

細径多心空気圧送用光ファイバケーブル

光ケーブル事業部

向井 興 泉¹・浅村 尚 人¹・植草 拓 哉¹・鯉江 彰²・古川 亨³

Downsized High Fiber Count Optical Fiber Cable for Air-blowing

O. Mukai, N. Asamura, T. Uekusa, A. Namazue, and T. Furukawa

ネットワークトラフィックの増大にともない、データセンター間を光ファイバケーブルで経済的かつ効率的に接続する必要性が高まっており、施工時間の短縮が可能な空気圧送布設工法が注目されている。今回、空気圧送用細径高密度型光ファイバケーブル（Air Blown WTCTM；以下、AB-WTCTMと記す）について、機械特性・環境特性を維持しつつ寸法設計の最適化を行い、864心のケーブルでは既存設計と比較して外径で約20%、重量で約30%の細径軽量化を実現した。864心および1728心AB-WTCは、それぞれ内径13 mmおよび20 mmのマイクロダクトに対して1000mを超える距離をわずか20分以内で布設可能とする優れた圧送性能を有することを確認した。

With the growth of network traffic, there is a rising demand for cost-effective and efficient optical fiber cable connections between data centers. Air-blown installation has gained attention as a promising solution. In this study, we optimized the sheath thickness and core diameter of the Air Blown Wrapping Tube Cable (Air Blown WTCTM ; AB-WTCTM) while ensuring the required mechanical and environmental performance. For the 864-fiber cable, we achieved approximately a 20% reduction in outer diameter and a 30% reduction in weight compared to the conventional design. Both the 864- and 1728-fiber AB-WTC demonstrated excellent blowing performance for installation of over 1000 meters within just 20 minutes into microducts with inner diameters of 13 mm and 20 mm, respectively.

1. ま え が き

情報通信量の増加やデータストレージサービスの拡大にともない、データセンター間を効率的に接続する光ファイバケーブルの需要が高まっている。マイクロダクト内に圧縮空気を送り込みながら布設する工法に対応した空気圧送用光ファイバケーブルは、布設時間の短さから、その需要に応えることが可能な光ファイバケーブルの一つである¹⁾。

近年、AIデータセンターの増加にともない情報通信量はさらに増大し、より多くの光ファイバを実装したケーブルの需要も拡大している。そのため、既設マイクロダクトに対してより高密度なファイバ実装が可能な多心かつ細径な光ファイバケーブルが求められている。

当社でも、Spider Web Ribbon[®] (SWR[®]) および Wrapping Tube Cable[®] (WTC[®]) 技術を用いたAB-WTCのラインナップを有するものの、既存設計の864心AB-WTCは外径約14mmとなり、内径20mmのマイクロダクトへの布設を推奨していた。

今回、864心AB-WTCの細径化を行い、内径13mmのマイクロダクトに対して空気圧送布設可能な光ファイバケーブルを開発した。加えて、実装心数が2倍となる1728心AB-WTCへも同様の細径化技術を用いて、内径20mmのマイクロダクトに対して空気圧送布設可能な光ファイバケーブルを開発した。

本稿では細径化した864心、および1728心AB-WTCの開発内容について紹介する。

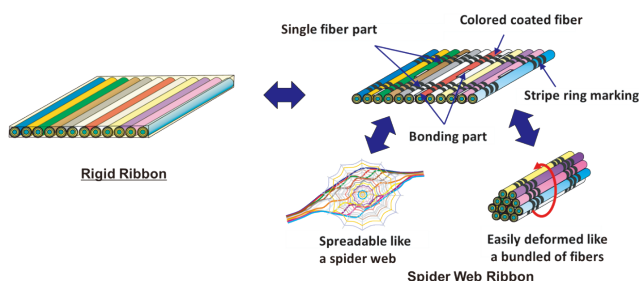


図1 12心SWRの構造概要。

Fig. 1. Overview of 12-fiber SWR structure.

