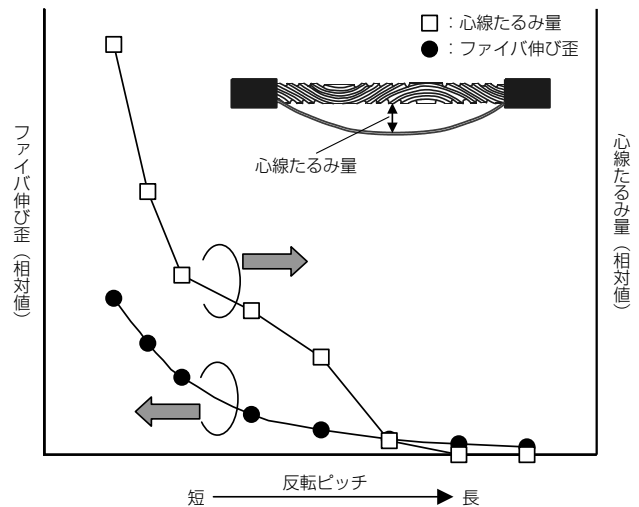


図4 ファイバ伸び歪と心線たるみ量の反転ピッチ依存 (640心ケーブル)
Dependence of fiber strain and fiber slack on reverse lay length (640-fiber SZ-slotted core cable)

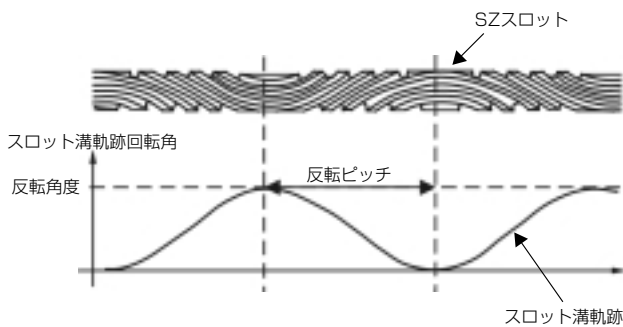


図3 SZスロットの構造パラメータ
Structural parameters of SZ-slotted rod

線で構成されたケーブルが、4心テープ心線で構成されたケーブルよりも細径化、軽量化が可能であることが分かる。また、8心テープ心線を用いることにより、接続点数の削減が可能となり、接続作業性が向上する。さらに8心テープ心線は4心テープ心線への分割が可能であるため、4心テープ心線によって構築されたシステムへの適用も問題なく行うことができる。

2.2 SZスロット構造パラメータ

図3にSZスロットケーブルの構造パラメータを示す。溝の捩り方向が周期的に反転するまでの長さを反転ピッチ、反転するまでに回転する角度を反転角度と定義する。図1に示した通り、SZスロットケーブルから取出されたファイバ心線とスロットの間隔を心線たるみ量と定義する。

2.3 8心テープ型SZスロットケーブルの設計

2.3.1 反転角度

伝送損失特性、ファイバ歪の観点から、SZスロットの反転角度は275°近傍が最適値であることが、既に報告されている。さらに、われわれが提示したSZスロット溝軌跡解析法を用いて、最適な反転角度に設定した^{8) 9)}。

2.3.2 反転ピッチ

8心テープ心線を用いた640心SZスロットケーブルの心線たるみ量とファイバ心線に発生する歪の反転ピッチ依存性を計算した結果を図4に示す。グラフのファイバ歪は、ケーブル直線状態において8心テープ心線の端心に発生するファイバ歪を示し、心線たるみ量は、外被を700mm除

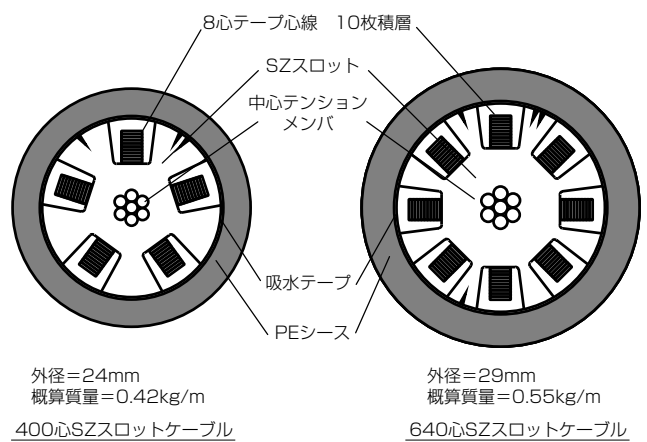


図5 400心・640心SZスロットケーブル断面図
Cross sectional view of 400-fiber and 640-fiber SZ-slotted core cable

