



地下配線用単心40心／100心型 光ケーブル開発

高見正和*・山本圭吾*・平間隆郎
鈴木洋平・宮野寛・長尾美昭
高橋健・石上茂久・五月女裕之

Development of 40-Fiber Non-slotted and 40/100-Fiber Slotted Core Cables for Underground Distribution — by Masakazu Takami, Keigo Yamamoto, Takao Hirama, Yohei Suzuki, Hiroshi Miyano, Yoshiaki Nagao, Ken Takahashi, Shigehisa Ishigami and Hiroyuki Sotome — As of September 2011, the number of FTTH subscribers in Japan has reached 21 million and is forecast to increase at a consistent pace. To construct FTTH networks more economically, a distribution system using underground conduits has been proposed. In this system, distribution cables are installed in underground conduits and drop cables are routed to each subscriber's home upon request for FTTH service at the midpoint of distribution cable. Here we have developed 40-fiber and 100-fiber cables as distribution cables which have good workability characteristics even in a dimly-lit and narrow space.

Keywords: underground distribution cable, FTTH, 40/100-fiber

1. 緒言

2011年9月末時点の日本国内の全ブロードバンド契約数は3600万加入を越え、その内光ファイバを用いたFTTHサービスは全体の約60%を占める2142万加入に達している（総務省情報通信データベースより引用）。

FTTHの普及に伴う光需要の拡大により、光ケーブル網の構成も多様化しており、従来は架空に布設／設置されてきた配線ケーブル及びドロップ分配点を地下区間にも適用することが検討されている。地下区間に布設するケーブルには、暗所作業性、防水特性等の架空ケーブルとは異なる性能が要求される。本紙ではこれらの要求に応じて開発した地下配線用40心／100心ケーブルについて紹介する。

2. 配線形態と要求性能

FTTHにおける代表的な光ケーブルの配線形態を図1に示す。地下に布設された幹線ケーブルから架空用配線ケー

ブルを経由して、最終的にドロップケーブルにて各戸に光ファイバが引き落とされる。

上記架空配線では、架空配線ケーブルの中間地点（分配点）からFTTHサービス申し込み都度に1心単位で光ファイバを取り出し、単心ファイバを実装したドロップケーブルと接続する。接続作業を行うクロージャ内では光ファイバが剥き出しの状態で行われるため、当社では太くて取り扱い性に優れた直径 $\phi 0.5\text{mm}$ 単心光ファイバを実装させた単心型架空ケーブル（図2）を2005年に製品化した。

単心型架空ケーブルは、単心線を着色した糸で束ねた心線ユニット複数本を緩衝材で包んで、支持線、テンションメンバ、外被切り裂き紐と共に外被ポリエチレンで一括被覆したスロットレス構造を採用している。

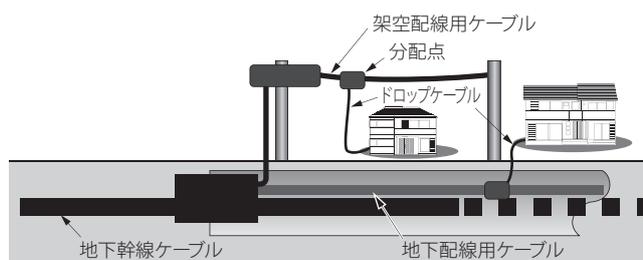


図1 FTTH配線形態例

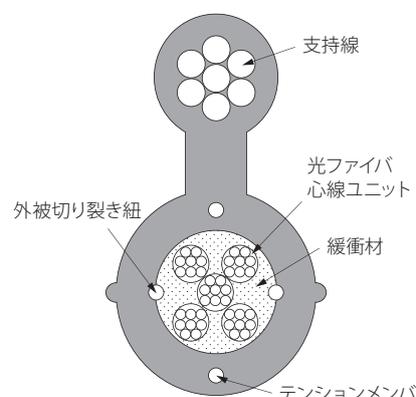


図2 単心架空ケーブル

これに対して、昨今都市景観向上などの目的から配線ケーブルを地下管路に布設し、地下管路からドロップケーブルを引き上げる配線形態（図1）が検討されている。開発する地下配線用ケーブルは以下の性能を考慮して設計を行った。

- ・ $\phi 0.5\text{mm}$ 単心光ファイバ実装
架空配線用ケーブル同様に分配点での心線取り扱い性を向上させるために $\phi 0.5\text{mm}$ 単心線を実装する。
- ・ユニット／光ファイバ心線識別性
地下ケーブルは暗所、狭所での布設作業が多いので架空ケーブルよりも識別性に優れていることが望ましい。
- ・防水特性を有すること
地下ケーブルにはケーブル内部に走水しないように止水性能が求められる。
- ・地下用クロージャ適合
気密性を求められる地下クロージャに適合できる外被設計が必要になる。

