

光・電源線複合ケーブルの開発

Development of an Optical Fiber and Power Composite Cable

服部 昌憲*
Masanori Hattori

関井 裕一*2
Yuichi Sekii

牧井 健*3
Ken Makii

朝倉 豊充*4
Toyomitsu Asakura

秋田 雅志*5
Masashi Akita

南谷 祐次*6
Yuji Minamitani

杉本 正仁*6
Masahito Sugimoto

概要 FTTD (Fiber To The Desk) の実現に必要なフロア配線用光ケーブルとして、電源線と光ファイバを複合するケーブルを開発した。電源線として一般的に用いられる600 Vビニル絶縁ケーブルの丸形 (VVR) と平型 (VVF) を対象とし、VVRは光ユニットを電源線と一緒に集合する構造とし、VVFはパイプを一括被覆した構造に敷設後光ファイバユニットを通線することによって光・電源線複合ケーブルとする構造を開発した。その結果、フロア内の輻輳を改善し、FTTDの線路構築を容易に行えることが期待できる。

1. はじめに

1999年末において日本におけるインターネット利用者は2,706万人(対前年比59.7%増)と推計される。また、2005年末には7,670万人に達すると予測されている。また、インターネットの普及率で見ると世帯が19.1%、従業者5人以上の事業所では31.8%、従業者数300人以上の企業においては88.6%となっている¹⁾。

今後も急速な発達を続けるデータ通信は、オフィスのLAN配線を現在のUTPを用いたものから、光ファイバを用いた配線形態への移行を促進させると考えられる。このように発達する光アクセス網をより経済的に急速に拡大していくために、これまで光アクセスケーブル類の高性能化、高機能化、コストダウンを進めてきた。

今回はアクセス系から更にユーザ側であるビル内配線、特に床下に用いられキャビネットからアウトレットまでを結びFTTD (Fiber To The Desk) を実現するための光・電源線複合ケーブルの新構造検討、開発について報告する。

2. 光・電源線複合ケーブルの必要性

ビルまで引き込まれた公衆回線用幹線ケーブルは構内幹線ケーブルと接続され、縦系に配線されたこのケーブルは各フロアに必要な心数を中間分岐しフロアキャビネット内でフロアケー

ブルと接続される。一方、電源線も同様に縦の幹線系電源線を各フロアで分ける。従来の配線では光ケーブル、電源ケーブルはそれぞれ個別に配線されることにより、配線工数の増加、フロア内でのケーブル輻輳を引き起こしていた。

このような配線形態を解消するには、光ファイバと電源線を複合ケーブル化し、工数を削減しフロア内輻輳の解消を図る目的から、光と電源線を複合したキャビネットやアウトレットも合わせて開発する必要がある。現状及び複合ケーブルによるビル内配線の例を図1に示す。

3. 光・電源線複合ケーブルの要求条件

600 V VVケーブルとしては平型のVVFと丸形のVVRが一般的に用いられている。これらの電源線は非常に大量に使用され価格も安価である。フロア内の電源線配線にはこの600 V VV

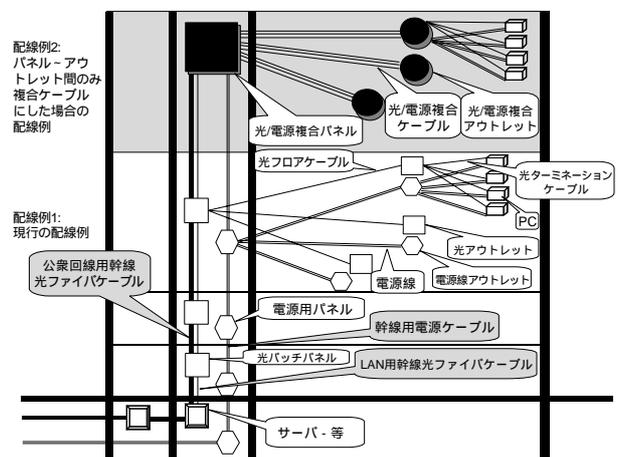


図1 ビル内配線例
Example of cable wiring

* オプトコム事業部 技術部 開発課

*2 オプトコム事業部 技術部 第1課

*3 オプトコム事業部 千葉通信製造部 生産技術課

*4 オプトコム事業部 技術部 第3課

*5 オプトコム事業部 技術部 関西技術課

*6 株式会社 きんでん

ケーブルが多く使用されているため、このケーブルを用いた光・電源線複合ケーブルを設計、開発した。設計にあたっては以下の要求条件が挙げられる。

- (1) ケーブルは現場で切り分けられ、端末処理される
 - ・光ファイバの取り出しが容易で、端末作業が行える
 - (2) 電源線はJIS C3342 600 Vビニル絶縁ビニルシースケーブルに準拠
 - ・電気用品の認定を受けているケーブル構成を変更しない
- 以上の条件を満たす構造を設計した。

