

# 低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブル / 超低摩擦光インドアケーブル

光ケーブルシステム開発センター 塩原 悟<sup>1</sup>・岡田 直樹<sup>2</sup>・下道 毅<sup>3</sup>・竹田 大樹<sup>4</sup>  
光電子技術研究所 村田 暁<sup>5</sup>・伊佐地 瑞基<sup>6</sup>

## Low Friction and Abrasion-Resistant Optical Drop Cables / Super Low Friction Optical Indoor Cables

S. Shiobara, N. Okada, T. Shimomichi, D. Takeda, A. Murata, and M. Isaji

FTTHの普及にともない市街地の架空配線エリアでは架空光ケーブルの輻輳化が問題となっており、スパイラルハンガなどを用いて1本の吊り線に多条の光ドロップケーブルを吊架する布設方法が一般的となっている。同一のスパイラルハンガ内に多条の光ドロップケーブルを布設する場合、既設の光ドロップケーブルと後から引き込む光ドロップケーブルとが擦れ合うため、光ドロップケーブルの外被の低摩擦化および高強度化の要求が高まっている。布設作業性を向上させることを目的として、低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルを開発した。また、CD管などの電線管への通線作業性を向上させることを目的として、超低摩擦光インドアケーブルを開発した。

The number of aerial optical cables has increased rapidly because of the growth of the FTTH market. Therefore, a lot of optical drop cables are installed in one supporting wire, in general, using a spiral hanger. During installation, because the optical drop cables are rubbed mutually in the same spiral hanger, a material with both low friction and abrasion-resistance performance is demanded for the sheath. For this reason, we recently developed the low friction and abrasion-resistant optical drop cables. Moreover, to make it easier to pass through the conduit line, we also developed the super low friction optical indoor cables.

### 1. ま え が き

近年、FTTHが急速に普及し、特に加入者宅が密接する市街地では、架空光ケーブルによる架空配線エリアの輻輳化が問題となっている。また、多条の自己支持型光ケーブルをそれぞれ単独で吊架していくことは、電柱強度上の問題を招く恐れがある。そこで、スパイラルハンガなどを用いて一本の吊り線に多条の光ドロップケーブルを吊架する布設方法が増えている。同一のスパイラルハンガ内に多条の光ドロップケーブルを布設する場合、既設の光ドロップケーブルと後から引き込む光ドロップケーブルとが擦れ合うため、光ドロップケーブルの外被の低摩擦化および高強度化の要求が高まっている。一方、加入者宅内に引き込まれた光ドロップケーブルおよび光インドアケーブルは、CD管などの合成樹脂可とう管内に

通線される。これまで、曲がりが多い電線管内を通線するには、潤滑剤塗布などにより摩擦を低減しながら通線作業を行う場合があった。このような背景から、布設作業性の向上を目的とし、低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブル<sup>1)</sup>および超低摩擦光インドアケーブルを開発した。低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルは、新たに耐摩耗性に優れた高強度の外被材を検討した。一方、超低摩擦光インドアケーブルは、従来のノンハロゲン難燃外被材に配合する添加剤を新たに開発し、摩擦係数を極力小さくする検討を行った。

### 2. 低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブル

#### 2.1 低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルの構造

図1に光ドロップケーブルの引き込み配線の例を示す。幹線用光ケーブルから少心光ケーブルまたはテープ型多心ドロップケーブルに分岐され、最終的に1心または、2心の光ドロップケーブルによって各加入者宅に引き込まれる。これらの光ケーブル類は架空配線エリアの輻輳を避けるため、スパイラルハンガなどを用いて一本の吊り線に多条布設されることが多い。光ドロップケーブルの

