

**TTC標準**  
Standard

JT-L100

ダクト・トンネル用光ファイバケーブル

Optical fibre cables for duct and tunnel application

第1版

2023年5月18日制定

一般社団法人  
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。  
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、  
改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

## 目 次

<参考> .....	4
<L.100/L.10 (2021/05) 和訳> .....	5
1. 規定範囲 .....	6
2. 参照 .....	6
3. 定義 .....	9
3.1 他で定義された用語 .....	9
3.2 本標準で定義された用語 .....	9
4. 略語 .....	9
5. 慣例 .....	9
6. 光ファイバケーブルの特性 .....	10
6.1 光ファイバ特性 .....	10
6.2 機械特性 .....	10
6.3 環境特性 .....	12
6.4 火災安全 .....	15
7. ケーブル構造 .....	16
7.1 ファイバ被覆 .....	16
7.2 ケーブル構成部材 .....	17
7.3 シースとジャケット .....	20
7.4 外装 .....	21
7.5 ケーブル識別 .....	21
7.6 ケーブルの密封 .....	21
7.7 ダクト敷設における留意事項 .....	21
付属文書A 試験方法 .....	23
A.1 標準試験基準 .....	27
A.2 ケーブル構成部材に関する試験方法 .....	28
A.3 ケーブルの機械特性に関する試験方法 .....	30
A.4 環境特性に関する試験方法 .....	33
参考文献 .....	39

## <参考>

### 1. 国際勧告との関係

本技術仕様は、ITU-T 勧告 L.100/L.10(2021/05)に準拠したものである。

### 2. 上記国際勧告等との相違

#### 2.1 追加項目

なし

#### 2.2 削除項目

なし

#### 2.3 変更項目

なし

#### 2.4 章立ての相違

なし

#### 2.5 その他

なし

### 3. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1版	2023年5月18日	制定

### 4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施に係る確認書」の提出状況は、TTC ホームページを参照

### 5. その他

#### 5.1 参照する勧告、標準など

「2章 参照」を参照

### 6. 標準作成部門

光ファイバ伝送専門委員会

## <L.100/L.10 (2021/05) 和訳>

### ダクト・トンネル用光ファイバケーブル

#### 概要

TTC 標準 JT-L100 は、ダクト及びトンネルに適用され牽引方式で敷設される光ファイバケーブルの特性、構造、試験方法、及び性能基準を記載している。本標準は ITU-T 勧告 L.100 に準ずる。なお、ITU-T 勧告 L.10 は、2016 年 2 月に ITU-T 勧告 L.100 第 3 版として文書番号が再指定されている。

本標準は、光ファイバの性能を十分に担保するために、ケーブルに要求される特性について説明する。次に、ケーブルが所望の特性を有するか否かを試験する方法について説明する。ここでは、ケーブルに推奨される詳細な性能基準を記述する。

推奨される技術要件は、IEC 60794-3-11(ダクト、直接埋設、及び架空用屋外光ファイバケーブル)を参照している。特に、ダクト及びトンネルケーブルに適した推奨要件を記述している。

要求条件は敷設条件に応じて異なる場合がある。そのため、顧客と製造業者との間で合意すべき個別条件の事例を記載する。

#### キーワード

光ファイバケーブル、ダクト、トンネル、機械特性、環境条件、試験法

## 1. 規定範囲

本標準は、次のとおりである。

- ダクト及びトンネル内の通信ネットワークに使用する牽引方式で敷設されたシングルモード光ファイバケーブルに言及する。
- 光ファイバの寸法及び伝送特性は、その試験方法とともに、[JT-G652]、[ITU-T G.653]、[JT-G654]、[ITU-T G.655]、[ITU-T G.656]、[JT-G657]及び[IEC 60793-2-50]に一つ以上適合すべきことを推奨する。
- 当該光ファイバケーブルの機械特性及び環境特性について規定する。
- 当該光ファイバケーブルに適用される[IEC 60794-3-11]の技術仕様に言及する。
- ダクト及びトンネル適用空間に関連するこれらの試験の性能基準を推奨する。

