

# ノンメタリック架空配線光ケーブル

エネルギー・情報通信カンパニー 光ケーブルシステム事業部 多木 剛<sup>1</sup>・鯉江 彰<sup>2</sup>  
大里 健<sup>3</sup>

## Non-metallic Aerial Distribution Optical Cables for FTTH Networks

G. Taki, A. Namazue, and K. Osato

Fiber To The Home (FTTH) 網を経済的かつ効率的に構築する一つの方法として、電力柱に光ケーブルを架空布設することが知られている。今回、電力ケーブルに近接・平行した架空布設が可能となるノンメタリック材料のみで構成された光ケーブルを用いた架空FTTHソリューションを提案する。

今回、われわれは中間後分岐性に優れたノンメタリック高密度架空配線光ケーブルと、現場組立光コネクタ整合性のあるノンメタリックドロップ光ケーブルを開発した。また、ノンメタリック高密度架空配線光ケーブルは 48 心までの多心化を実現した。本稿では、これらのノンメタリック光ケーブルについて紹介する。

One of the common practices to construct economical and efficient FTTH networks is to share “electric poles” with optical fiber networks. For safe deployment of optical cable close to power lines and lightning strike prevention, we have proposed the non-metallic FTTH networks solution.

We have developed non-metallic self-supporting high-density aerial distribution optical cables. The cables are comprised of all dielectric materials. The developed cables allow simple and easy mid-span access operation in a short time. We have developed the lineup to 48-fiber optical cable. Moreover, as the drop cable, we have developed non-metallic drop cables for lead-in wiring without connecting the ground. This paper presents the details of these non-metallic optical cables.

### 1. ま え が き

スマートフォンの普及やクラウドサービスの活用により、日本のみならず世界各国でデータ通信量が增大している。また、光ファイバを各家庭まで引き込むFiber To The Home (FTTH) が世界中で爆発的に拡大している。このような状況から、光ファイバ通信網をより経済的かつ、効率的に構築することが求められている。

近年、間欠接着型テープ心線 “Spider Web Ribbon” (SWR) の開発により、光ケーブルの大幅な細径・軽量化が実現されている<sup>1)</sup>。架空配線光ケーブルにおいても、SWRを実装した 24 心高密度架空配線光ケーブルが開発されている<sup>2)</sup>。このケーブルは、ケーブル布設後にケーブルの中間部分において通信線路を分岐する作業性（中間後分岐性）に優れているという特徴を有しており、世界中の架空FTTH網拡大に大きく貢献している。また、この高密度架空配線光ケーブルにおいても、更なる多心化が求められている。

一方、初期の設備投資の抑制のため、既存の電力柱に光ケーブルを架空布設する手法が世界中で実施されている。しかしながら、支持線や抗張力体に鋼線を用いた光ケーブルを架空布設する場合、布設作業時に支持線や抗張力体をアースに落とす作業が必要となる。

今回、われわれは電力柱への共架を目的としたノンメタリック光ケーブルを用いた架空FTTHソリューションを提案する。その布設形態を図 1 に示す。架空配線光ケ

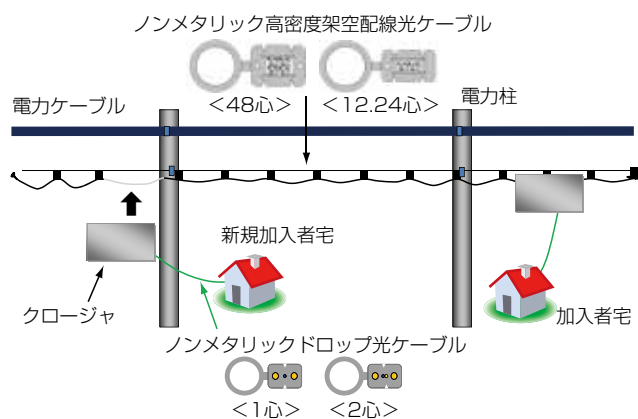


図1 ノンメタリック架空FTTHの配線例  
Fig. 1. Non-metallic aerial FTTH wiring.