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

略語・専門用語リスト

略語・専門用語	正式表記	説 明
空気圧送布設	Air-Blown Installation / Jetting Installation	マイクロダクトに、圧縮空気とともにケーブルを送り込み布設すること。
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
ストライプリングマーク		心線識別用として、単心光ファイバ上に円周方向で施されている縞状のマーキング。縞状のマーキングは光ファイバテープ心線内で幅方向に揃っている構造であり、単心の光ファイバ素線へ分割した後においても識別が可能である。
SZ撚り		S撚り（右撚り）とZ撚り（左撚り）を交互に繰り返す撚り合わせ方法。長手方向で撚りを相互に打ち消す関係のため、撚りをほぐす際の作業性が良い。

2. ケーブル設計

2. 1 ケーブル構造

本ケーブルには、200 μm に被覆された光ファイバ12本から構成される12心SWRを適用した。図1に12心SWRの構造を示す。SWRは光ファイバ素線の配列を維持しながら隣接する光ファイバ素線を間欠的に接着した構造のため、柔軟に形状を変更させることが可能であり、光ファイバを高密度にケーブル内へ実装することが可能となる。加えて、特殊な工具を使用せずに光ファイバを12本の単心光ファイバに分離することも可能である²⁾。

また、光ファイバテープ心線を正確かつ容易に識別するために、SWRにはストライプリングマークがほどこされている。そのため、光ファイバテープ心線同士および単心に分割された後の光ファイバ素線同士においても識別が容易である。

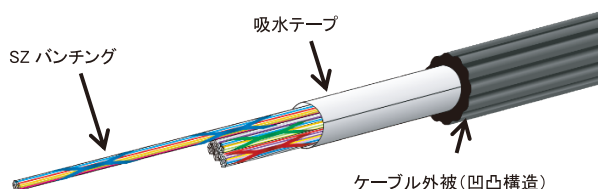


図2 AB-WTCの構造概要。

Fig. 2. Overview of AB-WTC structure.

前述のSWRを実装したAB-WTCの構造を図2に示す。複数のSWRの長手方向に沿って、着色されたバンチング糸をSZ撚りして束ねること（SZバンチング）で、SWRをユニット化している。複数のユニットは互いに撚り合わされてコアを形成し、押さえ巻きの役割を果たす吸水性素材で覆われている。また、ケーブルとダクト内面との接触面積を減らして摩擦抵抗を低減することで圧送特性を向上させることを目的とし、AB-WTCの外被構造には円周方向に凹凸構造を採用している。

2. 2 細径化

前述のケーブル構造を有する864心AB-WTCをさらに細径化するため、1つのユニット内ファイバ実装心数を72心から144心に変更することで、ケーブル内部のバンチング糸実装数を半減させた。さらに、要求される伝送特性・環境特性・機械特性を確保しつつ、さらなるケーブル外径の細径化を図るため、ケーブル内径および外被厚寸法の設計最適化を試みた。

3. 従来ケーブルとの比較

当社で商用化している従来の864心AB-WTCとの比較を表1に示す。今回開発した864心AB-WTCは従来品と比較して、約20%の細径化、かつ約30%の軽量化を実現している。また、同様の細径化技術を用いて、1728心AB-WTCの開発を行った。これら864心および1728心AB-WTCについて各種評価を実施した。

細径多心空気圧送用光ファイバケーブル

表1 従来の864心AB-WTCとの比較.

Table 1. Comparison of conventional and developed 864f & 1728f AB-WTC.

項目	従来設計	新設計	新設計
断面模式図			
ファイバ心数 (心)	864	864	1728
ケーブル外径 (mm) ※概算値	14	11	16
ケーブル質量 (kg/km) ※概算値	145	95	190
ファイバ実装密度 (F/mm ²) (ファイバ数 / ケーブル外面積)	6	9	9

表2 開発した864心AB-WTCの機械特性.

Table 2. Mechanical characteristics of developed 864f AB-WTC.

