



# 細径化・軽量化 1000 心光ケーブルの開発

佐藤 文昭\*・高見 正和・高橋 俊明  
五月女 裕之・粟飯原 勝行・平間 隆郎  
橋本 裕・高橋 健

Development of Small-diameter, Lightweight 1000-fiber Helical Slotted-Core Cable — by Fumiaki Satou, Masakazu Takami, Toshiaki Takahashi, Hiroyuki Sotome, Katsuyuki Aihara, Takao Hirama, Yutaka Hashimoto and Ken Takahashi — As the number of FTTH subscribers in Japan rapidly increases, the number of optical fiber cables in access networks is also rising dramatically. There are more than 13 million FTTH subscribers in 2008, and access networks are overcrowded with optical cables. In order to construct economically-efficient optical fiber line networks, downsizing of optical cables has been demanded. Therefore the authors have devised an optimized cable structure and developed a small-diameter, lightweight ribbon slotted core cable. In this paper the authors report that they successfully reduced the cross-sectional size of the new 1000-fiber helical slotted-core cable by approximately 40% by using bend-insensitive fiber “PureAccess®-PB,” thin optical ribbon and downsized slotted rod. Moreover, cable weight is reduced by 30% and the cross-sectional size of pulling head is reduced by 40% to allow easy cable installation. The authors also evaluated the transmission properties, mechanical properties and reliability of the developed cables.

## 1. 緒 言

日本のFTTH加入者は2008年に1300万加入を超え、増加の一途を辿っており、局から加入者宅までをつなぐアクセス系における配線の高密度化および経済的な光線路網構築が求められている。さらに加入者宅までの布設時間短縮のため効率的な光配線形態、布設性の向上を実現できる光ケーブルのニーズが高まっている。このような状況下で当社ではこれに応えるべく各種光ケーブルの細径化・軽量化に取り組んでおり<sup>(1)~(4)</sup>、本稿では国内標準構造で最大の心数を有する1000心テープスロット型光ケーブルの細径化・軽量化について報告する。2項では細径化および軽量化を実現する技術としてR15mm曲げ光ファイバ心線適用、光ファイバテープ心線の薄肉化、スロット細径化、外被の薄肉化について説明する。3項では上記の要素技術をベースとした試作ケーブル設計および試作ケーブルの評価結果、4項ではケーブルと共に細径化を実現したけん引端を紹介する。

## 2. 細径化・軽量化の要素技術

細径化を行うにあたり、布設作業性を考慮してケーブル内の光ファイバテープ心線の配列は従来配列を踏襲し、その上で光ファイバの曲げ強度向上によって実現し得る各部の寸法下限を狙った。従来のポリエチレン外被ケーブル（外径29mm）、難燃ポリエチレン外被ケーブル（外径30mm）の両構造に対して、**図1**のような地下管路への多条布設が容易になる外径23mmを細径化目標とした。

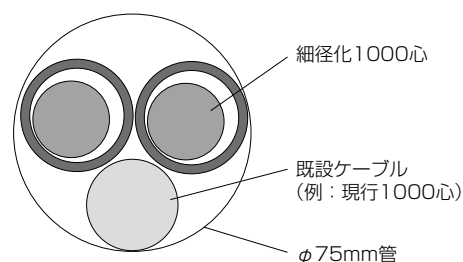


図1 ケーブル多条布設の模式図

**2-1 R15mm 曲げ光ファイバ心線の適用** 従来の1000心光ケーブルでは国際規格ITU-T G.652準拠の汎用シングルモード光ファイバを用いてきた。今回のケーブル細径化に伴い、スロット内空隙面積の低減が必要とされるため、汎用シングルモード光ファイバよりも曲げ、側圧特性を向上させたR15mm曲げ光ファイバ心線（PureAccess®-PB）を適用した。**表1**に今回適用したPureAccess®-PBの特性を示す。**表1**に示すようにPureAccess®-PBは国際規格ITU-T G.652.Dに準拠すると共に、曲げ強化型光ファイバの 카테고리であるITU-T G.657Aにも準拠している。

