

細径高密度6912心光ファイバケーブル

Small-Diameter and High-Density 6912-Fiber-Count Cable

土屋 健太*
Kenta Tsuchiya

下田 雄紀
Yuuki Shimoda

佐藤 文昭
Fumiaki Sato

高橋 健
Ken Takahashi

井戸 里美
Satomi Ido

平間 隆郎
Takao Hirama

本稿では、従来の200 μ m光ファイバを用いた間欠12心光ファイバテープ心線（以下、200 μ m間欠12心テープ心線）を実装したデータセンター向け6912心ケーブルを細径・軽量化した細径高密度6912心光ファイバケーブル（以下、細径6912心ケーブル）の構造、特性および施工性について報告する。使用した200 μ m間欠12心テープ心線は、長手方向に間欠的にスリットが入った構造による柔軟性を持ち、さらに従来の250 μ mテープ心線や200 μ m間欠テープ心線同士の一括融着接続性も持ち合わせている。今回はさらなる細径高密度化を実現するため、光ファイバの耐側圧性（以下、マイクロバンド耐性）向上およびスロット構造最適化、高強度シース材の適用等を行い、従来比約34%のケーブル断面積低減を実現した。本構造は細径化を実現しつつ、従来のスロット型の特長である曲げ方向性がなく、布設作業性に優れる構造とした。布設作業性に関して、従来の2インチダクトよりも細い1.5インチダクトに牽引しても通線の問題がなく、さらに押し込み、圧送工法も対応可能であることを確認した。本ケーブルを用いることで管路内の光ファイバ心線密度の向上と施工性の両立、さらには細径化、長尺化による材料使用量減による耐環境性の向上も見込まれる。

This paper describes the structure, characteristics, and workability of the small-diameter 6912-fiber-count cable with 200 μ m Freeform Ribbon fibers for data center applications. In the 200 μ m Freeform Ribbon fibers, each fiber meets and splits out in turns in a longitudinal and transverse direction, thus allowing high fiber density and mass fusion splicing. Having a non-preferential bend axis, the cable can easily be installed in space-constrained areas. By optimizing the structure and improving the micro-bend resistance of the fiber, we have realized a reduction of the cable cross-sectional area by about 34% compared to the conventional cables. Furthermore, while the conventional cable was pulled into a 2-inch pipeline, the small-diameter 6912-fiber-count cable can be applied to a 1.5-inch pipeline, with the same pull-in tension as before.

キーワード：細径高密度、間欠12心テープ心線、スロット、ケーブル布設性

1. 緒言

近年クラウドコンピューティング等の進展により、世界規模で大規模データセンター（以下、DC）の建設が進んでおり、伝送容量の増大に備えるべく、DC間を結ぶ光ファイバケーブルの高密度化、施工コスト低減の要求が高まっている。

このような状況下、DC間を繋ぐケーブルは主に屋外ダクト内に配線されるため、限られたダクトスペースに光ファイバを高密度に詰め込む技術が重要である。

当社は2017年に当時、世界最高心数である6912心光ファイバケーブルを開発、商用化し、さらに図1に示すような配線ソリューションも開発することで、DC全体での配線高密度化および施工性向上に貢献してきた。

今回、ダクト収納心数の向上および施工性改善、環境負荷軽減をすするため、6912心光ファイバケーブルのさらなる細径高密度化を行った。

2. 200 μ m間欠テープ設計と特徴

2-1 200 μ m間欠テープ設計

今回ケーブルに実装した200 μ m間欠テープ心線は海外で主流の12心テープ心線である。模式図と当社間欠テープ心線の特徴を図2に示す。

図2に示すように、当社間欠12心テープ心線は、高精度な配列とファイバ心線を2心毎に間欠的に接着させる構造を最適化することで、一括融着接続の容易な作業性と伝送特性等のケーブル特性を考慮したテープ心線の柔軟性を両立する構造を適用した。