項目	試験条件	結果
引張/ファイバ歪	荷重：1×W (W：ケーブル質量 (kg/km)), 10分	< 0.9 (%)
	荷重開放, 5分後	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
側圧	荷重：500 (N/100 mm), 1分後	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
衝撃	打撃面：R300 (mm), 打撃面直径：20 (mm) 衝撃エネルギー：1.0 (J)	< 0.1 (dB) 外被の損傷なし
繰り返し曲げ	曲げ直径：40D (D：ケーブル外径) 角度：±90 (°) サイクル数：25	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
捻回	試験長：2 (m) 角度：±180 (°), サイクル数：10	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
座屈	ループ径：40D (D：ケーブル外径)	座屈なし
曲げ	曲げ直径：40D (D：ケーブル外径) ターン数：4 サイクル数：3	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし

表3 開発した864心AB-WTCの環境特性.

Table 3. Environmental characteristics of developed 864f AB-WTC.

項目	試験条件	結果
損失温度特性	-40/+70 (°C) サイクル数：2	< 0.15 (dB/km)
防水	水頭長：1 (m), 試験水：水道水, 試験長：40 (m) オリフィス：なし, プレソーク：なし	水漏れなし

4. ケーブル特性

4. 1 864心AB-WTC

4. 1. 1 機械特性, 環境特性

864心AB-WTCの機械特性, および環境特性の試験結果を表2, 3に示す. なお試験方法に関して, 機械特性はIEC 60794-5-10³⁾ (空気圧送用光ケーブルの規格) に準拠して評価を行った. 環境特性のうち損失温度特性試験はTelcordia GR-20-core⁵⁾ (屋外用光ファイバケーブルの規格), 防水試験はIEC 60794-1-22⁶⁾ (光ケーブルの環境試験手順), Method F5C に準拠して評価を行った. 機械特性の測定波長は1550 nmで実施した.

いずれの試験においても良好な特性であることを確認した.

4. 1. 2 圧送特性

864心AB-WTCについて, 内径20 mmと内径13 mmのマイクロダクトを図3および図5に示すルートで敷設されたテストトラックで空気圧送試験を実施した. 圧送機にはPlumettaz IntelliJetを使用して試験を実施した. これらの圧送試験結果を図4および図6に示す. 内径20 mmのマイクロダクトに対しては2000 m全長を完走する結果であり, 2000 m到達時の圧送速度が60 m/min. 以上に保たれていることから, さらに長距離の圧送布設ができる可能性のあることを確認した. 内径13 mmのマイクロダクトに対しては, 表6に示すようにダクト内占有率が80%を超える厳しい条件であるにも関わらず, 1000 m以上の布設長と十分な圧送性能を有することを確認した.

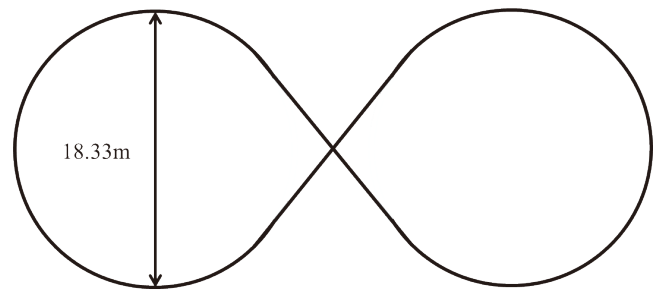


図3 圧送試験ルートの模式図 (864心, 内径20 mmマイクロダクト).

Fig. 3. Schematic diagram of air-blowing trial route (864f, 20 mm inner diameter microduct).

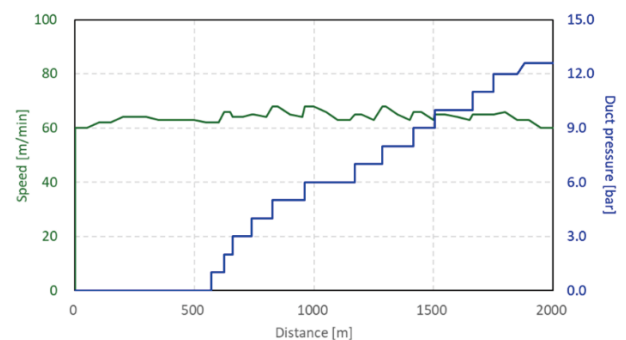


図4 圧送試験の結果 (864心, 内径20 mmマイクロダクト).