去したときに得られる心線たるみ量を示している。

ケーブルの長期信頼性の観点からケーブルに収納されたファイバ心線に発生する歪は、極力小さくする必要があり。ファイバ歪は反転ピッチを長くするほど小さく抑えることが可能であるが、心線たるみ量を得るためには反転ピッチをある程度短くする必要がある。後分岐作業性と伝送特性の両立を考慮して反転ピッチを選定した⁷⁾。

3. 400心・640心SZスロットケーブル

今回試作した400心、640心ケーブルの断面構造を図5に示す。ひとつの溝に、積層された10枚の8心テープ心線を収納している。

ケーブル防水特性を確保するため、スロットコアのまわりに吸水テープを巻き、最外層はポリエチレン被覆をほどこした。

400心SZスロットケーブルの外径は約24mm、概算質量は0.42kg/mであり、640心SZスロットケーブルの外径は約29mm、概算質量は0.55kg/mである。

4. ケーブル特性

試作ケーブルの特性を評価した¹⁰⁾。各評価結果を示す。

4.1 伝送損失特性

図6、図7に試作ケーブルの伝送損失特性を示す。測定波長1.55 μ mにおいて、400心SZスロットケーブルの伝送損失特性は、平均値0.19dB/km、標準偏差0.006、640心SZスロットケーブルの伝送損失特性は、平均値0.20dB/km、

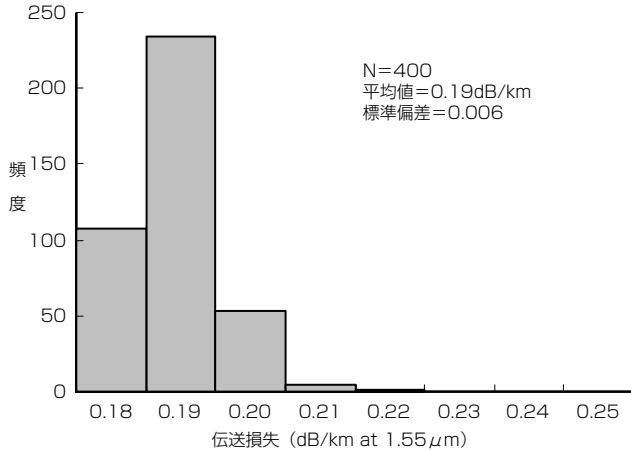


図6 400心SZスロットケーブルの伝送特性ヒストグラム
Transmission attenuation histogram of 400-fiber SZ-slotted core cable

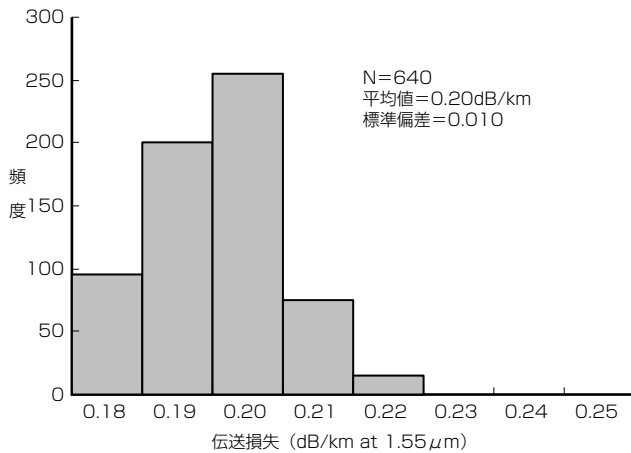


図7 640心SZスロットケーブルの伝送特性ヒストグラム
Transmission attenuation histogram of 640-fiber SZ-slotted core cable