1 光ケーブル開発部  
2 光ケーブル開発部グループ長  
3 光ケーブル開発部部長

ケーブルとして、24心高密度架空配線光ケーブル<sup>2)</sup>をベースとしたノンメタリック高密度架空配線光ケーブルを開発した。従来、金属材料を用いていた支持線と抗張力体にはガラス-FRPを適用した構造であり、電力柱間布設や落雷事後防止を可能とし、また、アース取り作業も不要としている。配線網を効率的に構築することを目的として、多心化を検討し、12、24、48心のラインナップを実現した<sup>3)</sup>。さらに、ドロップ光ケーブルとして、支持線にガラス-FRPを適用したノンメタリック1、2心ドロップ光ケーブルを開発した<sup>3)</sup>。

本稿では、これらのノンメタリック光ケーブルに関して紹介する。

## 2. ノンメタリック高密度架空配線光ケーブル

### 2.1 SWR<sup>1)</sup>

開発したケーブルにはSWRを実装している。このSWRは各光ファイバ心線間を長手方向に間欠的に接着した構造となっている。この構造により、SWRはケーブル内で容易に形状を変えることができるため、伝送損失の増加や光ファイバ心線が大きな歪を受けることなく、ケーブル内に高密度に実装することが可能である。SWRの構造図と特徴の概念図を図2に示す。

SWRはテープ心線と単心の特徴を有していることから、既存の接続機器・方法を用いたテープ心線の一括融着接続が可能でありながら、任意の光ファイバ心線を単心に分離し、取り出すことも可能である。海外の一般的な心数単位は12心であることから、開発したケーブルに適用するSWRの心数は12心とした。これにより、海外で広く普及している一体型12心テープ心線と一括融

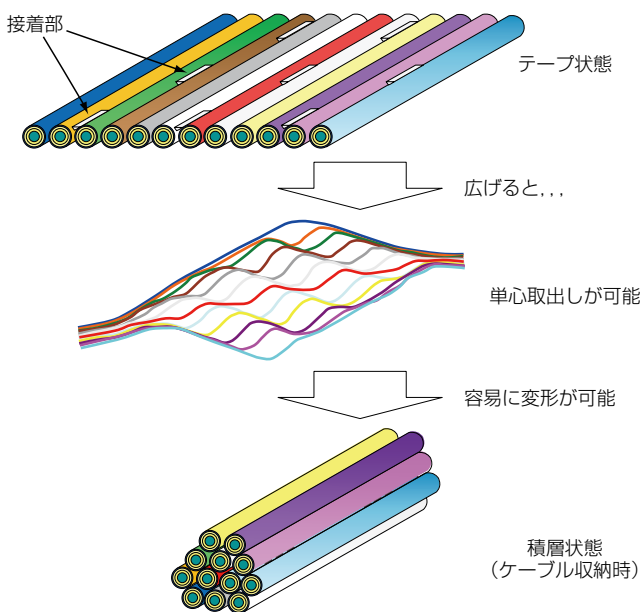


図2 12心SWRの構造と特徴  
Fig. 2. Structure and feature of SWR.

着することが可能である。12心SWRを一括融着接続している様子を図3(a)に、12心SWRを単心分離した様子を図3(b)に示す。

SWRには図4のようにテープ番号に対応したストライプ・リングマークを施している。これにより、複数枚の12心SWRを実装している光ケーブルにおいても、

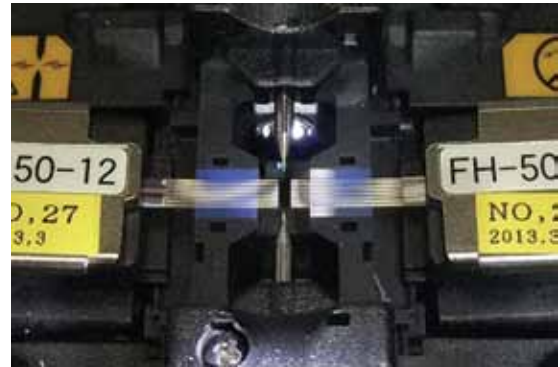


図3(a) 12心SWRの融着接続  
Fig. 3(a). Fusion splicing of SWR.