**2-2 光ファイバテープ心線の断面積低減** ケーブル細径化に伴うスロット内空隙面積の低減は光ファイバテープ心線（以下、テープ心線）の占有面積の割合の増加

表1 R15mm曲げファイバの特性

項目		ITU-T G. 652C/D	ITU-T G. 657A	PureAccess® -PB	
構造	モードフィールド径	8.6-9.5 $\mu\text{m}$ ± 0.7	8.6-9.5 $\mu\text{m}$ ± 0.7	8.6 $\mu\text{m}$ ± 0.4	
	クラッド径	125 $\mu\text{m}$ ± 1	125 $\mu\text{m}$ ± 0.7	125 $\mu\text{m}$ ± 0.5	
	モードフィールド偏心量	≤ 0.8 $\mu\text{m}$	≤ 0.5 $\mu\text{m}$	≤ 0.4 $\mu\text{m}$	
光学特性	伝送ロス	(1310-1625nm)	≤ 0.4dB/km	≤ 0.4dB/km	≤ 0.4dB/km
		(1550nm)	≤ 0.35dB/km	≤ 0.3dB/km	≤ 0.25dB/km
	零分散波長	1300-1324nm	1300-1324nm	1300-1324nm	
	ケーブルカットオフ波長	≤ 1260nm	≤ 1260nm	≤ 1260nm	
	60mm $\phi$ 曲げロス	(1625nm)	≤ 0.5dB /100ターン	—	—
		(1550nm)	—	≤ 0.52dB/10ターン	≤ 0.52dB/10ターン
	30mm $\phi$ 曲げロス	(1550nm)	—	≤ 1.0dB/10ターン	≤ 1.0dB/10ターン
		(1625nm)	—	≤ 1.0dB/10ターン	≤ 1.0dB/10ターン
	20mm $\phi$ 曲げロス	(1550nm)	—	≤ 0.75dB/1ターン	≤ 0.75dB/1ターン
		(1625nm)	—	≤ 1.5dB/1ターン	≤ 1.5dB/1ターン

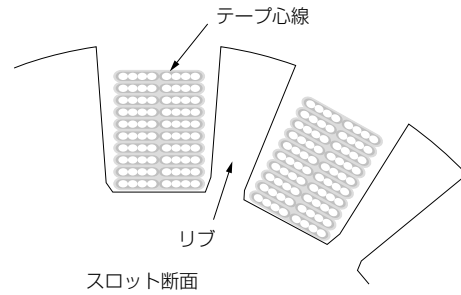


図2 スロットのリブ模式図

を招き、従来のテープ心線の占有面積ではケーブルの熱膨張、収縮、しごき、側圧により溝上下テープに加わる側圧が非常に大きくなってしまいます。そこで、テープ心線の占有面積低減を行った。表2に各種テープ心線構造とテープ心線特性、ケーブル特性との関係を示す。

表2に示すようにテープ心線の断面積を小さくするとテープ樹脂の肉厚が薄くなり、テープ製造が困難になることが分かる。一方、テープ断面積の大きい従来テープ心線ではケーブルの損失特性を満足できず、従来テープ心線よりも断面積を8%低減させたテープ心線を用いることとした。

今回適用したテープ心線について実使用上で問題が無いことを確認するため、テープ心線の分割性、融着特性等の評価を行ったが、何れの特性も従来品と同等であることを確認した。

表2 テープ心線構造と特性

項目	分割型8心テープ心線構造		
	従来品	8%断面積低減	11%断面積低減
テープ心線側圧特性	○	○	△
ケーブル損失温度特性	× (クリアランス不足)	○	○
テープ心線製造性	○	○	× (形状不良有り)

2-3 スロット細径化および集合最適化 ケーブル外径低減に必要なスロットの細径化については図2に示すような各溝を仕切っているリブの強度の限界見極めが重要である。そこで、スロット単体での強度試験を実施し、

ケーブル機械特性を確保するために必要なリブ強度の限界値を見極めた。その結果、従来のスロット構造から37%断面積を低減した細径構造を設計した。

さらに集合条件の最適化を行い、従来のケーブルと比べて損失温度特性の良好範囲が狭い細径品においても安定して製造する技術を確認した。

#### 2-4 外被の薄肉化

スロットと共に外被ポリエチレン層の厚み低減も行った。今回は難燃ポリエチレン外被も通常ポリエチレン外被と同等のシース厚に低減することが必要とされたため、外被薄肉化によるケーブルの機械特性、外被摩耗特性の悪化が懸念された。外被摩耗特性については管路に追い張りされる場合を想定して模擬管路による磨耗試験を行った。図3に試験概略図、表3に磨耗試験