## 2. 参照

以下の ITU-T 勧告及びその他の参考文献は、本標準内で参照され、本標準を構成する規定を含んでいる。本標準の発行時は、記載の版数が最新である。すべての勧告及び他の参考文献は改訂されることがある。したがって、本標準の読者には、以下の勧告及び他の参考文献の最新版を適用すべきか確認することを勧める。現時点で有効な ITU-T 勧告のリストは定期的に発行されている。本標準に記載の文献の参照は、独立した文献として、その勧告の状態を示すものではない。

[JT-G650.1]	JT-G650.1 (2022), シングルモード光ファイバ及びケーブルの線形特性の定義及び試験方法
[ITU-T G.650.2]	Recommendation ITU-T G.650.2 (2015), <i>Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.</i>
[ITU-T G.650.3]	Recommendation ITU-T G.650.3 (2017), <i>Test methods for installed single-mode optical fibre cable links.</i>
[JT-G652]	JT-G652 (2018), シングルモード光ファイバ及びケーブルの諸特性
[ITU-T G.653]	Recommendation ITU-T G.653 (2010), <i>Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.</i>
[JT-G654]	JT-G654 (2020), カットオフシフトシングルモード光ファイバ及びケーブルの諸特性
[ITU-T G.655]	Recommendation ITU-T G.655 (2009), <i>Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.</i>
[ITU-T G.656]	Recommendation ITU-T G.656 (2010), <i>Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport.</i>
[JT-G657]	JT-G657 (2016), 低曲げ損失シングルモード光ファイバ及びケーブルの諸特性

- [ITU-T K.29] Recommendation ITU-T K.29 (1992), *Coordinated protection schemes for telecommunication cables below ground.*
- [ITU-T K.47] Recommendation ITU-T K.47 (2012), *Protection of telecommunication lines against direct lightning flashes.*
- [ITU-T L.108] Recommendation ITU-T L.108 (2018), *Optical fibre cable elements for microduct blowing-installation application.*
- [ITU-T L.126] Recommendation ITU-T L.126/L.27 (1996), *Method for estimating the concentration of hydrogen in optical fibre cables.*
- [ITU-T L.161] Recommendation ITU-T L.161/L.46 (2000), *Protection of telecommunication cables and plant from biological attack.*
- [IEC 60304] IEC 60304:1982, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires.*
- [IEC 60331-25] IEC 60331-25:1999, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 25: Procedures and requirements – Optical fibre cables.*
- [IEC 60332-1-2] IEC 60332-1-2:2004, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for 1 kW pre-mixed flame.*
- [IEC 60332-3-24] IEC 60332-3-24:2018, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 3-24: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category C.*
- [IEC 60708] IEC 60708:2005, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath.*
- [IEC 60754-1] IEC 60754-1:2011, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the halogen acid gas content.*
- [IEC 60754-2] IEC 60754-2:2011, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of acidity (by pH measurement) and conductivity.*
- [IEC 60793-1-1] IEC 60793-1-1 (2017), *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance.*
- [IEC 60793-1-21] IEC 60793-1-21:2001, *Optical fibres – Part 1-21: Measurement methods and test procedures – Coating geometry.*
- [IEC 60793-1-32] IEC 60793-1-32:2018, *Optical fibres – Part 1-32: Measurement methods and test procedures – Coating strippability.*