1 第一グループ主管部員  
2 第一グループ長  
3 第二グループ長  
4 第二グループ  
5 光技術研究部主席部員  
6 光技術研究部

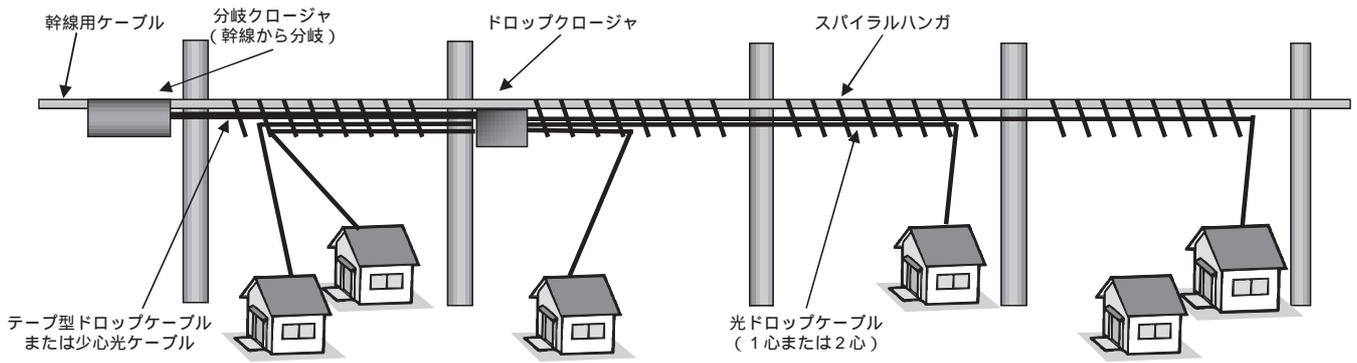


図1 光ドロップケーブルの引き込み配線例  
Fig. 1. Wiring model of optical drop cable.

外被を低摩擦かつ耐摩耗性に優れた高強度外被とすることで布設作業性を向上させることを目的として、低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルを開発した。開発ケーブルは、加入者宅引き込み用2心光ドロップケーブルと、少心光ケーブルや集合住宅引き込み用として使用されるテープ型8心光ドロップケーブルとした。

2. 1. 1 低摩擦・耐摩耗2心光ドロップケーブル

図2に低摩擦・耐摩耗2心光ドロップケーブルの構造を示す。光ファイバ心線には、FutureGuide SR15™ (曲げ半径R15mm対応光ファイバ心線) 2)3)を使用し、ケーブル本体部のノッチは、光ファイバ心線を取り出しやすくするため光ファイバ心線に対して左右にずらす斜め形構造とした。外径は従来の2心ドロップケーブルと同じく、約2.0×5.5mmとした。

2. 1. 2 低摩擦・耐摩耗8心光ドロップケーブル

図3に低摩擦・耐摩耗8心光ドロップケーブルの構造を示す。光ファイバテープ心線は、FutureGuide SR15™ (曲げ半径R15mm対応光ファイバ心線) を使用した。外径は従来の8心ドロップケーブルと同じく、約2.0×6.0mmとした。

2. 2 低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブル外被材料の検討

光ドロップケーブル用の外被材料として、以下の特性を開発目標とした。

低摩擦性

光ドロップケーブル同士の摩擦による布設張力上昇を抑えることを目的として、従来の光ドロップケーブルの1/2以下の摩擦係数を目標とした。

耐摩耗性

光ドロップケーブル同士の擦れによる外被破損などの外傷を防止する目的として、JIS C3005 摩耗試験における摩耗量が従来の光ドロップケーブルの1/2以下、さらに摩耗量を極力小さくすることを目標とした。

長期信頼性

加熱老化特性、耐候性、耐薬品性など電線被覆材料として十分な信頼性を有すること。

ケーブル化後の伝送特性、機械特性

光ドロップケーブル化後の伝送特性、機械特性、耐

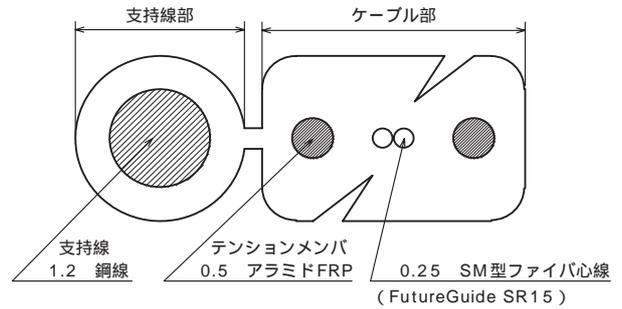


図2 低摩擦・耐摩耗2心光ドロップケーブル構造図  
Fig. 2. Structure of 2-fiber optical drop cable.