標準偏差0.010であり、良好な結果であることを確認した。

4.2 損失温度特性

ドラム巻き状態で-30~+70 $^{\circ}$ Cのヒートサイクルを3サイクル加え、損失変動を調査した。結果を図8、図9に示す。常温における損失を初期値とすると、ヒートサイクルにおける損失変動量は、測定波長1.55 μ mで0.1dB/km以下である。本試作ケーブルは良好な損失温度特性を有することを確認した。

4.3 機械特性

引張特性、しごき特性、曲げ特性、側圧特性、耐衝撃特性を調査した。各試験項目、試験方法、試験結果を表1

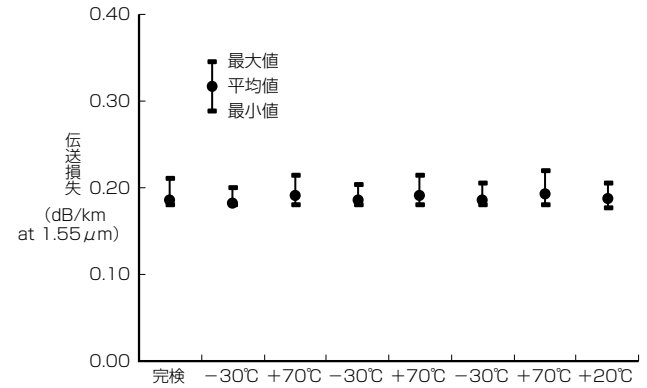


図8 400心SZスロットケーブル損失温度特性
Transmission attenuation of 400-fiber SZ-slotted core cable under temperature cycling

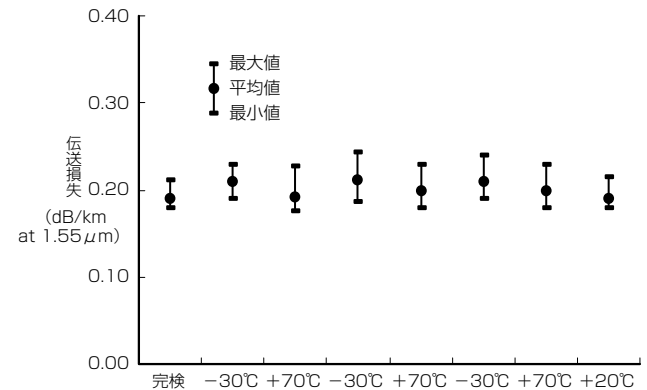


図9 640心SZスロットケーブル損失温度特性
Transmission attenuation of 640-fiber SZ-slotted core cable under temperature cycling

表1 400心・640心SZスロットケーブル機械特性
Mechanical characteristics of trial 400-fiber and 640-fiber SZ-slotted core cable

試験項目	試験方法・条件	試験結果	
		400心SZ	640心SZ
引張特性	ケーブル0.2%伸び時の伝送損失変動量	0.01dB以下	0.01dB以下
しごき特性	ケーブル0.2%伸び張力 半径300mm金車 90 $^{\circ}$	0.01dB以下	0.01dB以下
曲げ特性	マンドレル半径=ケーブル外径10倍 $\pm 90^{\circ}$ 曲げを10サイクル (IEC60794-1-2)	0.01dB以下	0.01dB以下
側圧特性	1,960N/100mm	0.01dB以下	0.01dB以下
耐衝撃特性	1kg \times 1m	0.01dB以下	0.01dB以下

測定波長は1.55 μ m

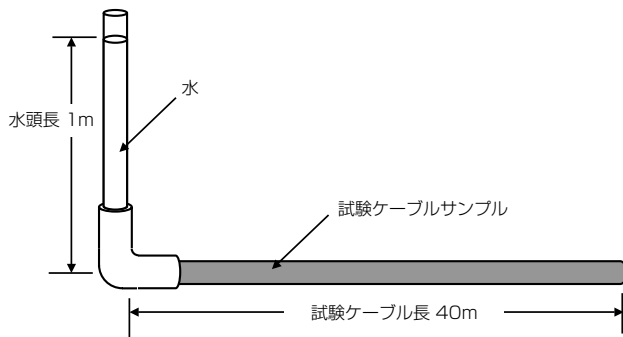


図10 防水試験
Water penetration test

にまとめた。各種機械試験において良好な結果を示すことを確認した。

4.4 心線たるみ量

外被を任意の場所で700mm除去したときの心線たるみ量を調査した。得られた心線たるみ量は20mm以上であり、後分岐作業を行うためのたるみ量として充分であることを確認した。