- [IEC 60793-1-40] IEC 60793-1-40:2019, *Optical fibres – Part 1-40: Attenuation measurement methods.*
- [IEC 60793-2-50] IEC 60793-2-50:2018, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres.*
- [IEC 60794-1-1] IEC 60794-1-1:2015, *Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General.*
- [IEC 60794-1-2] IEC 60794-1-2:2021, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Cross references table for optical cable test procedures.*
- [IEC 60794-1-21] IEC 60794-1-21:2015, *Optical fibre cables – Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical tests methods.*
- [IEC 60794-1-23] IEC 60794-1-23:2019, *Optical fibre cables – Part 1-23: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Cable element test methods.*
- [IEC 60794-1-31] IEC 60794-1-31:2021, *Optical fibre cables – Part 1-31: Sectional Specification for cable element – Optical fibre ribbons.*
- [IEC 60794-1-215] IEC 60794-1-215:2020, *Optical fibre cables – Part 1-215: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental test methods – Cable external freezing test, Method F15.*
- [IEC 60794-3] IEC 60794-3:2014, *Optical fibre cables – Part 3: Outdoor cables – Sectional specification.*
- [IEC 60794-3-11] IEC 60794-3-11:2010, *Optical fibre cables – Part 3-11: Outdoor cables – Product specification for duct, directly buried, and lashed aerial single-mode optical fibre telecommunication cables.*
- [IEC 60811-202] IEC 60811-202:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 202: General tests – Measurement of thickness of non-metallic sheath.*
- [IEC 60811-203] IEC 60811-203:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 203: General tests – Measurement of overall dimensions.*
- [IEC 60811-501] IEC 60811-501:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 501: Mechanical tests – Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds.*
- [IEC 61034-1] IEC 61034-1:2005, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 1: Test apparatus.*
- [IEC 61034-2] IEC 61034-2:2005, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 2: Test procedure and requirements.*

[IEC 61196-1-313] IEC 61196-1-313:2009, *Coaxial communication cables –Part 1-313: Mechanical test methods – Adhesion of dielectric and sheath.*

[ISO 11357-6] ISO 11357-6:2018, *Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 6: Determination of oxidation induction time (isothermal OIT) and oxidation induction temperature (dynamic OIT).*

### 3. 定義

#### 3.1 他で定義された用語

本標準の目的として、[JT-G650.1]、[ITU-T G.650.2]、[ITU-T G.650.3]及び[IEC 60794-1-1]で示す定義を適用する。

特に IEC で定められる試験手順及び仕様を参照する際に使用される用語は、[IEC 60794-1-1]及び他の参照される IEC 標準に従う。

#### 3.2 本標準で定義された用語

本標準は以下の用語を定義する。

**3.2.1 損失及び損失係数:** 長さあたりの値-dB/km-で表される。簡潔さ及び利便性のため損失が用いられ、正確には損失係数である。

**3.2.2 ケーブル重量 (W):** 垂直に吊るされたケーブル 1 km の重量から加わる力(N)である。

**3.2.3 ジャケット:** シースの一部としてファイバケーブルの主保護を含む 1 つ以上のポリマー製カバー。必要に応じてインナージャケット又はアウタージャケットを使用してもよい。

**3.2.4 シース:** ファイバ・コアを囲んで保護するケーブル構成部材のアセンブリ。必要に応じて、ジャケット、抗張力体、外装、防湿層などを含むが、これらに限定されない。

### 4. 略語

本標準は以下の略語と頭文字を使用する。

BoL	Beginning of Life	ケーブルの試験及び基準に適用される初期寿命
d	ケーブル、コアチューブ、その他のケーブルエレメントの外径	(6.2.3.1 節参照)
DS	Detail Specification	詳細仕様
EoL	End of Life	ケーブルの試験及び基準に適用される長期寿命
L <sub>s</sub> or L <sub>m</sub>	ケーブル定格張力	
L <sub>L</sub>	長期又は残留ケーブル定格荷重	
OD	Outer Diameter	外径
OIT	Oxidative Induction Time	ポリオレフィン材料に適用される酸化誘導時間
r or R	指定されるケーブルエレメントの半径	
SZ	反転回転撚り	
T <sub>A</sub>	環境特性の温度下限	
T <sub>B</sub>	環境特性の温度上限	