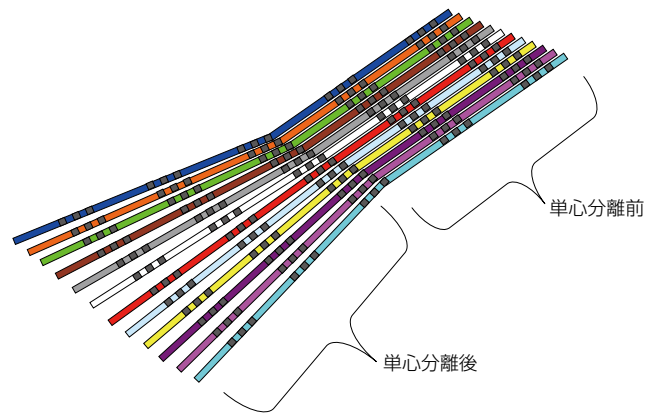


図3(b) 単心分離後のSWR  
Fig. 3(b). Split into single fibers of SWR.

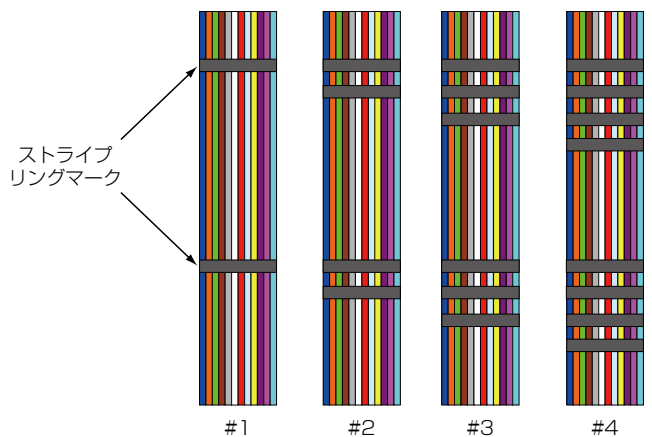


図4 ストライプ・リングマークの概略図  
Fig. 4. Schematic of stripe ring marking.

SWRを容易に識別することが可能である。また、単心光ファイバ心線にマーキングが施されているため、単心に分離した後の光ファイバ心線においても、テープ番号の識別が可能である。

2.2 ケーブル構造

開発したケーブルはSWRをプラスチックテープで覆い、その周囲にセパレータを配置し、支持線と抗張力体を外被で一括被覆した構造としている。開発したケーブルの断面図を図5に示す。支持線と抗張力体には絶縁体であるガラス-FRPを適用している。これにより、電力柱間布設、雷害事故防止が可能となり、また、アース取り作業も不要となる。

支持線部とケーブル部は間欠的に一体化されており、ケーブル部は支持線部より長く、弛みが付いている構造としている。この構造は、風圧荷重印加時に光ファイバ

心線の歪が増加することを抑制し、ギャロッピング振動抑制にも効果的である。この弛み付き構造を図6に示す。

12, 24 心のケーブル部は、図5(a)に示した既存の24心高密度架空配線光ケーブル<sup>2)</sup>の外径寸法と同一設計としているため、既存の外被分割工具や周辺部材を用いることが可能である。48心のケーブル部は、ケーブル部長径は同一設計のまま、ケーブル部短径を適正化し、48心の光ファイバ心線を実装できる設計としている。これにより、24心構造と48心構造の投影面積(風を受ける面積)が同じになるため、多心化することによる風圧荷重の増加を抑制することができる。

支持線径は風圧荷重や着水を考慮した設計としており、支持線に鋼線を適用した従来の高密度架空配線光ケーブルと同等の信頼性を有している。

開発したケーブルの外径・質量を表1に示す。

2.3 中間後分岐性

開発したケーブルは、ケーブルの中間部において、分岐光ケーブルやドロップ光ケーブルと接続する中間後分岐性に優れた特徴を有している。この特徴は、開発したケーブルが「任意の場所でクロージャの取り付けが可能なこと」、「ケーブル部から容易にSWRを取り出せること」、「SWRが一括融着接続と単心分離が可能なこと」の3つの機能を有しているためである。この3つの機能について紹介する。