2-2 200 μ m間欠テープ接続技術

既存の250 μ m光ファイバテープ心線や単心型光ファイバケーブルとの接続適合性を考慮し、図3に示すような一

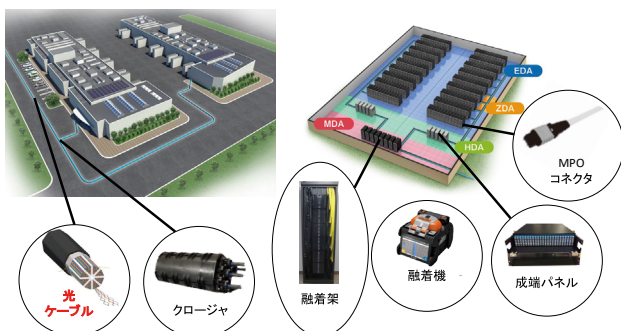


図1 DC棟間配線の模式図

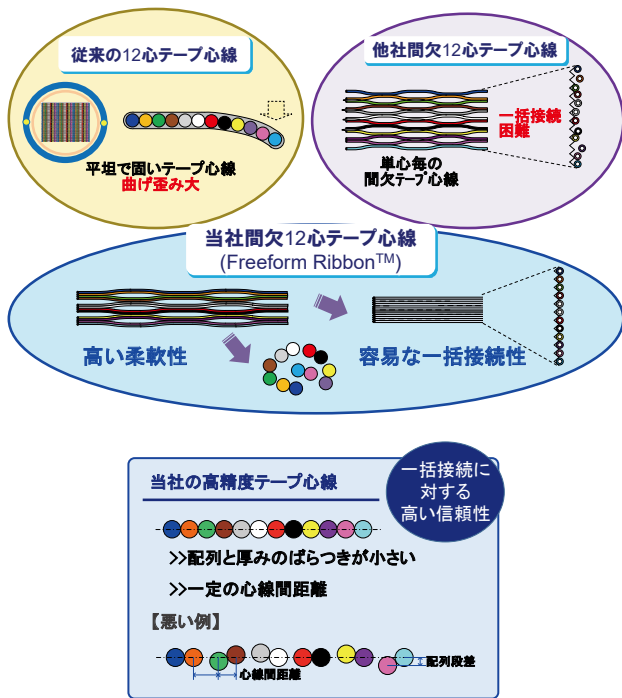


図2 間欠テープ心線の模式図と特徴

一括接続技術も開発した。

図3のCase Aに示したような隣り合った心線間の距離(以下、ファイバピッチ)が200 μ mの場合は200 μ m心線専用の融着機を使用することで容易に融着接続が可能であることを確認した。Case Bに示したようなファイバピッチが250 μ mの場合は、200 μ m間欠テープ心線ファイバピッチを250 μ mに変換するピッチ変換ホルダを用いることで、従来の250 μ m一括融着機を変更せずに接続可能であることを確認した。また、すべての場合で推定ロスは従来の12心テープとの差異が見られず、実用上問題がないことを確認した。

3. 光ファイバケーブル構造、特性

3-1 ケーブル構造

今回開発したケーブル構造については従来の6912心ケーブルと同様に中心のテンションメンバ^{*1}としてFRPを配置し、曲げ方向性がないスロット型構造を採用した。図4に細径6912心ケーブルの断面図を示す。