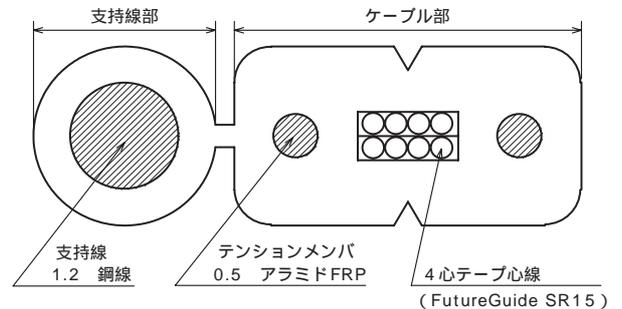


図3 低摩擦・耐摩耗8心光ドロップケーブル構造図  
Fig. 3. Structure of 8-fiber optical drop cable.

表1 低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブル外被材料の検討  
Table 1. Low friction and abrasion resistant sheath material for trial cable.

配合番号	ベースポリマ	備考
配合	ポリオレフィン系樹脂A	ノンハロゲン系難燃剤添加
配合	ポリオレフィン系樹脂B	ノンハロゲン系難燃剤添加
配合	ポリオレフィン系樹脂C	ノンハロゲン系難燃剤添加

燃焼性が従来のドロップケーブルと同等であること。

検討を行った低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルの外被材料を表1に示す。これらはポリオレフィン系樹脂をベースポリマとしてノンハロゲン難燃剤を添加したものである。

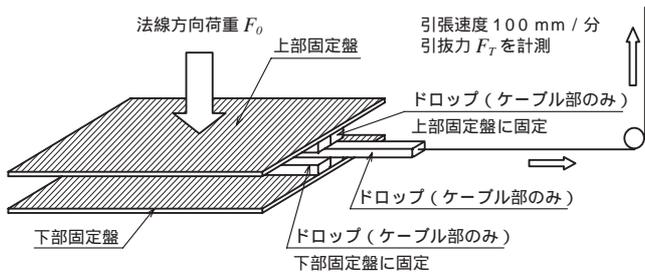


図4 摩擦係数測定

Fig. 4. Measurement of friction coefficient.

2. 2. 1 摩擦係数の評価方法および評価結果

図4に摩擦係数の評価方法を示す。同スパイラルハンガ内で光ドロップケーブル同士が擦れる状況を模擬するため、支持線を切り離れたケーブル部(被測定サンプル)を、同一ケーブルから採取して固定盤に固定したケーブル部で挟み込み、被測定サンプルを引張り試験機にて引張速度 100 mm / 分で引抜いたときの引抜力を測定し、(1)式より摩擦係数を求めた。

$$\mu = \frac{F_T}{F_0} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $\mu$ は摩擦係数、 $F_T$ は引抜力、 $F_0$ は法線方向の荷重(おもりと固定盤の質量)である。

配合、および従来の光ドロップケーブルに使用しているノンハロゲン難燃外被材を用いて図3の8心光ドロップケーブルを試作し、摩擦係数を測定した。結果を図5に示す。グラフの数値は、従来品を1としたときの相対値を示している。配合が最も摩擦係数が低く、従来の光ドロップケーブルの1/3以下の摩擦係数であった。

2. 2. 2 耐摩耗性の評価方法および評価結果

耐摩耗性の評価として、JIS C3005 4.29「摩耗」により摩耗量の測定を行った。試験方法および試験条件を図6に示す。

図7に試作した8心光ドロップケーブルの摩耗特性を示す。試験は、支持線部を切り離れたケーブル部のみを試験機にセットし、摩耗円盤の回転数が1,000回後、2,000回後の摩耗量を測定した。従来のノンハロゲン難燃外被材は、1,000回以下でテンションメンバ(FRP)が露出し、1,000回における摩耗量は0.75 mm以上と推定される。今回、新たに検討した外被材は、従来の光ドロップケーブルと比較して、いずれも優れた耐摩耗性を有していることが確認された。配合の摩耗量が最も少なく、2,000回における摩耗量は、約0.25 mmであった。

2. 2. 3 低摩擦・耐摩耗性外被材料の長期信頼性

摩擦係数と耐摩耗性評価の結果、もっとも良好であった配合に対して、スーパーUVメータによる耐候性評価、酸、アルカリに対する耐薬品性、耐油性、および長期加熱老化試験を実施した。結果を表2に示す。いずれの評価においても、破断強度、破断伸びとも著しい低下は無く、良好な特性を有していることを確認した。