### 5. 慣例

なし

## 6. 光ファイバケーブルの特性

### 6.1 光ファイバ特性

製造業者と顧客との間の合意に基づき、以下の光ファイバタイプは本標準のケーブルでの使用が考慮される。[JT-G652]、[ITU-T G.653]、[JT-G654]、[ITU-T G.655]、[ITU-T G.656]、又は[JT-G657]に記載されるシングルモード光ファイバを使用することが望ましい。それぞれに対応する IEC ファイバカテゴリは、[b-TR-GSup.40]の付録 V に示されている。

#### 6.1.1 伝送特性

各光ファイバの典型的な伝送特性はそれぞれの勧告に記載されている。本標準のユーザが別段の指定をしない限り、これらの値はケーブル化された光ファイバにも適用される。ファイバの使用波長における不連続点の最大値は[IEC 60794-1-1]に従うことが望ましい。

#### 6.1.2 ファイバのマイクロバンド損失

光ファイバ長手方向の局所的な側圧によって短い長さには生じる局所的な数マイクロメートルの軸方向変位による微小な曲げによって、光ファイバの損失増加が生じることがある。これをマイクロバンド損失と呼ぶ。マイクロバンド損失は、製造時や敷設時の歪、及び稼働中の温度変化によるケーブル材料の寸法変化によって生じる可能性がある。

マイクロバンドによって光損失が増加する恐れがある。マイクロバンド損失を低減するためには、ファイバをケーブル化する際、及びケーブルの敷設中や敷設後においても、ファイバの軸方向に沿ったランダムな応力を最小限に抑えることが望ましい。

#### 6.1.3 ファイバのマクロバンド損失

マクロバンド損失は、光ファイバの曲げ(典型的に半径数 mm の曲げ)によって生じる。

ケーブル製造後及び敷設後の光ファイバの曲げによって、光損失が増加する恐れがある。曲げによって生じる光損失は、典型的に曲げ半径が小さくなるに従って増加する。

注記 - JT-G657 光ファイバはマクロバンド損失が小さくなるように最適化されている。

#### 6.1.4 ファイバ寸法

ファイバのコア径、モードフィールド径、及びクラッド径は、ITU-T 勧告 G.65x シリーズに定義されている。

非円や偏心など、全てのファイバ寸法と関連する特性は、ケーブル化されたファイバ及びファイバ融着やコネクタ化の性能において重要である。そのため、[IEC 60793-2-50]は臨界値と測定法を規定している。ファイバの被覆径の範囲は、[IEC 60793-2-50]に準拠していることが望ましい。

## 6.2 機械特性

### 6.2.1 機械特性の評価

ケーブルの機械特性は、[IEC 60794-3-11]の試験方法と要件、及び A.3 節の当該の推奨事項を用いて評価することが望ましい。

### 6.2.2 引張強度

光ファイバケーブルは、製造中及び敷設中に短期間の負荷を受ける。また、運用中には連続的な静的負荷及び/又は周期的な負荷(例えば温度変化)の影響を受ける可能性がある。ケーブルの寿命のうち、様々な要

因によって生じるケーブルの張力変化によって、ケーブル構成物の特異的な移動が起こることがある。この影響はケーブル設計の際に考慮しておくことが望ましい。過度のケーブル引張負荷によって光損失が増加する可能性がある。また、ケーブルが弛緩できない場合にはファイバの残留歪が増加する可能性もある。ケーブルの運用寿命中に永続的な負荷を受ける場合、ファイバの信頼性に悪影響を与えるレベルを越える歪をファイバに与えてはならない(A.3.1 節を参照)。これらの問題を避けるため、ケーブル構造、特に、抗張力体の設計によって決まる最大の引張強度を越えない方が望ましい。

#### 6.2.2.1 定格張力

本標準における標準的なケーブル定格張力  $L_s$ (又は  $L_M$ )は  $1.5W$  である。ここで、 $W$  は垂直に吊り下げられたケーブル  $1\text{ km}$  の重量から加わる力(N)である。

