

外径0.5mm補強心線および単心型架空ケーブル

光電子技術研究所 石田 格¹・村田 暁¹・姫野 邦治²・大橋 圭二³
光・通信ケーブル事業部 大里 健⁴・塩原 悟⁴・末松 道雄⁵・下道 毅⁵
御園 信行⁶

Easy-handling 0.5 mm Optical Fiber and Aerial Optical Fiber Cable

I. Ishida, A. Murata, K. Himeno, K. Ohashi, K. Ohsato, S. Shiobara, M. Suematsu,
T. Shimomichi & N. Misono

Fiber To The Home (FTTH) 敷設工事の簡易化を目的として、UV硬化型樹脂被覆の0.5mm補強心線、およびそれを用いた単心型架空ケーブルを開発した。0.5mm補強心線は、従来使用されている0.25mm着色心線よりも、識別性、取り扱い性に優れている。また、市販のツールを使用して容易に0.25mm着色心線に口出しできるため、従来の接続工具が使用可能である。

We have developed the 0.5 mm fiber coated with UV-curable resin and an aerial optical fiber cable using the fibers for facilitating the construction of Fiber-To-The-Home (FTTH). The 0.5 mm fiber provides better discernibility and handling properties as compared with the conventional 0.25 mm colored fiber. The fiber has the advantage of being handled by various existing connecting elements and tools for conventional optical fibers because it can be easily converted into the conventional 0.25 mm colored fiber by stripping 0.5 mm outer jacket.

1. ま え が き

FTTHの普及にともない、光開通工事の簡易化、時間短縮が求められている。接続作業（融着接続、メカニカルスプライス）やクロージャへの収納作業において、現在は0.25mm着色心線を取り扱う必要があるが、心線が細いため心線の取り扱いが難しく、また、暗所での作業時など心線が見えにくい、心線の識別が分かりにくいなどの施工作业上の課題があった。これに対して、心線外径を現行の0.25mmから0.5mmに補強することにより、光ファイバ心線の視認性、識別性、取り扱い性が向上し、光開通工事の簡易化、時間の短縮が期待できる。一方、市場ではすでに、0.25mm光ファイバ心線用のメカニカルスプライス素子や接続ツール等が普及しており、0.5mm光ファイバ補強心線を導入するには、従来の周辺素子・工具に適用できることが必要となる。そこで、0.25mm着色光ファイバ心線に容易に変換可能な0.5mm光ファイバ補強心線を開発した¹⁾²⁾。

さらにこの心線を実装した24心弛み付きSS架空ケーブル、8心架空ケーブルおよびドロップケーブルを開発した。

このケーブルは図1に示すような加入系架空配線区間に用いるものである。本稿では、0.5mm光ファイバ補強心線、およびその心線を用いた少心架空ケーブル、ドロップケーブルの設計と特性について報告する。

2. 心 線 設 計

2.1 0.5mm光ファイバ補強心線構造

図2に0.5mm光ファイバ補強心線の断面構造を示す。外径0.125mm石英ガラスの外周に、紫外線硬化型樹脂からなる一次被覆層、二次被覆層、着色層を形成させ外径を約0.25mmとする（従来の着色心線と同じ構造）。さらにその外周に色付きの紫外線硬化型樹脂（青、黄、緑、赤、

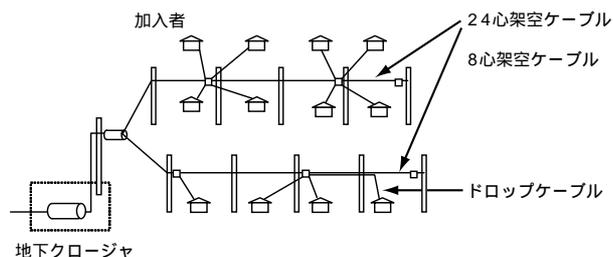


図1 加入系架空配線区間

Fig. 1. The aerial wiring section between distribution points and subscribers.

1 光技術研究部
2 光技術研究部グループ長
3 光技術研究部長
4 通信技術開発部
5 通信技術開発部グループ長
6 通信技術開発部長

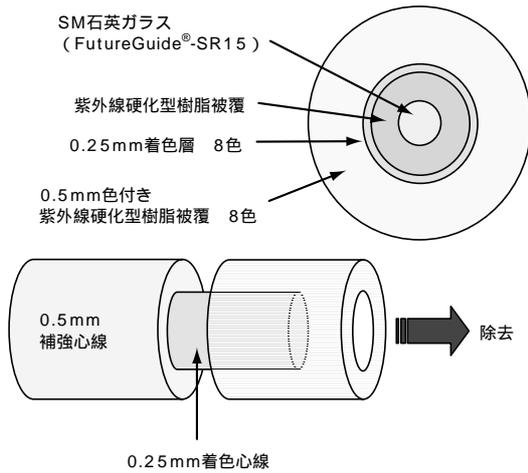


図 2 外径0.5mm光ファイバ補強心線の構造
Fig. 2. Structure of 0.5mm optical fiber.