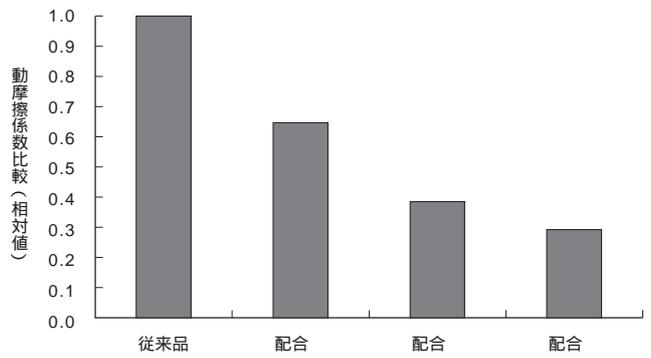


図5 摩擦係数測定結果

Fig. 5. Friction coefficient.

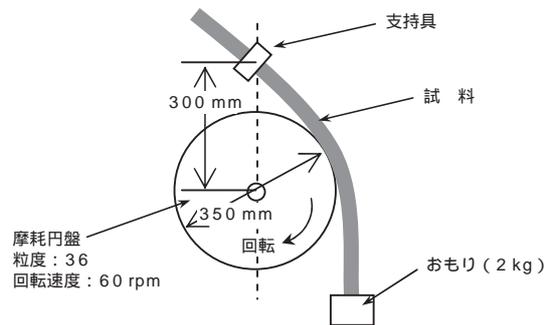


図6 摩耗試験

Fig. 6. Abrasion resistant test.

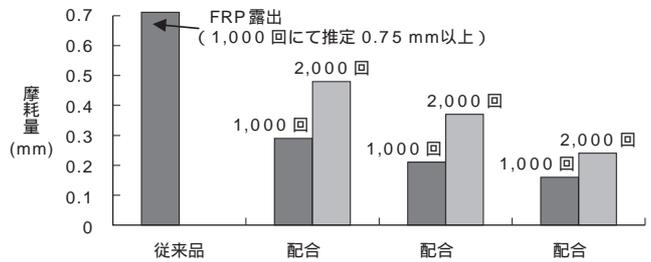


図7 摩耗試験結果

Fig. 7. Abrasion property of trial cable.

表2 低摩擦・耐摩耗外被材長期信頼性  
Table 2. Reliability test results of the low friction and abrasion resistant sheath.

項目	条件	評価結果	
		破断強度 (残率)	破断伸び (残率)
耐候性	SUV 20年相当加速劣化後	75%以上	85%以上
長期加熱老化	100 × 60日	70%以上	80%以上
耐油性	2号絶縁油 50 × 50日浸漬	90%以上	90%以上
耐薬品性	HCl (10%溶液) 50 × 50日浸漬	85%以上	85%以上
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (10%溶液) 50 × 50日浸漬	85%以上	85%以上
	NaOH (3%溶液) 50 × 50日浸漬	85%以上	85%以上

2.3 試作ケーブルの特性評価結果

外被材料の検討結果から、配合を用いて、図2および図3の光ドロップケーブルを試作し、伝送特性、機械特性などの諸特性を確認した。結果を図8、9および表3に示す。全ての評価において、良好な特性であることを確認した。

2.4 低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルまとめ

低摩擦、かつ耐摩耗性に優れた新規外被材を採用する

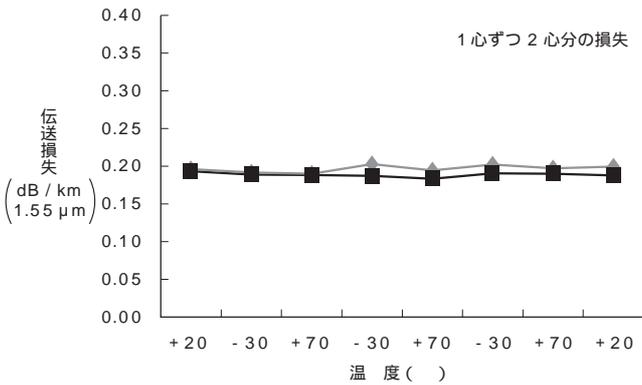


図8 低摩擦・耐摩耗2心光ドロップケーブル損失温度特性  
Fig. 8. Transmission attenuation of 2-fiber low friction and abrasion resistant drop cable.