この結果が  $2700\text{ N}$  を越える場合、定格張力は  $2700\text{ N}$  とする。

長期ケーブル定格荷重  $L_L$  は、定格張力  $L_s$  の  $30\%$  とする。

#### 6.2.3 曲げ

敷設中に生じる動的な条件下では、ファイバはケーブル張力及び曲げの両方によって歪を受ける。ケーブルの抗張力体と敷設曲げ半径は、これらを合わせた動的歪を低く抑えるように選択することが望ましい。経路と保管方法によっては、敷設後に永久的な曲げが生じることがある。マクロバンド損失を小さく抑えるとともに、ファイバ寿命の制約となる長期歪を小さく抑えるように、ケーブル敷設後に残るファイバ曲げの半径は十分に大きいことが望ましい。

最小曲げ直径は、シースの物理的な健全性、ファイバ歪の制限、及びマクロバンド損失によるファイバ損失性能にとって重要なパラメータである。ケーブルのコア構造が小さい場合は、ケーブルのコア構造が大きい場合よりも比較的小さい直径で曲げることができる。

##### 6.2.3.1 最小曲げ直径

製造業者は、ケーブルの標準的な最小曲げ直径を明らかにすることが望ましい。ケーブル曲げ直径は以下の通り定義される。

残留(敷設後) :  $20 \times$  ケーブル外径、又は、 $30 \times$  ケーブル外径

負荷条件(敷設中) :  $40 \times$  ケーブル外径

マイクロダクトケーブルなど非常に細いケーブルの場合、製造業者は、ケーブル外径とは無関係に固定のケーブル最小曲げ直径を規定してもよい。ただし、最小曲げ直径は、抗張力体の設計や構成など、ケーブル構造に依存することにも注意することが望ましい。

注記 - 一部のケーブル試験及び仕様では、装置又はシーブの半径に関して曲げの基準がある。不適切な試験とならないよう注意することが望ましい。

#### 6.2.4 圧壊

ダクト又はトンネル用ケーブルは、敷設中及び運用寿命中に圧壊してしまう可能性がある。特徴として、圧壊事故は比較的短い長さのケーブルで発生する。圧壊は、敷設中に短期間で起こる場合もあれば、ケーブルの運用寿命に亘って長期間で起こる場合もある。

ケーブルは、光ファイバが外部からの圧縮応力を受けないように構成されている。圧壊による性能劣化に対する耐性は、ケーブルの構成と寸法の影響を受ける。

圧壊によってケーブルの物理的な健全性が損なわれたり、あるいは、光損失が一時的又は永久的に増加する可能性がある。過度の圧力によってファイバが破損する可能性がある。

## 6.2.5 衝撃

ダクト又はトンネル用ケーブルは、敷設中及び運用寿命中に衝撃を受ける可能性がある。いずれの場合も衝撃は一時的なものであるが、ケーブル性能が悪化し、ケーブルの運用寿命に亘って影響を与える可能性がある。

ケーブルは、光ファイバが外部からの圧縮応力を受けないように構成されている。衝撃による性能劣化に対する耐性は、ケーブルの構成と寸法の影響を受ける。

衝撃によってケーブルの物理的な健全性が損なわれたり、あるいは、光損失が一時的又は永久に増加する可能性がある。過度の圧力によってファイバが破損する可能性がある。

特徴として、衝撃によって、ケーブルジャケットの外表面に目に見える亀裂、裂け目、又はその他の穴が生じる可能性がある。

## 6.2.6 ねじり

敷設中及び運用中に生じる動的な条件下で、ダクト又はトンネル用ケーブルはねじりを受ける可能性がある。これは、敷設中に張力がかかっている可能性があり、敷設が完了した後もねじりが残留している可能性がある。ねじりは、敷設中のケーブル巻き取りが原因である可能性があり、ケーブルの運用寿命中に亘って残ることがしばしばある。ねじりはファイバの光損失及び／又はシースの裂けなどシースの損傷を引き起こすことがある。ケーブルはねじりに耐えられるよう十分な堅牢性が必要であり、光損失増加及び／又はシース損傷を起こすことなく、単位長さあたりのケーブルねじりが適切な回数になるよう設計することが望ましい。