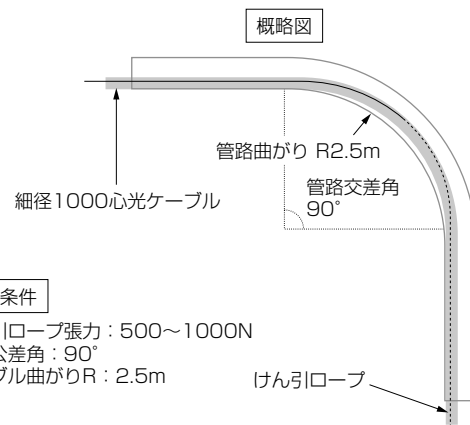


図3 模擬管路における磨耗試験模式図

表3 外被薄肉化に関する評価結果

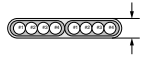
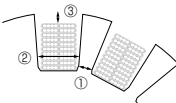

評価項目	ロープ張力	評価結果
高温屈曲	+ 60℃、R240mm	外被亀裂無し
低温屈曲	- 30℃、R240mm	外被亀裂無し
高温捻回	+ 60℃、± 90	外被亀裂無し
低温捻回	- 30℃、± 90	外被亀裂無し
温水浸漬試験	60℃温水× 1500時間	外被亀裂無し

後の機械特性を示す。磨耗試験後の機械特性は何れも外被亀裂が無く、実使用上問題の無いことを確認した。

### 3. ケーブル構造、評価結果

ケーブル細径化における2項の要素技術の寄与度について表4に示す。表4に示したようにスロット構造変更が細径化に対する寄与度が大きいことが分かる。上記の要素技術を用いて試作品の製造、評価を行った。

表4 細径化手段と寄与度

細径化手段			細径化への寄与度	
			通常外被	難燃外被
テープ心線	断面積低減		約10%	約10%
スロット	①リブ薄肉化		約90%	約70%
	②溝幅削減			
	③溝上空隙削減			
外被	薄肉化		0%	約20%
累計			100%	100%

**3-1 ケーブル構造** 図4に今回試作を行ったケーブル構造を示す。ケーブル外径中心は23mmである。実際に試作を行ったケーブルにおける外径、質量は表5に示す。従来品に比べ、断面積比で32~39%低減、質量比で28~35%低減している。

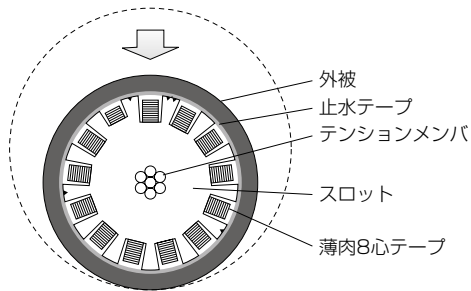


図4 細径化・軽量化1000心光ケーブル断面図

表5 試作ケーブルの外径、質量

項目	寸法	効果
外径	PE外被 22.7mm	断面積 32%減
	FR外被 22.7mm	断面積 39%減
質量	PE外被 435kg/km	28%減
	FR外被 485kg/km	35%減

**3-2 伝送特性、機械特性** 表6に試作ケーブルの伝送特性、温度特性、機械特性の各種評価結果、図5に試作ケーブルの1550nm波長における損失温度変動を示す。図5に示したように-30℃から+70℃における損失変動値は0.05dB/km以下であり、良好な損失特性を示している。表6に示した各種機械試験に関しても損失変動0.1dB以下、残留損失無しとなっており、いずれも従来品と同等の特性を有することを確認した。