4.5 防水特性

ケーブルの防水特性を調査した。試験の概略図を図10に示す。試験開始後24時間経過したあともケーブル端末からの水の流出は認められなかった。十分な防水特性を有しているといえる。

4.6 ダンシング試験

架空布設ケーブルではその環境上、ケーブルに振動が発生し、端末におけるファイバ心線の移動が懸念される。端末におけるファイバ心線の移動は、布設されたケーブルの長期信頼性に影響を与える。架空環境における信頼性を調査するため、実際に試作ケーブルを電柱に布設し、加振器により強制的にダンシングを発生させ、端末におけるファイバ心線移動量を調査した¹¹⁾。図11に実験の概略図を示す。ダンシング試験の結果、端末からの心線移動量は5mm以下であり、良好な結果を示した。

5. む す び

近年の光通信需要の増大に伴い、現在実用化されているSZスロットケーブルのさらなる多心化が要望されている。今回、われわれはSZスロットケーブルの多心化を目的とし、8心テープ心線を用いたSZスロットケーブルを開発した。新規に設計、試作した8心テープ型400心、640心SZスロットケーブルについて環境特性、機械特性を評価し、良好な特性を有するケーブルであることを確認した。本ケーブルは架空布設、地下管路布設ともに長期信頼性を有するケーブルである。8心テープ心線を用いた400

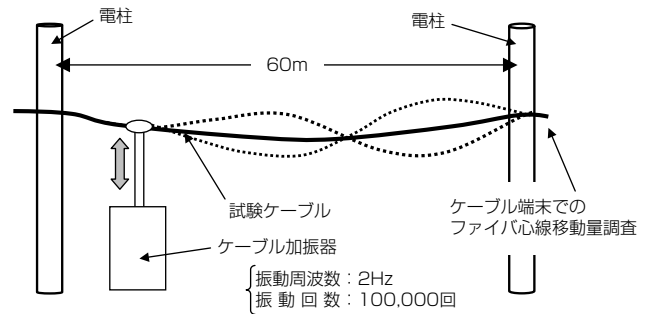


図11 ケーブルダンシング試験
Cable galloping test

心・640心SZスロットケーブルは、今後の光アクセスネットワークの効率的な拡大を実現すると考えられる。

参 考 文 献

- 1) H. Iwata, et al.: Design of Aerial Optical Fiber Cable System Suitable for Easy Branching, Proc. of 46th IWCS, p.4, 1997
- 2) H. Iwata, et al.: Novel Optical Fiber Cable for Distribution Use in Access Network, Proc. of 48th IWCS, p.20, 1999
- 3) M. Yamanaka, et al.: A New Aerial SZ-slotted Rod Type Cable with 4-fiber Ribbons, OECC' 97, p.518, 1997
- 4) M. Yamanaka, et al.: New High Density SZ-stranded Ribbon Slotted Core Cable for Underground Access Networks, NFOEC, p.230, 1999
- 5) J. Kawataka, et al.: Novel Optical Fiber Cable for Feeder and Distribution Use in Access Networks, Proc. of 49th IWCS, p.293, 2000
- 6) M. Yamanaka, et al.: Development of the New Downsized Aerial Optical Cables with SZ-slotted Rod and without Slotted Core, Proc. of 49th IWCS, p.490, 2000
- 7) N. Okada, et al.: Study on Bending Strain of SZ Slotted Core Cable with Fiber Ribbons, Proc. of 48th IWCS, p.112, 1999
- 8) M. Yamanaka, et al.: Theoretical Analysis about Bending Strain of SZ-slotted Core Cable, Proc. of 50th IWCS, p.432, 2001
- 9) H. Watanabe, et al.: Investigation about Bending Strain of Optical Ribbon Fiber Inserted into SZ-slotted Rod, Proc. of 52nd IWCS, p.167, 2003
- 10) IEC60794-1-2, "Generic specification-Basic optical cable test procedures", 2003
- 11) Telcordia TR-NWT-001121, "Generic Requirements for Self-Supporting Optical Fiber Cable Ed.1", 1991