4. 光複合VVRケーブルの開発

4.1 VVRケーブル

JIS C3342では600 Vビニル絶縁ビニルシースケーブルを規定している。Vはビニルを表し、Rは丸形を表す。JISにおいてこのVVRの構造について詳しく規定されている。一部を抜粋したものを表1に示す。

VVRケーブルは単線又はより線導体に塩化ビニル絶縁を施した線心が単心から4心まで規定されている。また、複数の線心は上記条件によりS字よりされている。

4.2 複合構造の検討

今回、光複合化で検討するケーブル構造は、光ファイバの集合を考慮して3心丸形とし、導体サイズはより線導体のなかで最も公称断面積が小さい2 mm²の構造を選択した。

光ファイバの複合方法として、このケーブル構造の場合、3心の電源線をより合わせた肩部に収まるように設計することが、構造変更、外径変更することなしに複合できると考えられる。検討したVVRケーブルの断面図を図2に、ケーブルサイズを表2に示す。

4.2.1 複合する光ユニット構造の検討

前項で示したケーブルへの光ファイバの複合は、製造上、電源線と同一工程内で同じピッチにより合わされる。複合する光

ファイバは、このケーブルを用いて構築するLAN配線から2心双方向で4ch分、計8心とした。光ユニットの断面図を図3に示す。8心は中心のテンションメンバの周りにより合わせ、熱可塑性樹脂で被覆した構造とした。

また、そのユニット外径は集合後の押さえ巻きに当たらないように考慮された外径としなければならない。ユニットの外径過大はケーブルの側圧特性を劣化させる。このため心線としては、0.25 mm φのUV心線を用いた。ファイバの種類はLANでの適用を考えて50/125のGIファイバを使用した。

VVRのよりピッチはJISにより「線心をより合わせた層心径の30倍以下」と決められている。このケーブルの場合約117 mm以下となる。ユニット化したファイバをこのピッチでより合わせ、ドラム巻きした場合、許容されるファイバひずみになっているか考慮しなければならない。ユニット内よりピッチ、電源線とのより合わせピッチ、ケーブル曲げ半径を考慮してユニット内ファイバに加わる最小曲率半径を求め、ファイバの許容曲げ半径以上であることを確認した。

4.2.2 通電時温度上昇について

光・電源線複合ケーブルにおいて、通電時の温度上昇によるファイバへの影響を考慮しなければならない。そこで、このケーブルの許容電流を求め、短絡時の温度上昇と定格電流通電時の温度上昇について実験を行った。

定格電流は15 Aであるので、計算より短絡時に流れる電流は234 Aとなる。

遮断器が動作する電流が234 Aであることがわかったので、この電流を流したときのケーブル内の温度上昇と光ファイバの伝送損失の変化を図4に、定格電流を流し続けたときのケーブル内温度の変化と伝送損失を図5に示し、表3にまとめた。

遮断器は短絡時0.2秒で動作するが、ここでは1秒間通電した。その場合でも約14 の温度上昇にとどまり、定格電流を流し続けた場合は約10 の温度上昇となった。この温度では

表1 JIS C3342の抜粋 (VVRケーブル)
Excerpts from JIS C3342 (VVR cable)

線心の識別	単心 黒 2心 黒, 白 3心 黒, 白, 赤 4心 黒, 白, 赤, 緑
線心の撚り合わせ	導体公称断面積 100 mm ² 以下 層心径の30倍以下
シース	黒