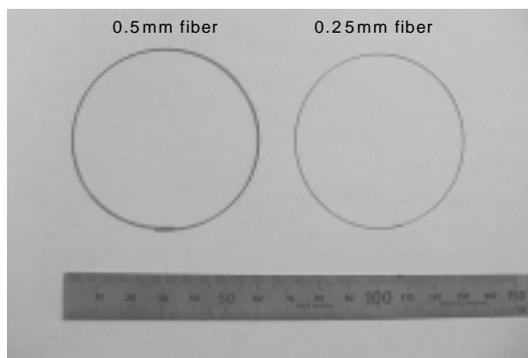


図 3 0.5mm補強心線と従来の0.25mm心線の比較
Fig. 3. Comparison between 0.5 mm fiber and 0.25 mm colored fiber.

紫，白，茶，灰の計8色，0.25mm着色層と同色）を被覆し，最終外径を0.5mmとしたものである．なお，収納径の小径化および心線取り扱い時の損失増加量の低減を目的とし，曲げに強いSM石英ファイバ（FutureGuide®-SR15）を使用している．

2.2 視認性

図3に本心線と従来の心線の外観の違いを示す．比較のために両心線とも 30mmに巻いている．0.5mm補強心線のほうが太く見えて見つけやすく，視認性について向上していることが確認できる．

本0.5mm補強心線をドロップケーブルおよびインドアケーブルに実装して，フィールドテストを行った結果が，杉本らにより報告されている³⁾．クロージャへの収納性，視認性，取り扱い性いずれにおいても，従来の心線よりも非常に容易であるとの結果が示されている．

3.心線特性

3.1 0.5mm 0.25mm心線への変換特性

本心線は，接続に際して従来の0.25mm心線用の接続部

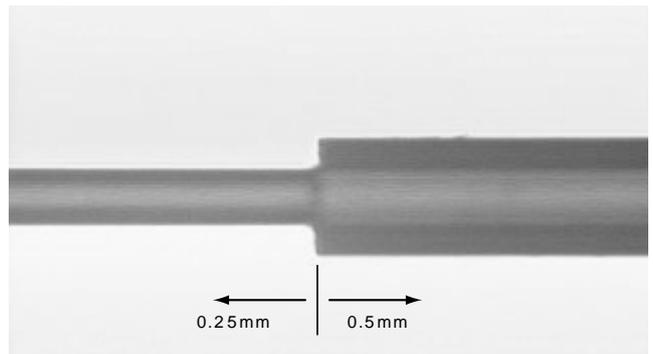


図 4 0.25mm心線変換部の拡大写真
Fig. 4. Picture of the conversion into 0.25 mm colored fiber.

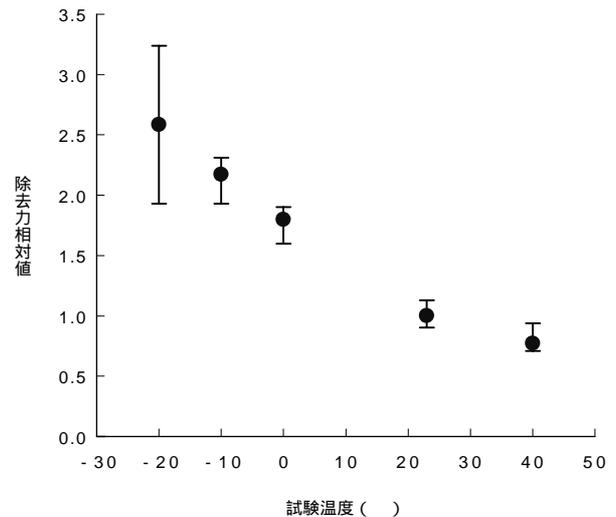


図 5 被覆除去力最大値の試験温度依存性
Fig. 5. Temperature dependence of the stripping force.