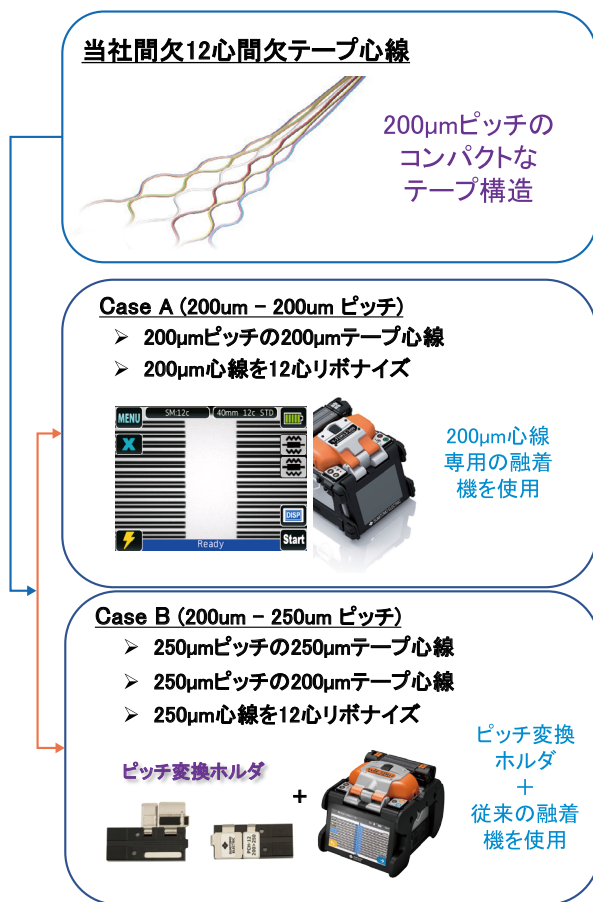


図3 200 μ m間欠テープの一括接続技術

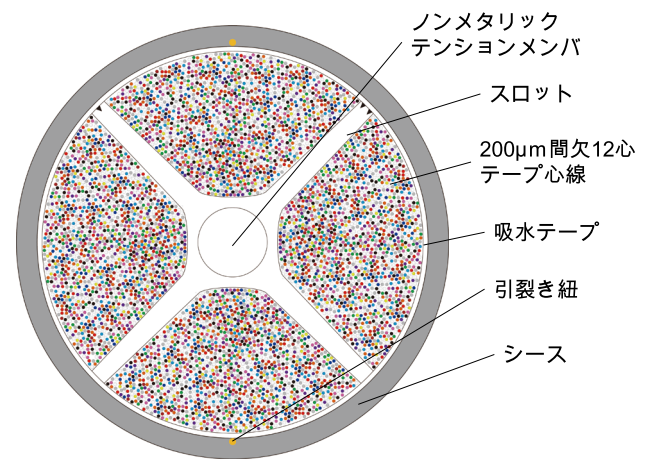


図4 細径6912心ケーブル断面図

細径高密度化においてファイバへの側圧荷重の増加によるマイクロバンドロス^{*2}の悪化が想定されたため、200 μ mファイバのマイクロバンド耐性向上を図った。図5に示すようにファイバ心線の樹脂を最適化することにより、マイクロバンド耐性を向上させた。

ケーブル構造においては、スロット溝数削減(8溝 \rightarrow 4溝)と高強度シース材の適用を行うことで、ケーブル内部のファイバ実装可能面積の拡大とケーブル機械強度の両立を図った。その結果、図6に示すように単位面積当たりのファイバ心線の密度(以下、心密度)が1.5倍に増加し、断面積は従来比約34%の低減を実現した。

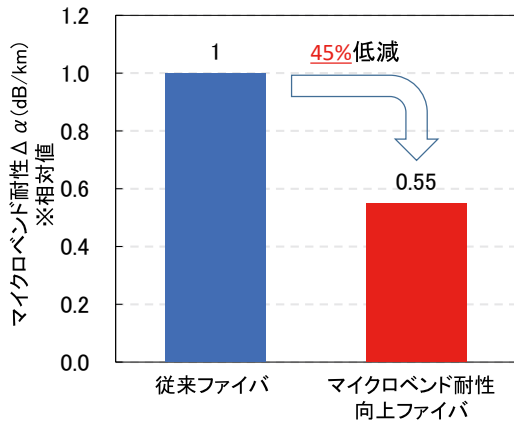


図5 200μmファイバのマイクロバンド耐性比較

	従来6912心ケーブル	細径6912心ケーブル
断面		
外径	37mm	≤30mm
心密度 ※相対値	1	1.5
溝数	8溝	4溝
ファイバ	通常ファイバ	マイクロバンド耐性向上ファイバ

図6 6912心ケーブルの構造比較

図7に従来の超多心光ケーブルと今回開発した新構造の心密度（従来6912心ケーブルを1とした相対値）を比較したグラフを示す。

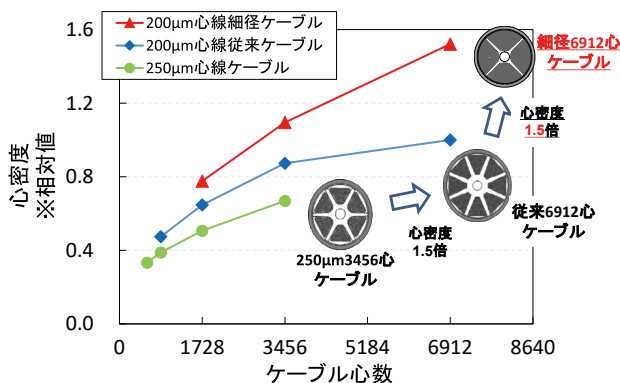


図7 超多心ケーブルの心密度推移

今回開発した細径高密度構造を適用することで、既存のドラムに巻くケーブル長を長尺化することができ、且つスロット材料やシース材の使用材料削減による環境負荷の低減が可能となる。