Fig. 4. Result of air-blowing trial (864f, 20 mm inner diameter microduct).

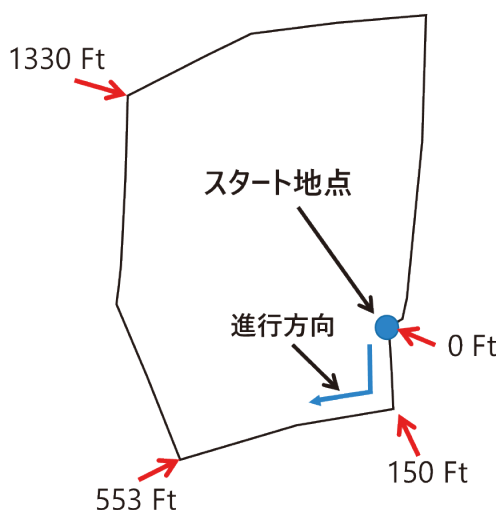


図5 圧送試験ルートの模式図 (864心, 内径13 mmマイクロダクト).

Fig. 5. Schematic diagram of air-blowing trial route (864f, 13 mm inner diameter microduct).

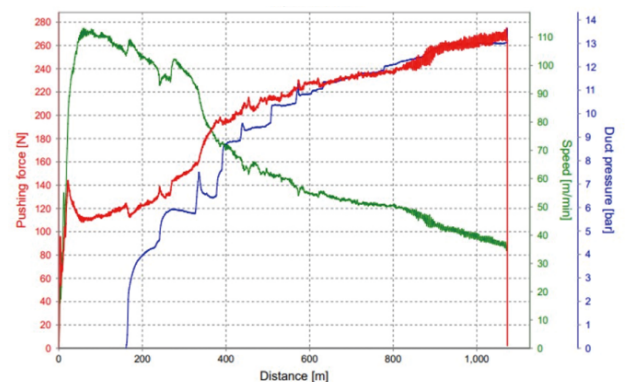


図6 圧送試験の結果 (864心, 内径13 mmマイクロダクト).

Fig. 6. Result of air-blowing trial (864f, 13 mm inner diameter microduct).

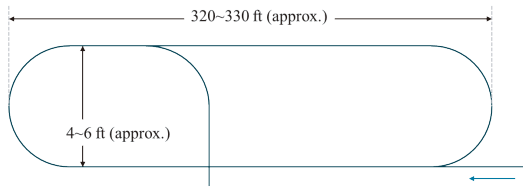


図7 圧送試験ルートの様式図（1728心、内径20 mmマイクロダクト）。

Fig. 7. Schematic diagram of air-blowing trial route (1728f, 20 mm inner diameter microduct).

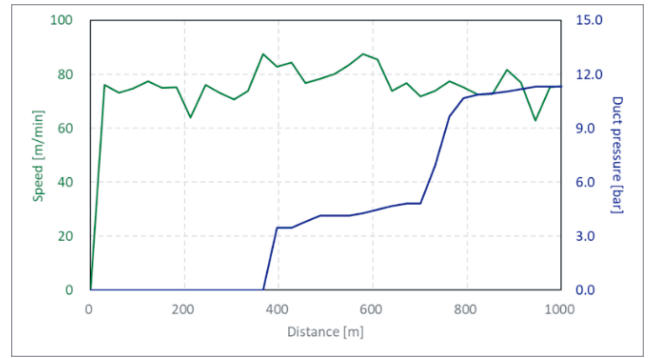


図8 圧送試験の結果（1728心、内径20 mmマイクロダクト）。

Fig. 8. Result of air-blowing trial (1728f, 20 mm inner diameter microduct).

表4 開発した1728心AB-WTCの機械特性。

Table 4. Mechanical characteristics of developed 1728f AB-WTC.