特徴として、ねじりによって、ケーブルジャケット外表面に目に見える亀裂、裂け目、又はその他の穴が生じる可能性がある。

## 6.2.7 ケーブルの目視検査

多くの場合、ダクト又はトンネル用ケーブルの目視検査は、試験又は敷設の最中、又はその後に行うのが適切である。ケーブルの目視検査は、通常又は通常の矯正視力によって行うことが望ましい。拡大観察が必要である。これにより、拡大と被写界深度の最も効果的な組み合わせを提供する。

## 6.3 環境特性

### 6.3.1 環境特性の評価

ケーブルの環境特性は、[IEC 60794-3-11]の試験方法と要件、及び A.4 節の該当の推奨事項を用いて評価することが望ましい。

### 6.3.2 温度変化

運用寿命の間、ケーブルは著しい温度変化にさらされる可能性がある。このような条件下において、ファイバの損失増加は仕様の上限を超えてはならない。

ダクト及びトンネル用ケーブルは、通常、他の屋外用ケーブルよりも温度変化の範囲は小さい。しかし、これらのケーブルの一部は地上に敷設される可能性があり、ダクト又はトンネル内で凍結する可能性がある。また、これらのケーブルは、加熱パイプの近傍のような高温環境に敷設される可能性もある。したがって、ダクト及びトンネル用ケーブルは、広範囲の温度域で使用されるために十分に堅牢であることが望ましい。その結果、ケーブルが敷設される場所の動作温度範囲を事前に調査し、その環境に適したケーブル設計を選択する必要がある。

ケーブル構成部材は異なる熱膨張係数を持ち、異なる寸法変化を引き起こす可能性がある。これは、マイクロバンド、又は曲げによる光ファイバの損失増加を引き起こす可能性がある。したがって、ケーブルの損

失特性の評価などでは過酷な温度条件での試験も行われることが推奨される。

様々な温度でケーブル構成部材の挙動は異なるため、敷設温度範囲を規定することも考慮することが望ましい。表1に、ダクト及びトンネル用ケーブルに適した標準温度範囲を示す。

表1- ケーブルの標準温度範囲

条件	温度範囲
動作 (°C)	-30~+60 [IEC 60794-3-11]
敷設 (°C)	0~+50 (PVCシース) [b-IEC TR 62691] -15~+50 (PEシース) [b-IEC TR 62691]
注記 - 既存の仕様の多くで、動作範囲の下限は-40°Cに設定されている。これらの基準に従って試験されたケーブルは、上記の標準範囲に準拠していると見なされる。	

### 6.3.3 浸水

ケーブルシース又は融着クロージャ部に損傷が生じた場合、ケーブルコア又はシースの構成物間に水が長手方向に侵入することがある。ファイバ及びケーブルの構成物には、種々の問題が発生する可能性がある。

ケーブルコア内に水が存在すると、ファイバの引張強度が低下し、静的破壊までの平均時間が減少する。この発生頻度は、ファイバ被覆の性能、暴露するファイバの長さ、及び暴露時間に依存する。ケーブル端部のクロージャに水が浸入すると、ファイバや融着にも同様の影響がある。

ほとんどの構成物が水分に対して非反応性であるため、ケーブルシースの隙間に存在する水は一般的には無害である。しかし、金属材料の腐食が起こり、電解腐食と水素の生成が加速される。材料が水分と反応しやすい場合、非金属の抗張力体の強度が低下する可能性がある。