ルースチューブケーブルなどの一般的な光ケーブルを架空布設する場合は、中間後分岐用の作業余長として、電柱付近にあらかじめケーブルを輪取り(ケーブルループ)している。一般的なルースチューブケーブルの配線例を図7に示す。これに対して、開発したケーブルでは、支持線部とケーブル部が間欠的に一体化されていることから、ケーブル中間部においても支持線部とケーブル部の分離が容易であり、また、ケーブル部は支持線部

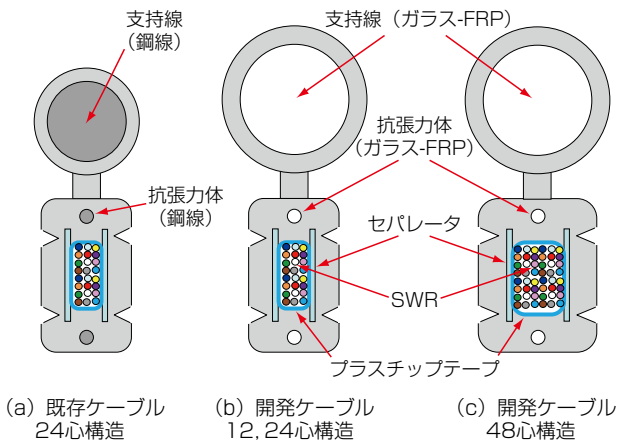


図5 高密度架空配線光ケーブルの断面図  
Fig. 5. Cross section views of high-density aerial distribution optical cables.

表1 高密度架空配線光ケーブルの外径と質量

Table 1. Weight and dimension of high-density aerial distribution optical cables.

	既存ケーブル 24 心構造	開発ケーブル 24 心構造	開発ケーブル 48 心構造
ケーブル質量	68 kg/km	65 kg/km	72 kg/km
ケーブル部外径	3.5×5.5 mm	3.5×5.5 mm	5.0×5.5 mm

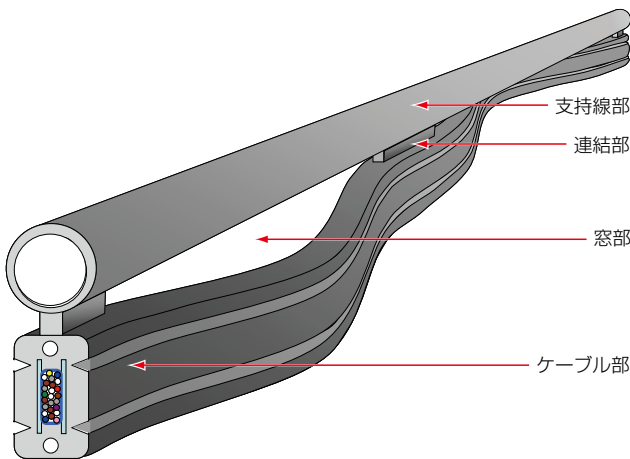


図6 弛み付き構造図  
Fig. 6. Structure of self-supporting with window optical cable.

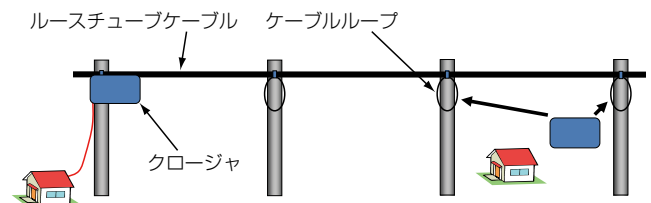


図7 ルースチューブケーブルの配線例  
Fig. 7. Wiring of loose tube optical cable.

