

間欠テープ心線を用いた多心マイクロダクト光ケーブル

Ultra-High-Density Microduct Optic Cable with Freeform Ribbons for Air-Blown Installation

鈴木 洋平^{*}
Yohei Suzuki

木村 豊明
Toyoaki Kimurai

佐藤 文昭
Fumiaki Sato

高橋 健
Ken Takahashi

乗杉 優司
Yuji Norisugi

平間 隆郎
Takao Hirama

データセンタなど光ファイバネットワークの拡張が世界的に進められる中、光ケーブルの柔軟かつ効率的な布設を可能とするテープ心線型マイクロダクト光ケーブルが開発され、実用化され始めている。この度、ケーブルの実装心数を96心から864心まで幅広く開発すると共に、施工時間の削減を目的として屋内外兼用の難燃外皮構造も開発したので本稿にて報告する。開発したケーブル構造としては、間欠12心テープ心線を用いて一括融着接続性と自身の柔軟性を活かした高密度収納を両立させ、細径かつ軽量のケーブル構造を実現できた。また、空気圧送特性を向上させるために、低摩擦外皮を採用した。これらの新開発マイクロダクト光ケーブルは、顧客のネットワーク配線方式を考慮した様々な布設環境に適用でき、従来と比較し効率的で柔軟なネットワークの構築が実現できる。

This paper describes newly designed ultra-high-density (UHD) microduct optic cables that are installed into microducts using air-blown technique in order to efficiently build optical transmission capacity in data centers and other facilities. Our microduct cables range from 96-fiber to 864-fiber cables, including 288-fiber cable with flame retardant properties. The UHD microduct cables employ Freeform Ribbon, in which fibers meet and split out repetitively in longitudinal and transverse directions, allowing high fiber density and efficient fusion splicing. In order to enhance the cable-blowing performance, we choose a thin and lightweight cable design with low friction jacket material. These microduct fiber optic cables can be used in various environments, contributing to the efficient and flexible network designs suited to data centers and other customer needs.

キーワード：間欠12心テープ、多心、空気圧送、マイクロダクト、屋内外兼用

1. 緒 言

欧州、北米等の光ケーブル網の整備においては、一度管路（マイクロダクト）を布設すれば追加の道路工事などなく追い張り布設ができ、経済的なネットワーク構築が可能となるマイクロダクト光ケーブルが普及している。一方、近年クラウドコンピューティングや動画配信、5G対応等の進展により通信トラフィックは急増し、ダクト内スペースの物理的な制約からマイクロダクト光ケーブルの多心高密度化のニーズが高まっている。ダクト内に高圧圧縮空気を送り込みながらケーブルを押し込む布設方法（空気圧送工法、**図1**並びに**図2**）を用いるため、このケーブルには細径軽量かつ外皮の低摩擦性、押し込む際に座屈しない適度な剛性を有していることが求められる。今回、上記の空気圧送工法に対応しつつ、これまでの単心型光ケーブルよりも接続コスト低減を可能とした間欠テープ心線型マイクロダクト光ケーブル（96心から864心迄）を開発した。また、屋外と屋内のどちらの環境にも適用でき、屋外から建屋内へ接続点を設けずに布設することで施工費用の抑制が可能な難燃外皮を用いた屋内外兼用マイクロダクト光ケーブルも開発したので併せて報告する。