表2 VVRのサイズ
Cable dimensions of VVR

構成	サイズ
導体	公称断面積 2 mm ² 7/0.6
絶縁体厚さ	0.8 mm
シース厚さ	1.5 mm
仕上がり外径	11.0 mm

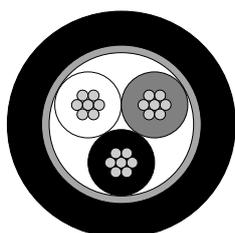


図2 VVR断面図
Cross sectional view of VVR

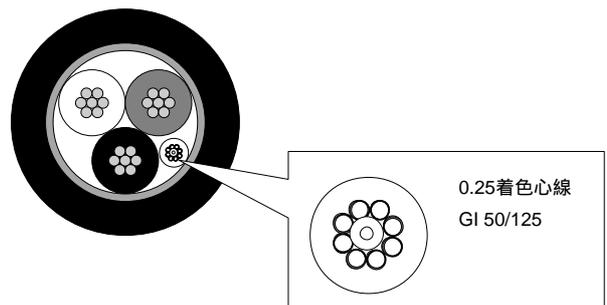


図3 光ユニット複合VVR断面図
Cross sectional view of VVR composite cable

ファイバへのダメージは認められない。よって、複合ケーブルとして十分に使用に耐えうると考える。

4.3 ケーブル特性

このケーブルについて特性を評価した結果を表4にまとめる。一般的な光ケーブルに求められる特性を満足している結果が得られた。

5. 光複合 VVF ケーブルの開発

5.1 VVF ケーブル

JIS C3342 では600 Vビニル絶縁ビニルシースケーブルを規定している。Vはビニルを表し、Fは平型を表す。電源線として広く用いられているのはこのVVFケーブルである。VVFは平型であるためフロア内などに布設しやすい。図6にVVFケーブル構造を示す。

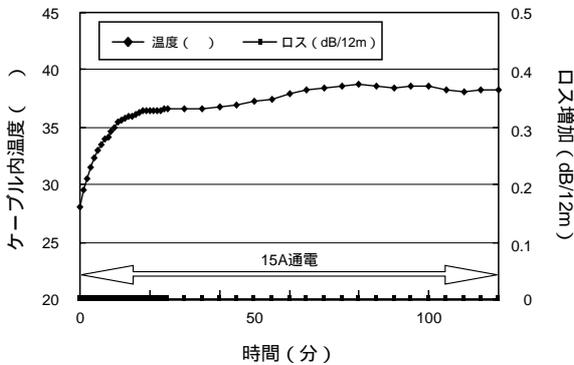


図4 定格電流通電による温度上昇とロスの関係 (15 A)
Relationship between temperature in the cable and transmission loss under constant current (15 A)

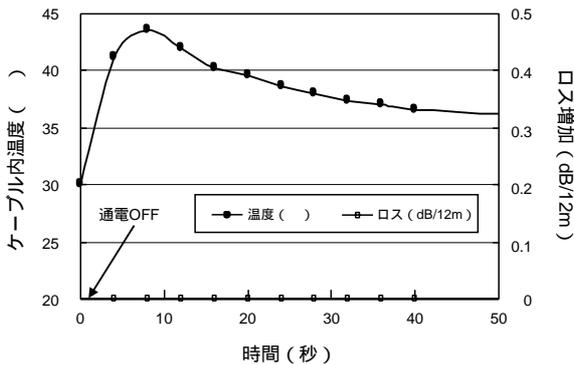


図5 短絡時の温度上昇とロスの関係 (237 A x 1 sec)
Relationship between temperature in the cable and transmission loss at short circuit (237 A x 1 sec)

表3 通電によるケーブル内の温度上昇
Temperature rise in the cable during experiment

	短絡試験	定格電流試験
初期	約30	約28
通電後	約44	約38
ロス増	0.0 dB/12m	0.0 dB/12m

5.2 複合時の問題点

4章ではVVRにユニット化されたファイバを同じよりピッチで集合し複合ケーブルとする構造の検討結果を示した。しかし、VVFは平型で単純な構造であるため、ファイバ心線を複合化する場合には以下のような問題が生じる。

- ・幅方向の曲がりに対して大きなひずみ加わる
 - ・タイト構造のため、ファイバに大きな力加わる
- これらの問題を解決するため以下の検討を行った。

5.2.1 ケーブル構造の検討

VVFを用いた光・複合ケーブルの検討にはVVR同様3心タイプで、導体は単線で直径2 mm φのタイプを選択した。表5には、このVVFのサイズをまとめた。用いる光ファイバ心線数はVVRと同様に8心で考えた。

平型に並べられた絶縁線にタルクが塗布されているため、光ユニットと一緒にシースしてはファイバへのひずみや突き出しが問題となる。タイト構造ではこの問題を解決できないと考え、ルース構造を検討した。しかし、ルースチューブを絶縁線と一括被覆したのではファイバが挿入されたままであるため、布設時の強い曲げなどでファイバへの影響が心配される。そこで、絶縁線とPEパイプを一括被覆することによって、パイプ複合VVFを作製し、布設後に圧縮空気による送り込み工法で光コ

表4 光複合 VVR の評価結果
Optical and mechanical properties of VVR composite cable

試験項目	試験結果
平均伝送損失 (λ = 1.30 μm)	0.40 dB/km
温度特性 - 10 ~ + 60 λ = 1.30 μm	損失変動 0.05 dB/km以下
引張り (400 N)	損失変動 <0.01 dB 残留無し λ = 1.31 μm
曲げ (R = 50 mm)	
捻回 (±90° /1 m)	
側圧 (600 N/25 mm)	
衝撃 (7 kg, 120 mm)	
心線取り出し性	良好