項目	試験条件	結果
引張/ファイバ歪	荷重：1×W（W：ケーブル質量（kg/km）），10分	< 0.9（%）
	荷重開放，5分後	< 0.05（dB） 外被の損傷なし
側圧	荷重：500（N/100 mm），1分後	< 0.05（dB） 外被の損傷なし
衝撃	打撃面：R300（mm），打撃面直径：20（mm） 衝撃エネルギー：1.0（J）	< 0.1（dB） 外被の損傷なし
繰り返し曲げ	曲げ直径：40D（D：ケーブル外径） 角度：±90（°） サイクル数：25	< 0.05（dB） 外被の損傷なし
捻回	試験長：2（m） 角度：±180（°），サイクル数：10	< 0.05（dB） 外被の損傷なし
座屈	ループ径：40D（D：ケーブル外径）	座屈なし
曲げ	曲げ直径：40D（D：ケーブル外径） ターン数：4 サイクル数：3	< 0.05（dB） 外被の損傷なし

4. 2 1728心AB-WTC

4. 2. 1 機械特性，環境特性

1728心AB-WTCの機械特性，および環境特性の試験結果を表4，5に示す。なお試験方法は864心と同様に，機械特性はIEC 60794-5-10³⁾（空気圧送用光ケーブルの規格）に準拠して評価を行った。環境特性のうち損失温度特性試験はTelcordia GR-20-core⁵⁾（屋外用光ファイバケーブルの規格）の温度サイクルかつ低温側を-30℃とした条件，防水

試験はIEC 60794-1-22⁶⁾（光ケーブルの環境試験手順），Method F5Cに準拠して評価を行った。機械特性の測定波長は1550 nmで実施した。いずれの試験においても良好な特性であることを確認した。

4. 2. 2 圧送特性

1728心AB-WTCについては内径20 mmのマイクロダクトを使用して、図7に示すようなルートで布設されたテストトラックで空気圧送試験を実施した。圧送機にはPlumettaz SuperJetを使用して試験を実施した。結果を図8に示す。表6に示すようにダクト内占有率は80%であり、864心AB-WTCと同様に厳しい条件に関わらず、1000 m全長を圧送速度60 m/min. 以上に保ったまま、約13分で完走する結果であった。内径20 mmマイクロダクトに対して、1000 m以上の圧送布設ができる可能性のある、十分な圧送性能を有することを確認した。

5. むすび

864心AB-WTCの細径化により従来設計と比較して外径約20%削減、重量約30%削減を実現し、内径13 mmのマイクロダクトへの布設が可能となった。さらに1728心AB-WTCについても、内径20 mmのマイクロダクトへの布設が可能となった。本ケーブルの開発によって、既設マイクロダクトへの実装心数の増加が可能となり、より経済的で効率的な光ファイバ配線網の構築に貢献する。

表5 開発した1728心AB-WTCの環境特性.

Table 5. Environmental characteristics of developed 1728f AB-WTC.

項目	試験条件	結果
損失温度特性	-30/+70 (℃) サイクル数：2	< 0.15 (dB/km)
防水	水頭長：1 (m), 試験水：水道水, 試験長：40 (m) オリフィス：なし, プレソーク：なし	水漏れなし

表6 圧送試験結果一覧.

Table 6. Results of air-blowing trials.

項目	864心	864心	1728心
ケーブル外径 (mm) ※概算値	11	11	16
マイクロダクト内径 (mm)	20	13	20
	57%	87%	80%
ダクト内占有率 (ケーブル外径 / マイクロダクト内径)			
圧送距離 (m)	2000	1073	1000
圧送時間 (分)	31	19	13

参考文献

- 1) S. Shimizu, et al. "Air-blown fiber optic cable with SWR and WTC technologies" , Proceedings of 67th IWCS, 2018.
- 2) T. Kaji, et al. "Development of wrapping tube cable with spider web ribbon using fiber based on ITU-T G652 D" , Proceedings of 65th IWCS, 2016.
- 3) IEC 60794-5-10, "Family specification – Outdoor microduct optical fibre cables, microducts and protected microducts for installation by blowing" , (2014).
- 4) IEC 60794-1-21, "Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical test methods" , (2015).
- 5) Telcordia GR-20-CORE Issue 4, "Generic requirements for optical fiber and optical fiber cable" , (2013).
- 6) IEC 60794-1-22, "Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental test methods" , (2017).