3. ケーブル設計検討

今回開発した40心スロットレス型光ファイバケーブルの設計検討について以下に述べる。

3-1 40心スロットレス型光ケーブル構造 40心ケーブルのケーブル構造を図3、構造諸元を表1に示す。架空ケーブル同様に $\phi 0.5\text{mm}$ 単心線8本を着色したテープで束ねた光ファイバユニットを5本集合し、これに緩衝材

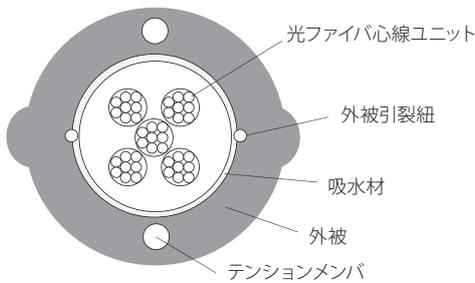


図3 地下配線用40心スロットレスケーブル

表1 ケーブル構造諸元

項目	内容
心線	$\phi 0.5\text{mm}$ 単心線 R15mm 曲げ対応
ユニット	$\phi 0.5\text{mm}$ 単心線8本撚り×5本
バンドル材料	着色テープ
緩衝材	無し
吸水材	吸水テープ
シース材料	黒色PE
ケーブル外径	10.5mm

を用いずに、止水性能を有する吸水テープで直接包んだケーブル芯をテンションメンバ、引き裂き紐と共に外被ポリエチレンで一括被覆したスロットレス構造を採用した。

3-2 バンドル材の選定 前述したように、地下ケーブルは暗所、狭所での布設作業が多いので5本のユニットから所望の1ユニットを選び出す際にはバンドル材の視認性が良い方が望ましい。架空ケーブルで使用していた着色系は、細くて見難いのに加えて、線径がほぼファイバ径と同等であったので、ファイバと見間違える可能性もあった。そこで糸に代わる素材として幅と光沢のある着色テープ（図4）等を検討した。

表2は素材毎に1ユニットを選び出す時間を比較した結果を示しており、着色テープは糸と比較して大幅に作業短縮できることが分かる。

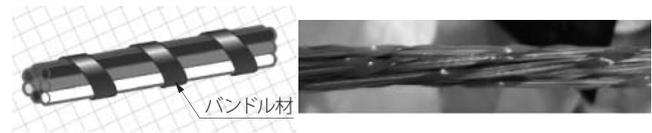


図4 着色テープによるバンドル

表2 ユニット識別性比較

バンドル材	本数 巻き方	検証	
		平均時間 (相対値)	作業感
PET系 (架空と同じ糸)	2本 クロス巻	1.0	△
PET系 (2倍の繊維量)	2本 クロス巻	0.8	△
2.0mm幅 着色テープ	1本	0.4	○
2.5mm幅 着色テープ	1本	0.3	○

尚、テープの幅は、2.0mmよりも2.5mmの方が、若干見やすく視認性に優れるがその差は小さい。一方で、ケーブル芯中に占める着色テープの体積が増えると、細径化の障害にもなるので今回は2.0mmを採用した。

3-3 吸水材の選定 従来の架空スロットレス型ケーブルは架空配線用途のために止水性能を有していないが、地下環境への布設にあたっては止水機能が求められる。今回、スロットレス型ケーブルへの防水機能導入にあたって吸水材の構成2種類について検討を行った。

- ①：架空ケーブルで使用した緩衝材（材質：ポリプロピレン紐）に吸水パウダーを塗布した吸水紐を配置する（図5左）
- ②：不織布テープに吸水パウダーを塗布した吸水テープでケーブル芯を包む（図5右）

いずれの吸水材もスロットケーブル等では適用実績があり十分な止水性能を有することは確認できているが、今回スロットレス構造への適用にあたって、ユニット取り出し性等の作業性観点から両者の優劣を比較して吸水材を選定することにした。

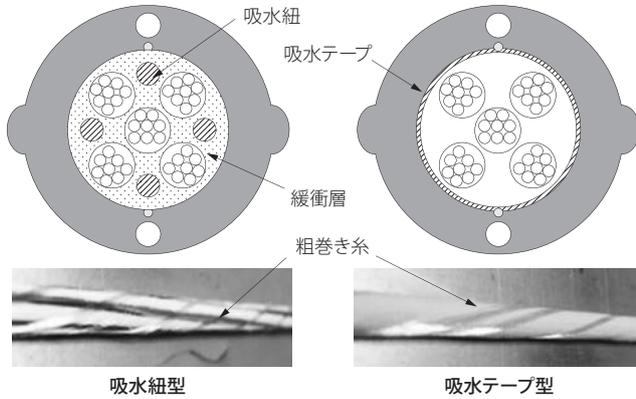


図5 吸水材構成（下段はケーブル芯）

ユニットを取り出す作業手順を以下に示す。

- i) ケーブル外被を解体してケーブル芯を取り出す。
- ii) ケーブル芯周囲に巻いた粗巻き糸をニッパで切断除去してケーブル芯を解体する。
- iii) ファイバ接続作業の邪魔になる吸水紐/吸水テープをニッパで切断除去する。
- iv) 光ファイバユニットのみを取り出して接続作業を行う。