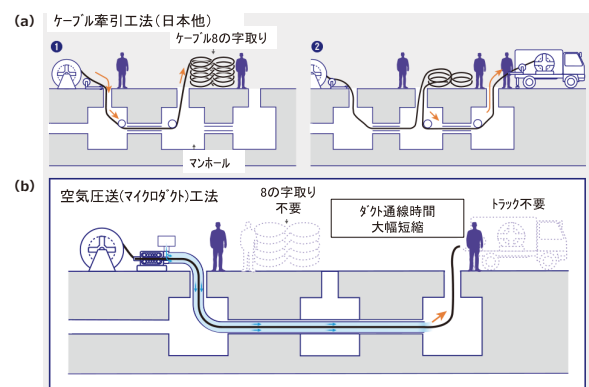


図1 ケーブル牽引工法と空気圧送工法の比較

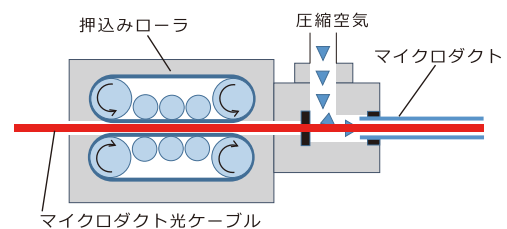


図2 空気圧送装置の模式図

2. 構造

2-1 間欠テープ設計

開発した光ケーブルでは、図3 (a) 並びに (b) に示される間欠テープを採用した⁽¹⁾。テープの心数は、海外で主流の12心としている。間欠テープは柔軟性と一括融着接続性を両立するため、ファイバ2心毎に長手方向に間欠的にスリットが入っており、スリット部と非スリット部の比率及びピッチを最適化することで、両特性を満たすテープとなっている。テープ表面には図4のような棒状のマーキングを施しており、ケーブル内の複数枚のテープの中から任意のテープを識別することが可能である。また、適用する光ファイバは接続作業等での識別性、ハンドリング性に関わ

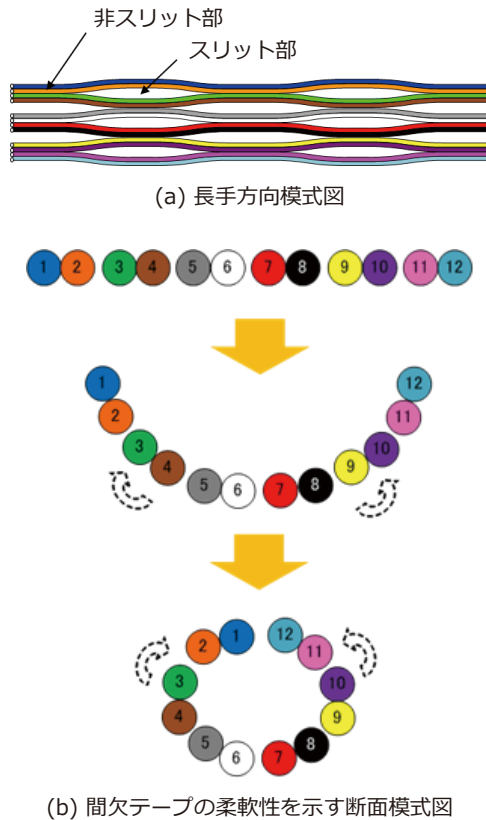


図3 12心間欠テープの模式図

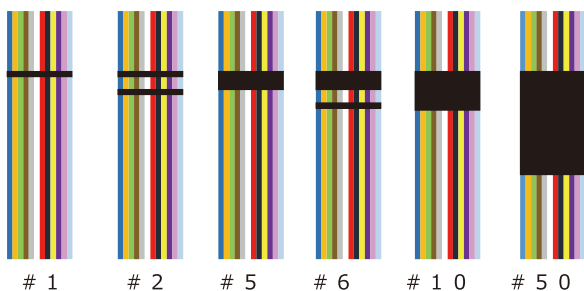


図4 テープ識別マーキング

る顧客嗜好、国際規格/エンドユーザー仕様への適合等の様々なニーズに応えられるよう200 μ mファイバと250 μ mファイバのそれぞれで光ケーブルを開発した。

2-2 光ケーブル構造

今回の光ケーブルの開発では、空気圧送特性に要求される細径、軽量を重視するためスロットレス構造(図5)を採用した⁽²⁾。ケーブルを押し込む際に必要とされる適度な剛性とダクト内の通線時の抵抗となる曲げ方向性を軽減するため、外被内に細径のテンションメンバ*1を分散配置した。外被材は、圧送特性を向上させるため低摩擦材を採用した。今回用いた低摩擦外被材は従来の汎用的な外被材と比較して、摩擦係数が約1/4まで低減している。また、屋内外兼用ケーブルには、建屋内に布設するケーブルに必要な難燃性を付与するために難燃外被材を適用した。一般的に難燃外被材は非晶領域が多く、弾性率が低くなることで、ケーブル剛性が低下する。そこで、従来の汎用的な難燃外被材と比べて弾性率が2倍以上高い外被材を適用した。