3-2 ケーブル特性評価結果

今回開発した細径6912心ケーブルについて伝送特性および機械特性の評価を行った。図8に細径6912心ケーブルにおける-40~+70℃でのヒートサイクル試験結果を示す。ヒートサイクル中の伝送損失変動は十分に低く、従来の6912心ケーブルと同等であることを確認した。

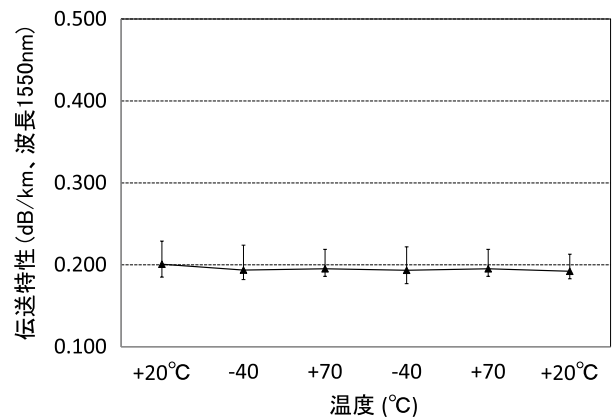


図8 細径6912心光ケーブルの伝送損失温度変動

また、表1に伝送特性および機械試験の評価結果一覧を示す。

表1 細径6912心ケーブル特性評価結果

項目	試験方法	評価結果
伝送損失	IEC60793-1-40 λ = 1550nm	<0.25dB/km
損失温度変動	EIA/TIA-455-3 -40~+70℃ × 2サイクル λ = 1550nm	損失変動 <0.15dB/km
側圧特性	EIA/TIA-455-41 2200N/100mm λ = 1550nm	損失変動 <0.10dB ケーブル外観に異常なし
耐衝撃特性	EIA/TIA-455-25 4.4N、2回落下 λ = 1550nm	
繰返し曲げ特性	EIA/TIA-455-104 曲げ半径10D、25サイクル (Dはケーブル外径) λ = 1550nm	
捻回特性	EIA/TIA-455-85 ±180°/2m λ = 1550nm	
引張特性	EIA/TIA-455-33 布設時2670N、 布設後800N	2670N印加時 ファイバ歪み<0.2%、 800N印加時 ファイバ歪み<0.1%

表1に示したように、各種機械試験の評価においても良好な特性を確認することができた。

3-3 ケーブル布設作業性

(1) 余長収納性、取扱性

図9に示すように、細径6912心ケーブルのロット型構造は、テンションメンバがケーブルの中心に配置されているため、他社の超多心ケーブルのように外被の両側にテンションメンバを有する構造と比較すると、曲げ方向性がなく限られたスペース内に余長を収納する作業の際などに取り扱いが容易であることを確認した。

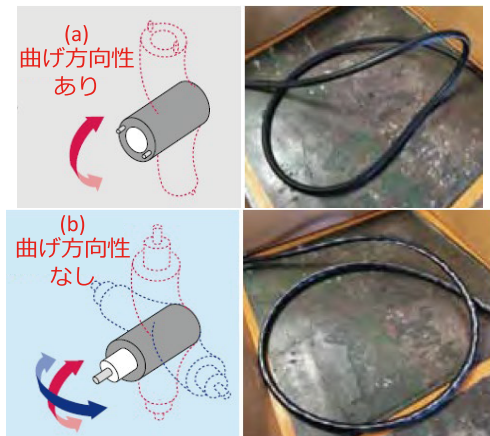


図9 曲げ方向性による取扱性の違い

(2) ダクト通線実験 (牽引工法)

従来、6912心ケーブルをダクトに布設する際には、2インチのダクトを使用していた。今回開発した細径6912心ケーブルは、1.5インチダクトへの適用が可能である。細径6912心の牽引による布設時の作業性を検証するため、図10のような実験系にて、従来6912心ケーブルを2イン