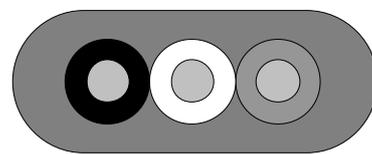


図6 VVFの断面図
Cross sectional view of VVF

表5 VVFのサイズ
Cable dimensions of VVF

構成	サイズ
導体	直径 2 mm
絶縁体厚さ	0.8 mm
シース厚さ	1.5 mm
仕上がり外径	約6.6 x 14.0 mm

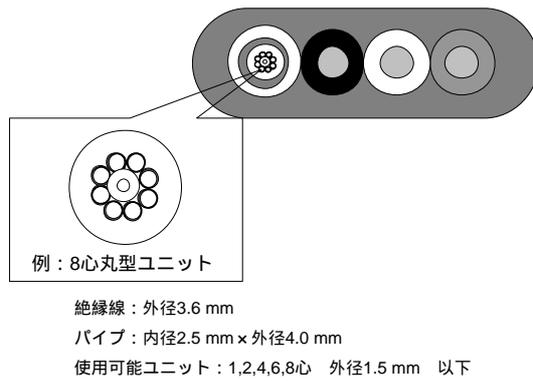


図7 パイプ複合VVFの断面図
Cross sectional view of pipe-composite VVF cable

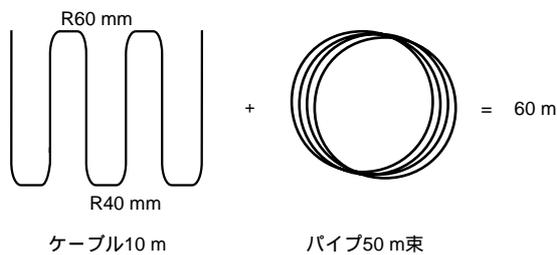


図8 送通実験線路
Experimental wiring configuration of pipe-composite cable

表6 光複合VVFの評価結果
Optical and mechanical properties of VVF composite cable

試験項目	試験結果
平均伝送損失 ($\lambda = 1.30 \mu\text{m}$)	0.40 dB/km

ットをパイプ内に送通し、光・電源線複合ケーブルとする構造を採用した。これにより、布設時のひずみや側圧の問題が解決できる。パイプ複合VVFの断面図を図7に示す。

使用したパイプは内径2.5 mm、外径4.0 mmのPEパイプである。絶縁線の外径は3.6 mm ϕ である。パイプ外径をほぼ同じものに合わせることで、厚さ方向のケーブル外径の拡大を抑え、曲げに対する挙動を同様にした。光ユニットは図7の構造とした。

5.2.2 送通特性

パイプ複合VVFを敷設後、光ユニットが送通できるか確認を行った。図8に通線実験に用いた線路図を示す。パイプ複合VVFを図のようにR = 60, R = 40で曲げて配線し、その先に同じ2.5/4.0 mmのパイプを接続し、パイプ長で60 mとした。これに送り込み用丸形8心ユニットを圧縮空気によって送通させた。

送通は両端から行った。その結果、1分20秒～1分30秒の時間内に全長送通できることが確認された。

また送通後、このケーブルとして特性確認を行ったが、問題となる結果は得られなかった。送通後のユニットの伝送損失を表6に示す。

6. まとめ

電源線として広く用いられている600 Vビニル絶縁ビニルシースケーブルに光ファイバ8心ユニットを複合し、FTTDに対応した光・電源線複合ケーブルにおいて、

VVR: 電源線3心の肩部にユニットを入れ、同じピッチでより合わせる構造のケーブルを開発した。これはVVRの外径を変えることなく光・電源線複合ケーブルを提供する。

VVF: パイプを複合した構造のケーブルを開発した。これは光ファイバのニーズに合わせてユニットを送通することが可能である。またユニットを選択できるため、ファイバ送通本数、種類などが選択可能である。

これらは電源線及び光ケーブルとしての特性を十分に満足するものである。

また、布設ケーブル数を削減することが可能となり、ケーブルの布設作業を軽減するとともに、ケーブル輻輳を改善することが可能となった。

7. おわりに

FTTDに対応した光・電源線複合ケーブルの開発として新規構造のケーブルの開発結果を報告した。これからますますFTTD, FTTHとお客様の側まで光ファイバが配線されることが予想される。今後もFTTD, FTTHに求められる高性能、低コストケーブルの開発を行っていく。

今回報告した光複合VVRは(株)きんでんと古河電工の共同研究による成果であり、「GIGA-POWER」の商品名で2000年7月に納入、使用されている。

参考文献

- 1) 通信白書平成12年度版 郵政省