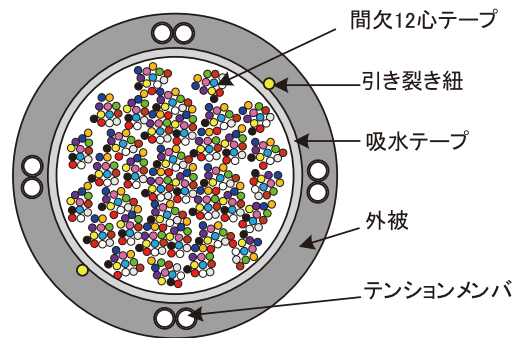


図5 マイクロダクト光ケーブルの断面模式図(例)

また、ケーブル構造の空気圧送特性への影響を確認するため、外径9.5mm~10.5mmのケーブルを用いて空気圧送布設を行い、その圧送距離の比較を行った。実験に使用した光ケーブルは200 μ mファイバを実装した432心ケーブルであり、そのケーブル外径とケーブル外被材、ケーブル剛性が異なる構造3種類を準備した(表1)。

表1 圧送特性評価用ケーブル構造一覧

	ケーブル外径 (mm)	外被材の動摩擦係数	ケーブル剛性 (Nm ²)
ケーブルA	9.5	0.1	0.7
ケーブルB	10.5	0.1	0.8
ケーブルC	10.5	0.2	0.5

これら3種類のケーブルを図6に示す1周500mを周回する圧送試験経路で圧送した。その結果を図7に示す。使用したマイクロダクトの内径は13mmである。

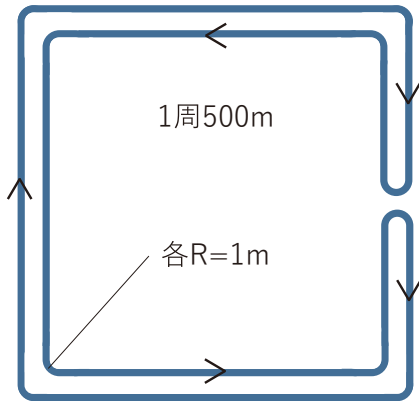


図6 圧送試験経路

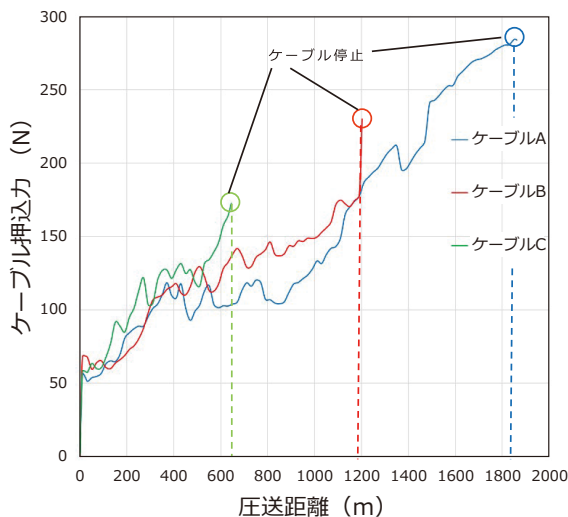


図7 空気圧送試験結果

ケーブルAが最も圧送距離を伸ばすことができ、ケーブルB、ケーブルCの順となる結果であった。マイクロダクト内径に対するケーブル外径の占有率が約73%となるケーブルAが十分な圧送能力を備えており、占有率が80%を超えるケーブルB並びにケーブルCは圧送距離が大幅に劣る結果であった。また、マイクロダクト内にケーブルを押し込むためには適度なケーブルの剛性が必要であり、加えて外被の表面の動摩擦係数も影響し、ケーブルBとケーブルCの比較においても圧送距離に約2倍の差が出る結果となった。以上のことから、外径占有率を低く抑えるために細径構造に仕上げると共に、適度な剛性と低摩擦を両立できる外被材を採用した。今回開発した96心から864心全て