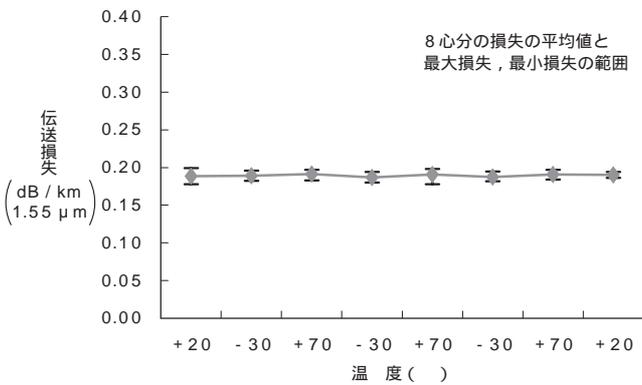


図9 低摩擦・耐摩耗8心光ドロップケーブル損失温度特性  
Fig. 9. Transmission attenuation of 8-fiber low friction and abrasion resistant drop cable.

表3 低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルの特性評価結果  
Table 3. Characteristics of trial low friction and abrasion resistant optical drop cables.

項目	条件	2心ドロップ	8心ドロップ
伝送損失	1.31 μm	0.35 dB/km以下	0.35 dB/km以下
	1.55 μm	0.25 dB/km以下	0.25 dB/km以下
曲げ	2心 : R = 15 mm 8心 : R = 30 mm	0.01 dB以下	0.01 dB以下
側圧	1,200 N / 25 mm	0.01 dB以下	0.01 dB以下
衝撃	0.3 kg × 1 m	0.01 dB以下	0.01 dB以下
捻回	± 90° / m	0.01 dB以下	0.01 dB以下
しごき	700 N R = 250 mm 90°	0.01 dB以下	0.01 dB以下
耐燃性	JIS C3005 傾斜	自己消火	自己消火

ことにより、従来のケーブルに比べて、摩擦係数を1/3以下、摩耗量も1/3以下に低減し、多条布設および管路通線に適した光ドロップケーブルを開発した。

3. 超低摩擦光インドアケーブル

3.1 超低摩擦光インドアケーブルの構造

加入者宅内で使用される光インドアケーブルは、居室内に露出配線されるほか、壁内などの隠蔽配線部では合成樹脂可とう電線管内に通線されることが多い。一般的には内径16mm程度のCD管やPF管が電線管に使用されている。これらの電線管に曲がりが多い場合などには、電線管と光インドアケーブルの摩擦により布設張力が増加する。光インドアケーブルは、支持線部を持たないため光ドロップケーブルに比べて許容張力が低い。このため、電線管の布設状況によっては、潤滑剤をケーブル外被に塗布するなど慎重に通線作業を行う必要があった。そこで、光インドアケーブルの外被の摩擦係数を極力小さくすることで、電線管への通線作業性を大幅に向上させることを目的とし、超低摩擦型の光インドアケーブルを開発した。開発ケーブルは、加入者宅内で一般的に使用される1心光インドアケーブルおよび集合住宅内に使用される多心型のインドアケーブルである8心光インドアケーブルの2種類とした。これらの構造を図10、11に示す。いずれも、光ファイバ心線にFutureGuide SR15™心線を採用し、テンションメンバには0.4mm鋼線を使用した。

3.2 超低摩擦光インドアケーブル外被材料の検討

従来の光インドアケーブルの外被材として用いている

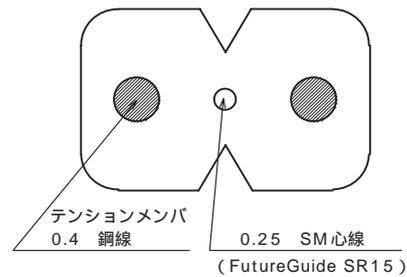


図10 超低摩擦1心光インドアケーブル構造図  
Fig. 10. Structure of 1-fiber optical indoor cable.

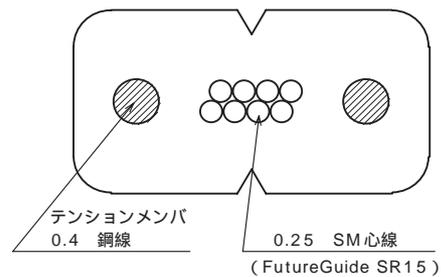


図11 超低摩擦8心光インドアケーブル構造図  
Fig. 11. Structure of 8-fiber optical indoor cable.