材が使用できるように，0.25mm着色心線へ容易に口出しできることを特徴としている．口出しには専用工具のほか，市販のストリッピングツール（刃穴径： 0.40mm，ファイバガイド径： 0.53mm）でも行える．以下の検討では，後者の検討結果を示す．

3.2 0.25mm心線への変換特性

0.5mm補強心線の外被50mm長を市販ツールで被覆除去した後の被覆径変換部の拡大写真を図4に示す．図に見られるように，変換部のほか，被覆除去後の0.25mm着色心線部分に損傷は認められなかった．また，除去された被覆の形状は筒状になっており，除去作業によって微細な樹脂くずは発生しなかった．被覆が破断すると除去ツールの刃に詰まるなどで，繰り返し作業時に心線の破断を引き起こしたり，掃除に手間がかかったりするが，本心線ではそのようなことは起こらず，容易に繰り返し作業が可能である．

3.2.1 被覆除去に要する力

被覆除去時に加わる最大除去力の温度依存性を図5に示す．除去長は50mm，除去速度は500mm/minで固定とし

た．被覆除去力の測定には市販ツールを用い，温度制御可能な恒温槽付き引っ張り試験機にて行った．常温での被覆除去力の最大値は約2～3N程度であり，感覚的にも比較的簡単に除去できるレベルの値である．試験温度を高くしても除去力は，常温時の除去力に比べて，若干低下するのに対し，低温側では除去力が増加する傾向がみられた．これは低温で被覆材の物性が変化することによると考えられる．

このように，低温時の作業にて除去性が悪くなることが懸念されたため，実際の除去作業を行い確認した．

3.2.2 被覆除去検証作業

高低温での被覆除去作業は，その温度に調整された大型の恒温槽内で行った．心線はあらかじめ12時間以上恒温槽に入れておき，所定温度になるようにしている．

被覆除去作業は次のように行った．除去ツールでまず目的除去長50mmにわたって外被を除去する．このとき，刃の入った部分は観察しにくいので，さらに10mm程度外被を再度除去し，最初に刃が入った部分に異常があるかどうかについても確認を行った．さらに被覆が除去された0.25mm心線についても，指触および顕微鏡観察を行い被覆に異常があるかどうかを確認した．刃の入った部分と0.25mm心線化した50mm全長に渡って被覆に異常（ガラスの露出，被覆の剥がれ）が無いものを成功とした．試験は製造後（エージングなし）の場合と，湿熱エージング（85～85% R.H.）後のもので行った．結果を表1に示す．

色による違い，ロットによる違いの可能性を考慮して，それぞれの条件で各色200回（常温は400回）の被覆除去

表1 被覆除去検証作業の結果
Table 1. Results of the stripping performed.

温度	初期		Aging後	
	成功数 / 試験数	成功率	成功数 / 試験数	成功率
常温	3,200 / 3,200	100.0%	3,200 / 3,200	100.0%
高温	1,600 / 1,600	100.0%	1,600 / 1,600	100.0%
低温	1,600 / 1,600	100.0%	1,599 / 1,600	99.9%

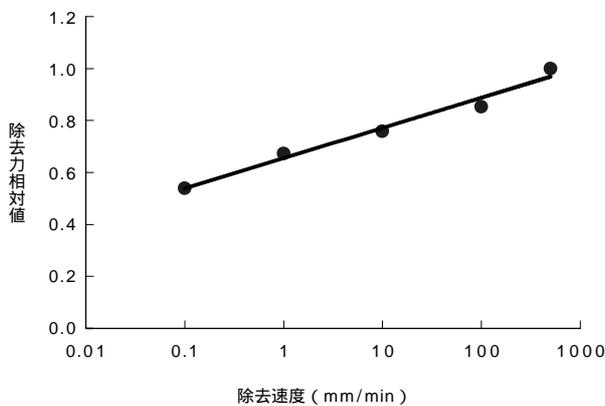


図6 被覆除去力の除去速度依存性（常温）

Fig. 6. Stripping speed dependence of the stripping force.