表6 試作ケーブル各種評価結果

評価項目	試験条件	試験結果
伝送特性	OTDR	0.25dB/km以下 $\lambda = 1550\text{nm}$
温度特性	-30~+70℃ OTDR	0.1dB/km以下 $\lambda = 1550\text{nm}$
テープ心線分割	8→4、4→2分割	良好
引張特性	張力 3430N	ケーブル伸び0.2%
曲げ特性	R240mm × 10cyc	損失変動 0.1dB以下 $\lambda = 1550\text{nm}$ 残留損失無し
側圧特性	1960N/100mm	
捻回特性	±90° / 1m	
耐衝撃特性	1kg × 高さ 1m	
しごき特性	3430N、R600m	0.05%以下
ファイバ残留伸び	B-OTDR	
防水特性	人工海水L型 40m	良好
燃焼特性 (FR)	JISC3521 垂直トレイ	延焼長 1.5m以下

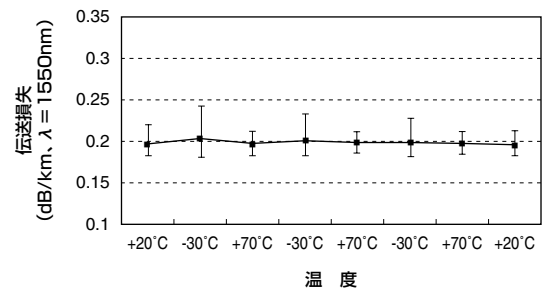


図5 細径化・軽量化1000心光ケーブルの損失温度変動

### 4. 細径けん引端の開発

ケーブルのみでは無く、引き込み作業を含めた作業性向上の検討の中で、図6に示したようなけん引端の細径化も行った。細径けん引端は従来品と比較して断面積比40%低減の外径最大部24mmを実現している。細径けん引端と細径1000心光ケーブルと接続、固定する技術も併せて開発した。表7に細径けん引端の評価結果を示すが、品質面、安全面で問題が無いことを確認した。上記のように細径けん

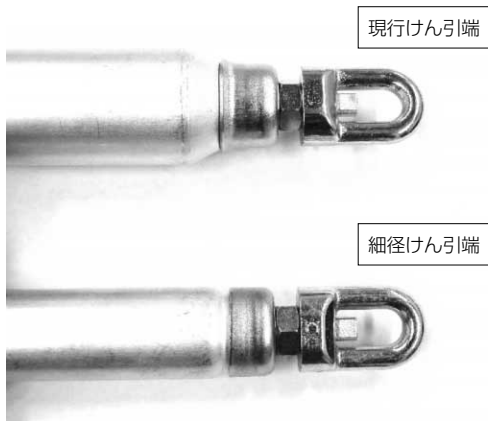


図6 細径けん引端の写真

表7 細径けん引端の評価結果

評価項目	試験結果
外径	24mm以下(従来断面積比55%減)
引張特性	6860Nで破断無し
防水特性	内部への浸水無し
心線固定力	張力3430N印加時に心線引き込み無し

引端と細径光ケーブルと組み合わせることで布設作業性の向上を実現した。

## 5. 結 言

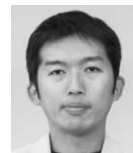
効率的な光配線形態・布設性の向上を目的に、1000心光ケーブルの細径化に取り組んだ。曲げ強化型広帯域シングルモード光ファイバ(PureAccess®-PB)、テープ心線の薄肉化、スロット細径化等を組み合わせることで、従来比32～39%のケーブル断面積削減、28～35%のケーブル質量削減を達成した。さらに細径けん引端も開発し、細径光ケーブルと組み合わせることで布設作業性の向上も実現した。

## 参 考 文 献

- (1) SEIテクニカルレビュー 第170号(2007)
- (2) The International Wire & Cable Symposium, No.13-1 (2007)
- (3) 電子情報通信学会総合大会B-10-5(2007)
- (4) 電子情報通信学会ソサイエティ大会B-10-21(2008)

## 執 筆 者

佐藤 文昭\* : 光通信事業部 技術部  
国内向け光ファイバケーブルの開発・設計に従事



高見 正和 : 光通信事業部 技術部  
高橋 俊明 : 光通信事業部 技術部 主席  
五月女 裕之 : 光通信事業部 技術部 主席  
栗飯原 勝行 : 光通信事業部 技術部 グループ長  
平間 隆郎 : 光通信事業部 ケーブル製造部  
橋本 裕 : 光通信事業部 ケーブル製造部  
高橋 健 : 光通信事業部 ケーブル製造部 主席

\*主執筆者