上記手順でユニット取り出し作業を行い、優劣のあったii)、iii)の作業工程について具体的な作業感を表3、作業時間の比較を図6に纏める。

表3 ユニット取り出し作業感

作業工程	吸水紐型	吸水テープ型
ii) 粗巻き糸除去	 △ファイバが露出するため慎重な作業が必要	 ○ファイバが露出していないので安心して作業しやすい
iii) 吸水材除去	 △ファイバを切らない様に注意しながら複数の吸水紐を切断する	 ○簡単に分別して切断できる

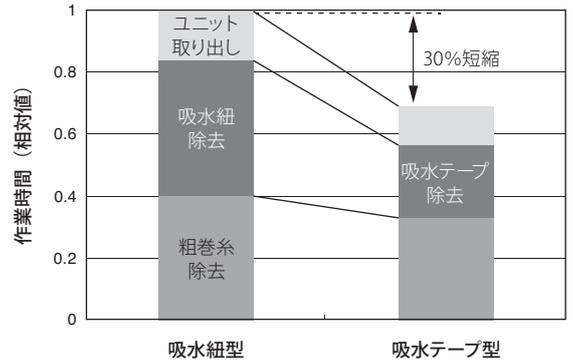


図6 作業時間比較

吸水紐型は、緩衝材等で光ファイバを完全に包囲しておらず紐の隙間から光ファイバが露出した状況での作業が必要になるため慎重に粗巻き糸を切断する必要がある。また複数本の吸水紐を切断する際に都度ファイバを誤切断しないように注意が必要であることが分かる。

一方で吸水テープ型は、吸水テープがファイバ周囲を完全に覆っているので安心して粗巻き糸を切断できる上、吸水テープがユニットと同化することも無く視認性が良いので吸水テープの切断作業も容易であることが分かる。このような作業感の違いによって吸水テープ型は取り出し作業性が良く、図6に示すように粗巻き糸除去から所望のユニットを取り出す迄の作業時間を30%短縮できる。こうした作業上の優位から吸水テープ型を採用した。

3-4 外被形状の検討 スロットレスケーブルの外被上には、切裂き紐の位置に目印の突起を設けている。ケーブル分岐作業時には突起部の外被を除去することで、容易に切り裂き紐を取り出すことができる。地下区間への適用にあたっては、従来の架空ケーブルと同様の突起部視認性に加え、クロージャ端面のケーブル導入部での気密性確保が求められる。

そこで突起形状を表4に示す3水準振って市販の地下クロージャを用いた気密試験を実施した。その結果、突起サイズの大小ではなく、突起の裾部分の傾斜が緩やかな方が

表4 突起サイズとクロージャ気密性の関係

	突起小	突起中	突起大
断面写真			
突起形状 (高さは相対値)	高さ1 架空と同寸	高さ2 裾緩やか	高さ3 裾緩やか
気密試験	不合格	合格	合格

※気密試験方法：初期内圧 39.2kPa、-20℃～+60℃×100サイクル後に一定(31.6kPa)の内圧が維持出来ていること。

気密性に優れることが分かった。今回はケーブルの取り扱い等を考慮し極力円形に近い突起中を採用した。

3-5 ケーブル諸特性 これまでに述べた設計検討に基づいて試作したケーブルにてケーブル諸特性の確認を行った。表5に示すように伝送特性、温度特性、機械特性いずれの項目についても地下環境への布設に適した良好な特性を有することを確認した。

表5 開発品の各種評価結果

項目	試験条件	試験結果
伝送特性	OTDR	0.25dB/km以下 $\lambda = 1550\text{nm}$
温度特性	-30~+70℃ OTDR	0.1dB/km以下 $\lambda = 1550\text{nm}$
引張特性	張力900N	損失変動 0.1dB/心以下 ケーブル損傷無し
曲げ特性	R160mm × 10cyc	
側圧特性	1960N/100mm	
衝撃特性	1kg × 高さ1m	
捻回特性	±90°/1m	
しごき特性	900N、R300mm	
ファイバ残留伸び歪	延線部 BOTDR	0.05%以下
防水特性	人工海水L型40m	良好
地下クロージャ気密性	-20~+60℃ 100サイクル	良好 残圧31.6kPa以上