のケーブルに対して同様の設計を提供している。

3. ケーブル特性

3-1 伝送特性、機械特性、空気圧送特性

開発した96心から864心光ケーブルの伝送特性、機械特性及び環境特性の評価結果を表2に示す。各種項目についてIEC規格に則って評価を行い、いずれの試験においても良好な特性を有していることを確認した。

表2 特性試験結果

項目	試験方法	試験結果
伝送損失	IEC60793-1-40 λ=1550nm	<0.30dB/km
損失温度変動	IEC60794-1-22-F1 -30~+70°C×2サイクル λ=1550nm	損失変動 <0.3dB/km
側圧特性	IEC60794-1-21-E3 1000N/100mm λ=1550nm	損失変動 <0.15dB ケーブル外観に 異常なし
耐衝撃特性	IEC60794-1-21-E4 2.5Nm、2回落下 λ=1550nm	
繰返し曲げ特性	IEC60794-1-21-E6 曲げ半径20D、25サイクル (Dはケーブル外径) λ=1550nm	
捻回特性	IEC60794-1-21-E7 引張強度100N、±180° λ=1550nm	
引張特性	IEC60794-1-21-E1 引張強度1334N	ファイバースクリーニング歪の60%以下

空気圧送試験結果を表3に示す。1周500mを周回する試験線路(図6)において、ダクト内空気圧14MPa以下、ケーブル押し込み力(Pushing Force)300N以下の条件で、屋外用ケーブルは1.5km以上、屋内外兼用ケーブルは1km以上の圧送が可能であることを確認した。

表3 圧送特性試験結果一覧

200μmファイバ実装

用途	屋外用					屋内外兼用
	96心	144心	192心	288心	432心	864心
心数	96心/144心	192心	288心	432心	864心	288心
外径	7.2mm	8.2mm	9.0mm	9.5mm	12.5mm	10.5mm
ダクトサイズ	14/10mm	14/10mm	16/13mm	16/13mm	22/18mm	16/13mm
圧送距離	1.5km以上	1.5km以上	1.5km以上	1.5km以上	1.5km以上	1.0km以上

250μmファイバ実装

用途	屋外用					
	96心	144心	192心	288心	432心	864心
心数	96心	144心	192心	288心	432心	864心
外径	7.6mm	8.2mm	8.7mm	10.5mm	12.0mm	14.9mm
ダクトサイズ	14/10mm	14/10mm	16/13mm	16/13mm	22/18mm	22/18mm
圧送距離	1.5km以上	1.5km以上	1.5km以上	1.5km以上	1.5km以上	1.0km以上

3-2 難燃特性

屋内外兼用ケーブルの燃焼試験および発煙試験の結果を表4に示す。燃焼試験規格は垂直トレイ試験として全世界

で適用されている IEC60332-3 Part3 CategoryC、米国を中心とした高難燃特性 UL1666 ライザー試験を満たしていることが確認できた。また、欧州の建設材への適用時に必須となる EN50399 については、燃焼試験の Cca、発煙試験の ES2 を満足できる見通しを得た。

表4 燃焼・発煙試験評価結果

項目	試験規格	試験結果
燃焼試験	IEC60332-3 Part3 Category C 炎伝播距離 ≤ 2.5m	合格
	UL1666 炎伝播距離 < 366cm	合格
発煙試験	IEC61034 最小光透過率 ≤ 60%	合格

4. 作業時間の比較

屋内外兼用ケーブルの適用による布設時間の削減効果を試算した。ケーブルに難燃性を付与することで、屋外から建屋内へ接続点なくケーブルを布設することが可能となり(図8)、布設作業時間は図9に示すように接続作業で約33%