より長いことから、クロージャを取付けるために必要なケーブル部の長さを確保することができる。このため、ケーブルループを設けずに、ケーブル布設後において、任意の場所でクロージャの取り付けが可能である。この概念図を図8に示す。

開発したケーブルのケーブル部は、上下2箇所のノッチとセパレータを有する平型構造としている。ケーブル部のノッチにあわせた位置に刃を設けた簡易外被分割工具をケーブルの長手方向にスライドさせることで、個人の力量による差がなく、ワンアクションで外被を四つに分割することができ、ケーブル部からSWRを容易に取出すことが可能である。支持線部の分離作業からSWRを取出すまでの作業の手順を表2に示す。

SWRは、項目2.1に記載した通り、一括融着接続や任意の光ファイバ心線を単心に分離することが可能なため、分岐光ケーブルやドロップ光ケーブルの光ファイバ心線との接続作業性に優れている。

2.4 ケーブル把持

電力柱にケーブルを把持する方法について、支持線に鋼線を適用した既存ケーブルでは、支持線部の外被を剥ぎ、露出した鋼線をC型差込式引留金物に挿入する方法を採用している。この様子を図9(a)に示す。これに対して、開発したケーブルでは、巻付グリップを支持線部外被上から取付ける方法を採用した。これにより、把持部材取付時にガラス-FRPが座屈することやガラス-FRPの表面に傷が付くことを防ぐことができる。また、端末での外被を剥ぐ作業やアース取りをする作業の必要がなく、作業性にも優れている。

さらに、巻付グリップの寸法・グリップ長・構成する鋼線本数を最適化した設計とすることにより、十分なケーブル把持力と容易な取付け作業性を実現している。

開発したケーブルに巻付グリップを取付けた様子を図9(b)に示す。

表2 中間後分岐手順  
Table 2. Procedure of mid-span access operation.

手順	概念図	写真
支持線部分離		
外被分割		
外被除去		
光ファイバ心線取出		

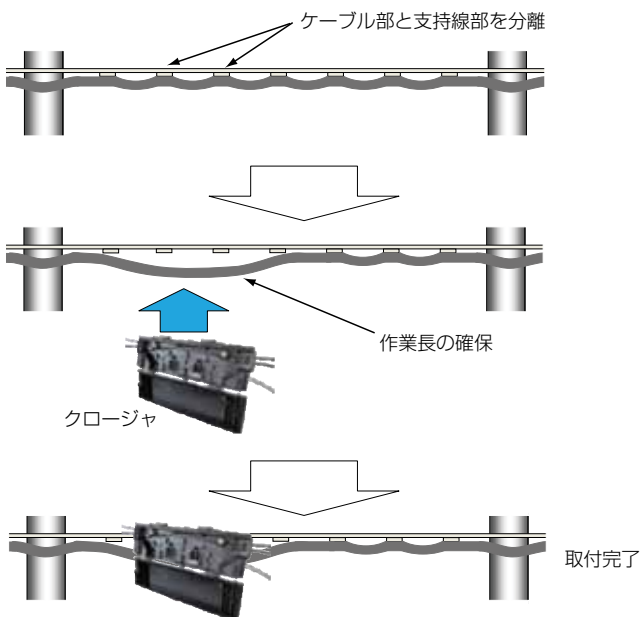


図8 弛み付きケーブルにクロージャを取付ける作業の概略図

Fig. 8. Schematic of installing closure of self-supporting with window optical cable.