4. 関連する製品開発

40心スロットレス型光ケーブルと同時に40心および100心実装したスロット型ケーブルも開発した。光ファイバ心線をスロット溝に収納しているためスロットレス型よりも高強度設計となっており凍結管路等の過酷な布設環境にも耐える設計としている。

4-1 ケーブル構造 開発した40心および100心スロット型ケーブルの構造を図7に、構造諸元を表6に示す。スロットレス型と同様に $\phi 0.5\text{mm}$ 単心線8本を着色したテープで束ねた光ファイバユニットを40心の場合はス

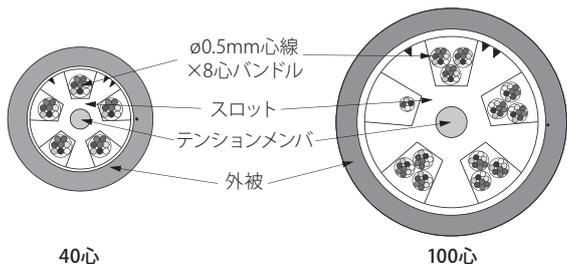


図7 地下配線用スロット型ケーブル

表6 ケーブル構造諸元

項目	構造	
	40心型	100心型
心線	$\phi 0.5\text{mm}$ 単心線 (R15)	
ユニット	0.5心線8本撚り5本	0.5心線8本撚り12本 0.5心線4本撚り1本
バンドル材料	着色テープ	
スロット材料	高密度PE	
シース材料	黒色PE	

ロットの各溝に1本ずつ、100心の場合は3本ずつ（5番溝のみ4心ユニットが1本）集合し、吸水テープを巻き付けた後にポリエチレン外被を施した構造とした。

また、様々な布設形態を想定し、スロットはSZ撚りスロットとした。SZ撚りスロットは一方撚りスロットよりもファイバ余長を長く確保できるのでケーブル中間部でファイバを取り出す作業性が向上する。

4-2 側圧強度比較 スロット型はスロットレス型よりも過酷な布設環境を想定した開発品であり、凍結管路のように大きな側圧がケーブルに付与されても良好なケーブル特性を維持できる設計にしている。図8にスロットレス型ケーブルとスロット型ケーブルの側圧印可時のケーブル潰れ量比較を示す。スロット型はスロットレス型と比較して側圧印可時のケーブル潰れ量が小さく、これによりスロットレス型の2倍の側圧を加えても損失変動、ケーブル損傷が無いことを確認している。詳細は省略するがケーブル諸特性が良好であることも確認できている。

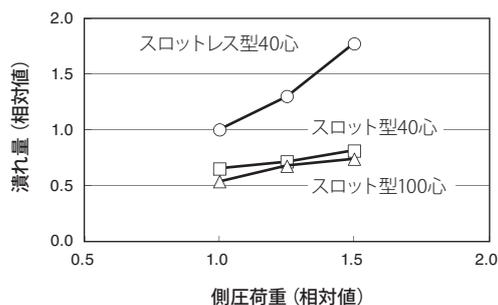


図8 側圧印可時の潰れ量比較

5. 結 言

$\phi 0.5\text{mm}$ 単心光ファイバを実装した地下配線用40/100心スロットレス型/スロット型ケーブルを開発した。開発品は特に作業性向上に配慮し、ユニット識別性を考慮した

バンドル材料として着色テープ、吸水材として吸水テープを採用した。伝送特性、温度特性、機械特性のいずれの項目についても良好となる結果が得られた。

参 考 文 献

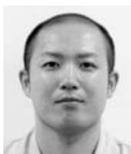
- (1) 山本 他、「地下用単心スロットレス型40心ケーブルの開発」、電子情報通信学会2012年総合大会、予稿B-10-5
 - (2) 山本 他、「地下用単心スロット型40心／100心ケーブルの開発」、電子情報通信学会2012年総合大会、予稿B-10-6
 - (3) NTT中根 他、「設備構築・運用の効率化を図る単心光ケーブルの開発」、電子情報通信学会2012年総合大会、予稿B-10-8
-

執 筆 者

高見 正和*：光通信事業部 生産技術グループ 主査
FTTH用光ファイバケーブルの開発・設計に従事



山本 圭吾*：光通信事業部 生産技術グループ
FTTH用光ファイバケーブルの開発・設計に従事



平間 隆郎：光通信事業部 ケーブル製造部
鈴木 洋平：光通信事業部 ケーブル製造部
宮野 寛：光通信事業部 技術部 主席
長尾 美昭：光通信事業部 技術部 主席
高橋 健：光通信事業部 ケーブル製造部 工場長
石上 茂久：光通信事業部 ケーブル製造部 グループ長
五月女裕之：光通信事業部 技術部 グループ長

*主執筆者