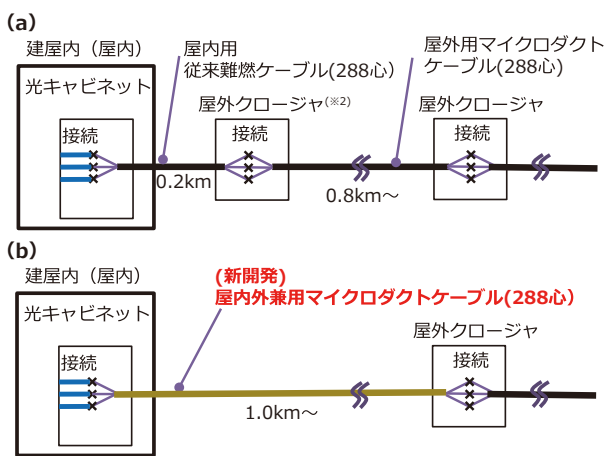


図8 配線方式の変更点

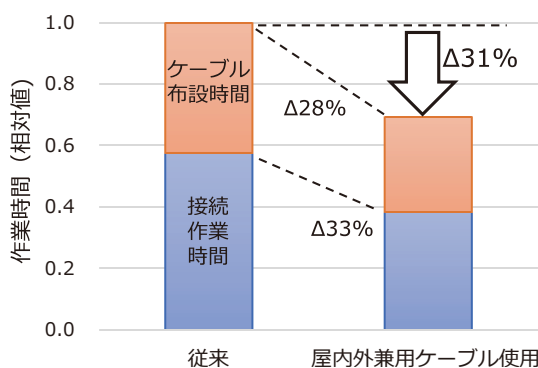


図9 作業時間の比較

減、布設作業で約28%の効率化が見込め、合計で約31%の作業時間を短縮できる見通しを得た（当社製品比）。

5. 結 言

ケーブル布設方法の多様化も進み、空気圧送布設を用いて少心から多心まであらゆる心数の光ケーブル布設が実施されている。今回、空気圧送距離を念頭にした構造最適化を検討し864心までの多心マイクロダクトケーブルを開発すると共に、建屋内に直接引き込むことで施工作业時間を短縮できる屋内外兼用マイクロダクトケーブル（難燃マイクロダクトケーブル）の開発にも成功した。難燃マイクロダクトケーブルは288心ケーブルを前提にした場合、作業時間を31%削減できることが見込め、今後様々な需要に応じて使用頻度が高まることが期待できる。難燃外被を用いることで、従来の非難燃外被と比べ比重が大きくケーブル質量が大きくなるが、圧送距離としては1km以上の実現が可能である。屋外用マイクロダクトケーブルと組み合わせることで、安価なネットワークコストの構築と柔軟な配線形態が可能となる。

用語集

※1 テンションメンバ

布設時に光ファイバに加わる張力を緩和する働きをする物。抗張力体。

※2 クロージャ

光ケーブル同士の接続や分岐箇所を設置して、その中で光ファイバ接続を行う端子函。主に屋外で使用される。

・ Freeform Ribbonは住友電気工業㈱の登録商標です。

参 考 文 献

- (1) F. Sato et al, "Characteristics of Ultra-High-Fiber-Count and High-Density Optical Cables with Pliable Ribbons," International Cable and Connectivity Symposium (2017), p.304
- (2) 佐藤 他, 「間欠テープ心線を用いた空気圧送用高密度マイクロダクト光ケーブル」、SEIテクニカルレビュー第195号、p.13 (2019年7月)

執 筆 者

鈴木 洋平* : 光通信事業部 主席



木村 豊明 : 光通信事業部 主席



佐藤 文昭 : 光通信事業部 グループ長



高橋 健 : 光通信事業部 部長



乗杉 優司 : 光通信事業部



平間 隆郎 : 光通信事業部 主席



※主執筆者