試験を実施したが，低温にてエージング後のサンプルで1回の失敗がみられただけで，常温および高温での失敗は一度も見られなかった．

成功率はいずれの温度においても99%以上を確保できた．以上により，実使用環境下での口出し作業でも問題ないことを確認した．

低温での被覆除去試験では除去力の増加がみられたが，実際の被覆除去作業では成功率99%以上の値が得られた．図6に見られるように，被覆除去力は被覆除去速度依存性があり，除去速度が遅いと，除去力も小さな値となる．すなわち，低温下では除去作業をゆっくりと行うことにより，実際の被覆除去力はあまり上昇せず，円滑な除去が可能となる．

3.2.3 被覆除去後のファイバ強度

被覆除去後の0.25mm心線へのダメージの有無を確認するために，0.5mm補強心線を0.25mm心線に変換した後のファイバ強度を測定した．強度測定時にはファイバの把持が必要であるため，把持に必要な長さ約1mの部分を50mmずつ長手方向に被覆除去した後に測定を行った．引っ張り試験に供した長さは500mmでこのうち約半分250mmを被覆除去しており，引っ張り速度は100mm/minで行った．結果を図7に示す．

常温の被覆除去後の観察でファイバの外観に何ら異常が見られないことから予想されるように，被覆除去後のファイバ強度は除去前の試料とほぼ同等であり，低強度部は全くみられなかった．

3.3 0.5mm補強心線のハンドリング特性

作業中に心線に触れた場合にどの程度の損失変動が生じるかについてハンドリング試験を実施した．中辻らの報告をもとに図8のような実験系で試験した⁴⁾．結果を図9に示す．図9の結果より，被覆外被を0.5mmに補強することと曲げに強いファイバを使用することで損失値は大きく減少し，従来の方法と比較して5分の1以下の値になることが

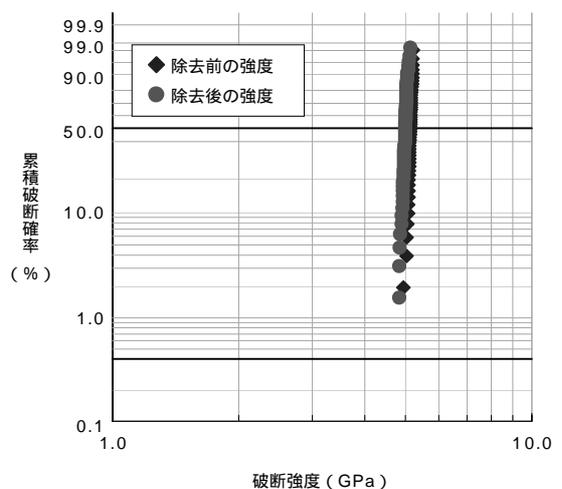


図7 被覆除去後のファイバ破断強度

Fig. 7. Weibull distribution of the tensile strength of a short-length fiber.

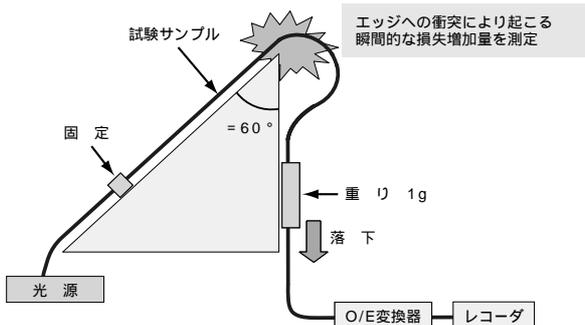


図 8 ハンドリング試験方法

Fig. 8. Schematic structure of the measurement of the handling property.

表 2 外径0.5mm心線のそのほかの諸特性 (代表値)
Table 2. Other properties of the 0.5mm fiber.

項 目	0.5mm心線	
伝送損失	1.31 μm	0.340dB / km
	1.55 μm	0.193dB / km
ハンドリング特性 ²⁾	1.55 μm	3.8dB
側圧特性 490N / 10cm	1.55 μm	0.01dB
引張強度	20% / min	5.2GPa
側方出射 (結合効率)	1.55 μm	36dB
温度依存性 (変動値)	- 30	1.55 μm < 0.01dB / km
	+ 70	1.55 μm < 0.01dB / km
長期信頼性 (変動値)	85 85%R.H.	1.55 μm < 0.01dB / km
	60 温水	1.55 μm < 0.01dB / km

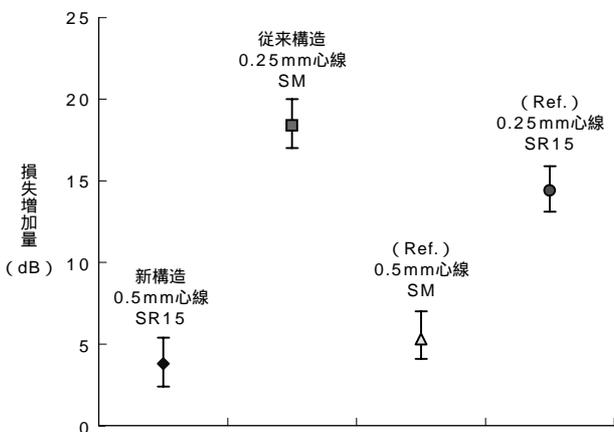


図 9 ハンドリング試験の結果 (1.55 μm)
Fig. 9. Results of the handling property.