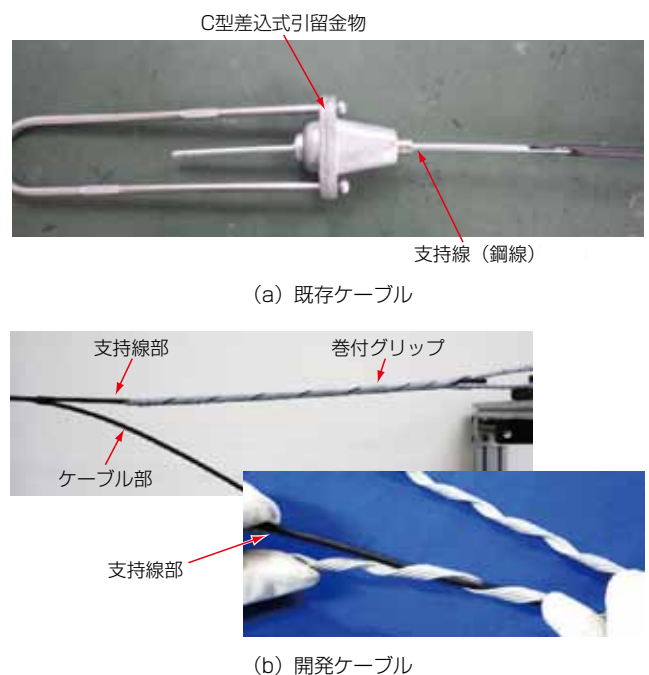


図9 ケーブル把持方法  
Fig. 9. Cable fixing method.

### 3. ノンメタリックドロップ光ケーブル

開発したケーブルは支持線と抗張力体と光ファイバ心線を難燃外被で一括被覆した構造としている。開発したケーブルの断面図を図 10 に示す。ケーブル構成材料に金属は使用しておらず、支持線にはガラス-FRPを、抗張力体にはアラミド-FRPを適用している。

ケーブル部は既存ドロップ光ケーブル<sup>4)</sup>の外径寸法と同一設計としており、既存の外被分割工具、光クロージャ、現場組立光コネクタを用いることが可能である。

電力柱にケーブルを把持する方法については、ノンメタリック高密度架空配線光ケーブルと同様に、本ケーブル用に設計した巻付グリップを支持線部外被上から取付ける方法を採用した。

開発したケーブルの外径・質量を表 3 に示す。

### 4. 開発ケーブルの評価

#### 4.1 ケーブルの伝送・機械特性

開発したノンメタリック高密度架空配線光ケーブルの特性評価結果を表 4 に、ノンメタリックドロップ光ケーブルの特性評価結果を表 5 に示す。各項目において、良好な特性を有していることを確認した。

#### 4.2 中間後分岐性

ノンメタリック高密度架空配線光ケーブルの特徴である中間後分岐性について、実環境での作業を想定し、-10℃～+40℃の温度範囲で検証を行った。-10℃と+40℃の支持線切離しからSWR取出しまでの作業時間を測定した。結果を表 6 に示す。環境温度に作業時間が依存することなく、また、多心化した 48 心構造において、短時間での作業が可能であり、良好な中間後分岐性を有していることを確認した。

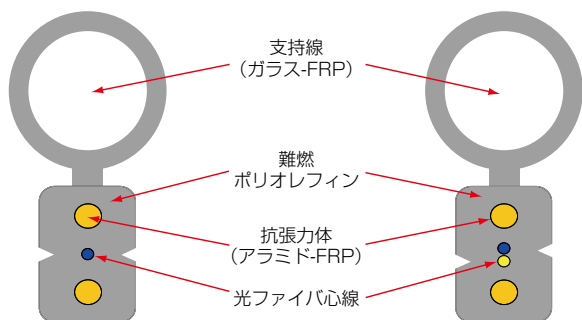


図 10 ノンメタリックドロップ光ケーブルの断面図  
Fig. 10. Cross section views of non-metallic drop optical cables.

表 3 ドロップ光ケーブルの外径と質量

Table 3. Weight and dimension of drop optical cables.

	既存ケーブル	開発ケーブル
ケーブル質量	19 kg/km	23 kg/km
ケーブル部外径	2.0×3.1 mm	2.0×3.1 mm

を測定した。結果を表 6 に示す。環境温度に作業時間が依存することなく、また、多心化した 48 心構造において、短時間での作業が可能であり、良好な中間後分岐性を有していることを確認した。

表 4 ノンメタリック高密度架空配線光ケーブル (12, 24, 48心) の特性評価結果

Table 4. The characteristics of non-metallic high-density aerial distribution optical cables.