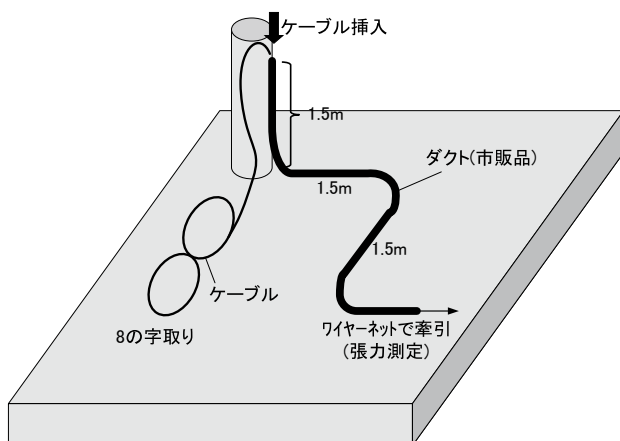


図10 ダクト通線実験の模式図

チダクトで牽引した場合と細径6912心ケーブルを1.5インチダクトで牽引した場合の張力を比較した。その結果を表2に示す。

表2 牽引実験結果

条件	牽引張力 ※相対値
2.0インチダクト+ 現行6912心ケーブル	1
1.5インチダクト+ 細径6912心ケーブル	0.9

表2の結果から、従来6912心ケーブルを2インチダクトに布設するのと同程度以下の張力で細径6912心ケーブルを1.5インチダクトに布設できることを確認した。この結果、従来よりも細いダクトに6912心を通線可能な見込みが得られたとともに、従来の2インチダクトにもより低い牽引張力で布設することが可能となる。

(3) 押し込み・空気圧送工法の検討

ケーブルの布設工法としては、牽引工法の他に図11の模式図に示すような押し込み・空気圧送工法がある。今回、押し込み+空気圧送工法作業における細径6912心ケーブルの適合性を確認するため、Plumettaz社製空気圧送機(SUPERJET)を使用し、図12のような押し込み・空気圧送実験を実施した。

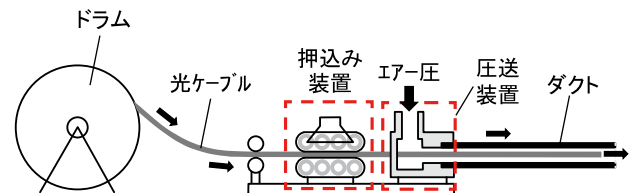


図11 押し込み・空気圧送工法模式図



図12 押し込み・空気圧送装置

試験の結果、圧送機の最大荷重100kgfの押し込み力でも外観異常等はなくケーブル強度に問題ないことが確認された。上記の試験結果から、押し込み+空気圧送工法による長距離布設も期待できる。

4. 結 言

DC間を繋ぐ屋内ダクトに布設される光ケーブルに関して、高密度化と施工性を両立できる細径6912心ケーブルを開発した。ケーブルは従来断面積比34%の削減を実現し、長尺製造や使用材料削減による環境負荷の低減が可能となる。さらに、中心にテンションメンバで曲げ方向性のないスロット型構造を採用することで、取り扱い性やダクト通線性等で良好な特性を有することがわかった。

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 マイクロベンドロス

側面から不均一な圧力がかかることにより光ファイバがコア径より小さい曲率半径で曲がり発生する損失。

- ・Freeform Ribbonは、住友電気工業㈱の登録商標です。
- ・SUPERJETはPlumettaz S.A.社の登録商標です。

参 考 文 献

- (1) F. Sato, et al., "Ultra-High-Fiber-Count and High-Density Slotted Core Cable with Pliable 12-Fiber Ribbons," Proceedings of the 65th IWCS Conference, 2016 (14-5)
- (2) F. Sato, et al., "Designs and Characteristics of New UHFC Cables with Freeform Ribbons," Proceedings of the 67th IWCS Conference, 2018 (10-3)
- (3) F. Sato, et al., "New HFFC cable solution with free form ribbons for easy installation," Proceedings of the 69th IWCS Conference, 2020 (6-2)
- (4) 佐藤 他、「間欠接着型テープを用いた超多心、高密度スロット型光ケーブル」、SEIテクニカルレビュー第189号、pp.20-24 (2016)
- (5) 佐藤 他、「データセンタ向け超多心光ファイバケーブル」、SEIテクニカルレビュー第192号、pp.42-47 (2018)

執 筆 者

土屋 健太* : 光通信事業部 主査



下田 雄紀 : 光通信事業部 グループ長補佐



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



井戸 里美 : 光通信事業部



平間 隆郎 : 光通信事業部 主席



* 主執筆者