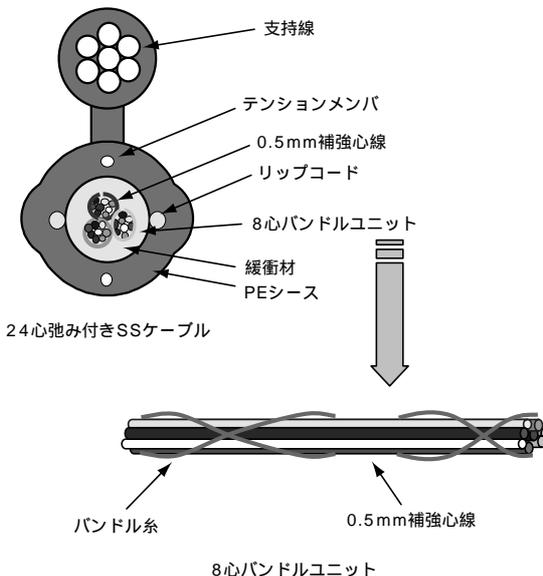


図 10 24心弛み付きSSケーブル, バンドルユニット断面図
Fig. 10. Cross sectional view of 24-fiber aerial cable and schematic view of 8-fiber unit bundled by color-coded thread.

わかった。

側圧特性についても従来心線と比較して損失変動が小さく、太径化、曲げに強いファイバを適用した効果が表れている。

3.4 0.5mm補強心線の損失特性

0.5mm補強心線の初期伝送損失は従来心線と同等であり良好であった。また、損失の温度依存性については - 30 ~ +70 の範囲で変動値が0.01dB/km以下であり良好であった。長期信頼性については、湿熱あるいは温水等の環境下で大きな損失の変動がないことを確認した。

3.5 心線対照

本0.5mm補強心線は曲げに強いファイバを使用している。また、色つきで厚いUV樹脂被覆を行っているが、過度に対照光を吸収することのないように設計しているため、側方出射特性の結合効率値はFutureGuide®-SR15タイプの0.25mm心線と比較して大きな違いはなく、心線対照作業に支障はなかった。

3.6 特性まとめ

0.5mm補強心線の各種特性を表2にまとめた。

4. ケーブル構造および特性

上記0.5mm補強心線を充当した24心弛み付きSS架空ケーブル、8心架空ケーブル、およびドロップケーブルの設計、試作を行った。

4.1 ケーブル構造

24心弛み付きSS架空ケーブル構造は中間後分岐作業性に優れたノンロット型構造とし、さらに施工時の取り扱いおよび周辺部品、ケーブル製造性に配慮して、既存架空光ケーブルの構造寸法に極力合わせた。ケーブルコア部は0.5mm補強心線8心をバンドル系クロス巻きにより一束化して8心ユニットを形成し、そのユニットを集合してコアの周囲に緩衝材を充填する構造とした。図10にその構造例を示す。支持線に対して弛みを有した弛み付きSSケーブル構造である。さらに、8心架空ケーブル構造およびドロップケーブル構造について図11、図12に示す。

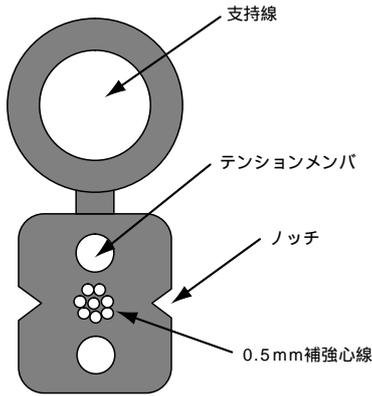


図11 8心架空光ケーブルの断面構造

Fig. 11. Structure of 8-fiber aerial distribution optical cables.

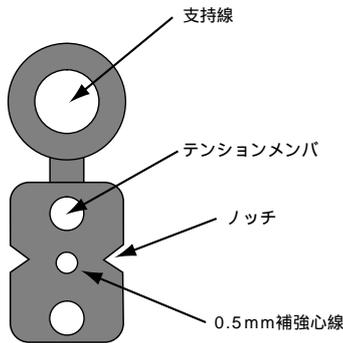


図12 光ドロップケーブルの構造

Fig. 12. Structure of optical drop cable.