ノンハロゲン難燃外被材に、表4に示すように、3種類の滑剤を添加して低摩擦化をはかった。これらの配合を用いてケーブルサンプルを作成し、JIS K7125「プラスチック フィルムおよびシート 摩擦係数試験方法」に準拠して摩擦係数を測定した。試験方法を図12に示す。試験は、電線管との摩擦を模擬するため、硬質塩化ビニルパイプを開いてプレスした表面が平滑なシートを基準面とした。測定結果を図13に示す。いずれも滑剤を添加することにより摩擦係数が低減し、配合 および配合 は、従来の外被材料に比べて摩擦係数が約1/2となった。これに対して配合 は従来の1/5以下と大幅に摩擦係数が低減する結果が得られた。

3.3 試作ケーブルの評価結果

3.3.1 試作ケーブルの摩擦係数

図14に示す方法で、内径16mmのCD管と配合 を用いた試作ケーブルの摩擦係数を測定した。CD管には、曲がり部の通線性を評価するため、300mm×1ターンの曲がりを入れた。摩擦係数は、被測定サンプルを引張り試験機にて一定速度で引抜いたときの引抜力を測定し、

表4 超低摩擦光インドアケーブル外被材料の検討  
Table 4. Super low friction sheath material for trial cable.

配合番号	ベースポリマ	難燃剤	低摩擦化添加剤
配合	エチレン共重合体	ノンハロゲン系難燃剤	滑剤A
配合	エチレン共重合体	ノンハロゲン系難燃剤	滑剤B
配合	エチレン共重合体	ノンハロゲン系難燃剤	滑剤C

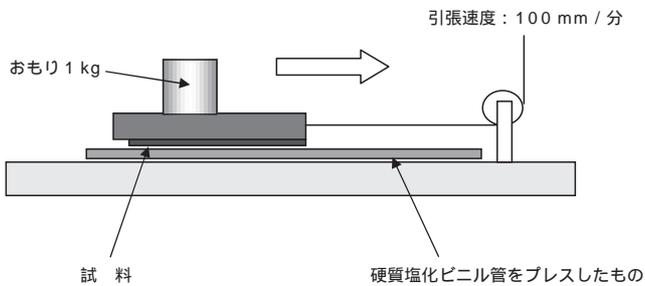


図12 摩擦係数測定

Fig. 12. Method of friction coefficient measurement.

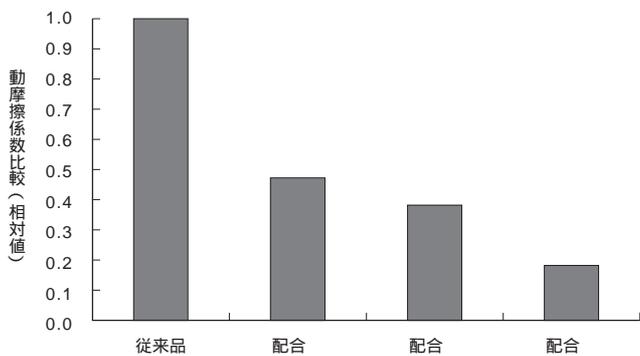


図13 摩擦係数測定結果  
Fig. 13. Friction coefficient.

(2) 式より求めた。

$$\mu = \frac{1}{2} \cdot \log_e \left( \frac{F_t}{F_b} \right) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $n$  = ターン数 × 2,  $F_t$  = 引抜力,  $F_b$  = おもり質量である。

結果を図15および図16に示す。摩擦係数で従来比約1/7、引抜力で従来比1/10以下と摩擦が大幅に低減することが確認された。

3.3.2 試作ケーブルの特性評価結果

配合 を用いて図10、図11に示す1心光インドアケーブルと8心光インドアケーブルを試作した。試作ケーブルの特性評価結果を表5に示す。伝送損失、機械特性、耐燃焼性とも良好な特性を有していることを確認した。

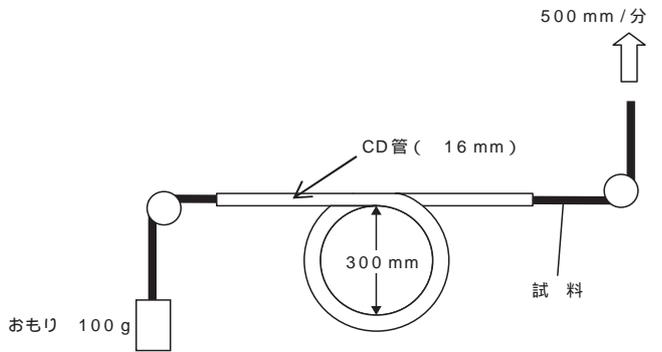


図14 摩擦係数(対CD管)測定方法

Fig. 14. Method of friction coefficient between cable sheath and conduit.