	条件	評価結果
伝送特性	波長 1310 nm	≤ 0.40 dB/km
	波長 1550 nm	≤ 0.25 dB/km
側圧特性*	IEC 60794-1 Crush 1960 N / 100 mm	≤ 0.05 dB
衝撃特性*	IEC 60794-1 Impact 3 J	≤ 0.05 dB
曲げ特性*	IEC 60794-1 Repeated bending 曲げ半径 100 mm 25 cyc	≤ 0.05 dB
捻回特性*	IEC 60794-1 Torsion ±90° / 1 m	≤ 0.05 dB
温度特性*	IEC 60794-1 Temperature cycling -30/+70℃ 2 cyc	≤ 0.10 dB/km

\*測定波長：1550 nm

表 5 ノンメタリックドロップ光ケーブル (1, 2心) の特性評価結果

Table 5. The characteristics of non-metallic drop optical cables.

	条件	評価結果
伝送特性	波長 1310 nm	≤ 0.40 dB/km
	波長 1550 nm	≤ 0.25 dB/km
側圧特性*	IEC 60794-1 Crush 1960 N / 100 mm	≤ 0.05 dB
衝撃特性*	IEC 60794-1 Impact 3 J	≤ 0.05 dB
曲げ特性*	IEC 60794-1 Repeated bending 曲げ半径 180 mm 300 cyc	≤ 0.05 dB
捻回特性*	IEC 60794-1 Torsion ±90° / 1 m	≤ 0.05 dB
温度特性*	IEC 60794-1 Temperature cycling -30 ~ +70℃ 2 cyc	≤ 0.05 dB/km

\*測定波長：1550 nm

表 6 ノンメタリック高密度架空配線光ケーブル (12, 24, 48心) の作業時間

Table 6. The mid span access operation time of non-metallic high-density aerial distribution optical cables.

	評価結果
-10℃	< 60 sec
+40℃	< 60 sec

### 4.3 ケーブル把持特性

支持線部の外被上から巻付グリップでケーブルを把持する方法を今回、初めて採用した。信頼性の観点から、夏・冬、雨、振動などの使用される環境を想定し、様々な条件で試験を実施した。試験は、支持線部の外被上から巻付グリップを取付けたサンプルについて、風圧荷重計算から算出した許容張力を一定時間印加し、巻付けグリップと支持線部間での滑りの有無を確認した。試験条件と結果を表7に示す。いずれの条件においても、支持線部と巻付グリップ間で滑ることや、支持線が破断することはない、良好な特性を有していることを確認した。

## 5. むすび

すべてノンメタリック材料で構成された高密度架空配線光ケーブルとドロップ光ケーブルを開発した。ノンメタリック高密度架空配線光ケーブルは中間後分岐性に優れる特徴を有している。

開発したケーブルで構成された架空FTTHソリューションにより、既存の電力柱を利用したFTTH網を構築することが可能となる。これにより、多くの国・地域において、光ケーブルの布設コスト削減に大きく貢献することができると思われる。

表7 ケーブル把持環境試験結果  
Table 7. Cable fixing test conditions and results.

	試験条件	ノンメタリック 高密度架空配線 光ケーブル	ノンメタリック ドロップ 光ケーブル
高温	+70℃環境	スリップ無し 断線無し	スリップ無し 断線無し
低温	-30℃環境	スリップ無し 断線無し	スリップ無し 断線無し
長期信頼性試験 (高温・高湿)	85℃ 85% 1か月後	スリップ無し 断線無し	スリップ無し 断線無し
長期信頼性試験 (振動試験)	周波数 10 Hz 振幅 10 mm / 1 m 振動数 $1 \times 10^6$ 回	スリップ無し 断線無し	スリップ無し 断線無し

## 参考文献

- 1) 伊佐地ほか：「12心SWR高密度実装ラッピングチューブケーブル」, フジクラ技報, 第127号, pp.18-21, 2014
- 2) 福手ほか：「ルーラルエリア向け高密度架空配線光ケーブル」, フジクラ技報, 第126号, pp.44-47, 2014
- 3) Taki, et. al: "Non-metallic self-supporting 48-Fiber high-density aerial distribution optical cable" 65<sup>th</sup> IWCS, pp.610-614, 2016
- 4) 伊藤ほか：「クマゼミ対策ドロップ光ケーブルの開発」, 信学技報, OFT2010-36, pp.39-44, 2010