4.2 伝送特性

それぞれ試作したケーブルの伝送損失特性および - 30 ~ + 70 のヒートサイクルを3サイクル加えた時の損失温度特性を調査した。その結果、すべてのケーブルにおいて損失変動量は0.05dB/km以下であった。図13に24心弛み付きSS架空ケーブルの損失温度特性を示す。ケーブル化およびヒートサイクルにおける測定波長1.55 μmの損失変動量は0.05dB/km以下である。

4.3 機械特性

ケーブルの機械特性の評価として、それぞれのケーブルの側圧試験、衝撃試験、しごき特性、曲げ特性を調査した。各試験項目の試験方法および試験結果を表3に示す。各試験項目において良好な結果を示すことを確認した。

4.4 心線取出し性および0.25mm心線への変換特性

それぞれ試作したケーブルの心線取出し性を調査した。あらゆる現場環境を想定し、低温 - 20、常温23、高温40 に温度調整された大型の恒温槽内で心線取出し作業を行った。その結果、すべてのケーブルにおいて心線取出し作業は容易であることを確認した。心線外径が0.5mmに補強されているため、従来の架空光ケーブルよりも、心線取出し性、識別性が大幅に向上していることがわかった。

また、ケーブルから取出した0.5mm補強心線の被覆除去作業を行った。除去作業に大きな力を要することなく、容易に0.25mm心線に変換可能であることを確認した。

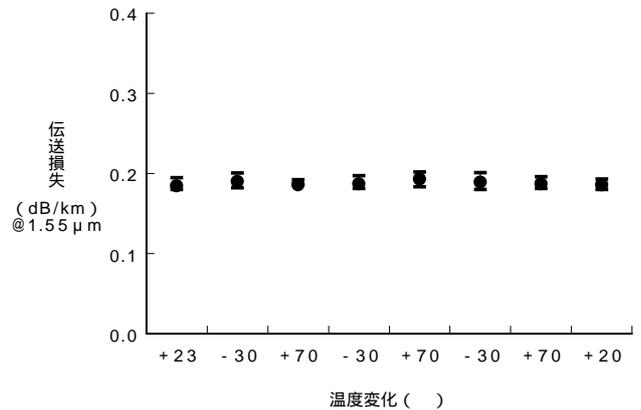


図13 24心弛み付きSSケーブルの伝送損失特性

Fig. 13. Transmission attenuation of 24-fiber central tube cable under temperature cycling.

表3 24心、8心架空ケーブルおよびドロップケーブルの機械特性

Table 3. Mechanical characteristics of 24-fiber and 8-fiber aerial distribution cables and drop cable.

	試験項目	測定条件	結果
24心	側圧特性	1,960N/100mm	0.05dB/心 以下
	対衝撃特性	1.0kg 1m	0.05dB/心 以下
	しごき特性	1,960N 90° 4サイクル	0.05dB/心 以下
	曲げ特性	D320 × 10往復	0.05dB/心 以下
8心	側圧特性	1,960N/100mm	0.05dB/心 以下
	対衝撃特性	0.3kg 1m	0.05dB/心 以下
	しごき特性	700N 90° 4サイクル	0.05dB/心 以下
	曲げ特性	D120 × 10往復	0.05dB/心 以下
ドロップ	側圧特性	1,200N/25mm	0.05dB/心 以下
	対衝撃特性	0.3kg 1m	0.05dB/心 以下
	しごき特性	700N 90° 4サイクル	0.05dB/心 以下
	曲げ特性	D30 × 10往復	0.05dB/心 以下

5. む す び

0.25mm光ファイバ心線に容易に変換可能な0.5mm光ファイバ補強心線を開発し、従来の0.25mm光ファイバ心線に比べ、視認性、識別性、取り扱い性に優れていることを確認した。さらに、0.5mm補強心線を用いた24心弛み付きSS架空ケーブル、8心架空ケーブル、ドロップケーブルを開発した。これにより、FTTH拡大に対応した敷設工事の効率化が期待できる。

参 考 文 献

- 1) 石田ほか： 0.5mm光ファイバ補強心線の開発，2005年信学会総合大会，B-10-13
- 2) I. Ishida, et al. : Development of Easy Handling Optical Fiber, OECC2005, 5D2-3
- 3) 杉本ほか： 新型ドロップ/インドアケーブルのフィールドトライアル，2005年信学会総合大会，B-10-10
- 4) 中辻ほか： 単心被覆光ファイバの検討，1995年信学会総合大会，B-10-15