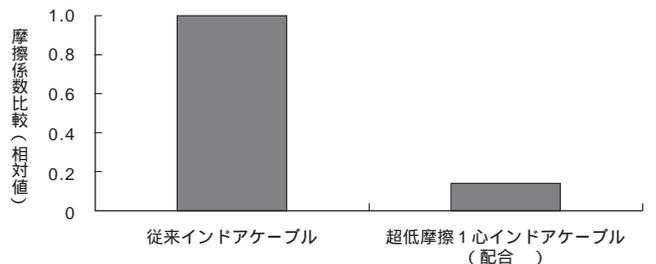


図15 摩擦係数比較(16mmCD管 300mm×1ターン)  
Fig. 15. Friction coefficient.

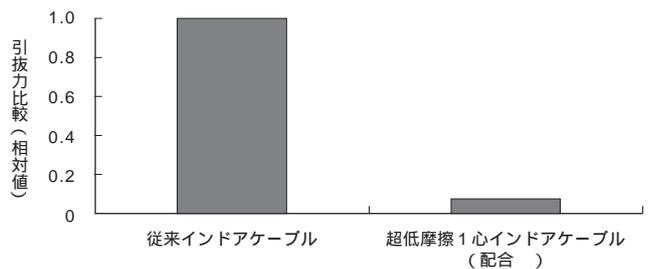


図16 引抜力比較(16mmCD管 300mm×1ターン)  
Fig. 16. Pulling tension.

表5 超低摩擦光インドアケーブルの特性評価結果  
Table 5. Characteristics of super low friction optical indoor cables.

項目	条件	1心インドアケーブル	8心インドアケーブル
伝送損失	1.31 $\mu\text{m}$	0.35 dB / km 以下	0.35 dB / km 以下
	1.55 $\mu\text{m}$	0.25 dB / km 以下	0.25 dB / km 以下
損失温度変動	- 10 / + 60 $\times$ 3 サイクル, 1.55 $\mu\text{m}$	0.02 dB / km 以下	0.02 dB / km 以下
曲げ	1心: R = 15 mm, 8心: R = 30 mm	0.01 dB 以下	0.01 dB 以下
側圧	1,200 N / 25 mm	0.01 dB 以下	0.01 dB 以下
衝撃	0.3 kg $\times$ 1 m	0.01 dB 以下	0.01 dB 以下
捻回	$\pm$ 90 $^\circ$ / m	0.01 dB 以下	0.01 dB 以下
耐燃性	JIS C3005 傾斜	自己消火	自己消火

### 3.4 超低摩擦光インドアケーブルまとめ

新規添加剤を従来のノンハロゲン難燃シース材に配合することで低摩擦化の検討を行った結果、滑剤Cを配合することにより、従来のケーブルの1/5以下の摩擦係数を達成した。この配合を用いて、16mmCD管との摩擦係数が従来比1/7以下、引抜力が従来比1/10以下を実現した超低摩擦光インドアケーブルを開発した。これにより、光インドアケーブルをCD管などの電線管に通線するときの布設張力を大幅に低減することが可能となった。

### 4. むすび

布設作業性の向上を目的とし、低摩擦・耐摩耗光ドロップケーブルおよび超低摩擦光インドアケーブルを開発した。これらの開発ケーブルの外被は、それぞれ、低摩擦

かつ耐摩耗性に優れた高強度外被、非常に小さい摩擦係数を実現した超低摩擦外被という特長を有している。今後ともこれらの特長を有効活用した製品バリエーションを増やし、FTTHなどの光通信網の構築に貢献していきたい。

### 参考文献

- 1) 低摩擦・耐摩耗ドロップケーブル, フジクラニュース, No.309, Apr. 2007
- 2) 池田ほか: 接続損失を低減した低曲げ損失光ファイバ, フジクラ技報, 第105号, pp.6-10, 2003
- 3) FTTH用次世代型光ファイバを開発, フジクラニュース, No.268, Nov. 2003