ケーブル内の水は凍ることがあり、ある条件下ではファイバは押しつぶされ、結果として光損失が増加し、またファイバが破断する可能性がある。

水の長手方向への浸入は最小限に抑えるか、可能であれば防止することが望ましい。ケーブル内の長手方向の浸水を防止するためには、ケーブルコアとシースの隙間を完全にコンパウンドで充填するか、若しくは個別の止水又は膨潤性の構成物(テープ、ロービングなど)で充填するなどの技術を用いることが望ましい。充填されていないケーブルの場合は、ドライガス加圧を用いることができる。したがって、ケーブルに浸水試験を行うことが推奨される。

浸水試験は、指定された水頭に指定された期間にわたって水がケーブルの試験体を浸入する程度を測定する。

### 6.3.4 透湿

ケーブルシースに一般的に使用されるプラスチック材料は、ある速度で湿気が浸透する。浸水と同様に、湿気がケーブルシースを透過してケーブルコアに到達すると、光ファイバの引張強度と寿命が低下する。

主にファイバ被覆の性能により、湿気による損傷は抑制される。シースの透湿速度を減少させるバリアとして、種々の材料が使用される。連続的な金属バリアは、透湿を最小化又は防止するために効果的である。長手方向に重なった金属箔又はテープを接着、熱溶接又は溶接して密閉することによって、透湿を最小化できる。金属フリーケーブルにおいて、長手方向の浸水の伝播を防止するのに有効な充填材は、径方向のプラスチックシースからの透湿は妨げない。

### 6.3.5 空気抵抗

非充填(空芯)ケーブルの空気抵抗は、ケーブルコアを湿気から保護するためにドライガス加圧を使用する

システムにおいて重要なパラメータである。このようなシステムは、ケーブルの加圧された部分(通常はコア又はインナージャケット構造)に入る水分を除去するためにドライガスの流れを必要とする。そのため、システム設計基準に基づいて、ガスはコアを通過できなければならない。

逆に、ガス漏れを最小限に抑えるためのバリアにケーブルを通すこともある。環境に配慮した容器や防水隔壁などがその例である。このようなケーブルは、高い空気抵抗で設計される。

注記 - [b-ITU-T TR.ofcs]の第2章で定義されている基準に沿った空気の流束が許容される場合にのみ、ケーブルを加圧できることが意図されている。

### 6.3.6 凍結

ダクトが敷設されている地面の温度が氷点下を下回ると、ダクト用ケーブルの凍結が発生することがある。ダクトは凍結線より下に埋まっているのが特徴であるが、地域の違いや地面からの移行部のために凍結することがある。頻度は少ないが、トンネル用ケーブルにおいても氷点下になることがある。氷の膨張が最も大きくなるのは-2°Cであるため、ケーブルの凍結に対して過酷な条件は不要である。

ケーブルのダクト周りの地面は濡れていることが多く、凍結することがある。ダクトは、水が溜まる可能性のあるメンテナンスホールやその他の構造物を通過することがある。また、ダクトは、ケーブルとダクト壁との間のダクト内で水を受ける場合がある。凍結の影響は主としてダクトの剛性とケーブルの堅牢性に依存する。多くのダクトは柔軟性があり、ダクトの内部にも外部にも氷の膨張による影響をあまり受けない。一部のダクトは金属パイプ又はコンクリートダクトであり、ダクト外部の凍結力による影響を受けるが、ダクト内部の凍結力は抑制する。

浸水や透湿によりケーブル内の水は凍結することがあり、ある条件下ではファイバは押しつぶされ、結果として光の損失が増加し、またファイバが破断する可能性がある。浸水と透湿に対するケーブル特性により、このようなリスクを最小限に抑えることができる。

#### 6.3.6.1 外部凍結

一般的に、ケーブルが金属パイプやコンクリートダクトなどの硬質ダクト構造内に留められ、そのダクト内に水がある場合にのみ、外部凍結は危険である。これは6.3.6.2節で扱われる。

より一般的なフレキシブルダクトでは、ダクト周囲の地盤又はダクト内の凍結のリスクはほとんどないことが知られている。同様に、露出したケーブルの周りに溜まった水の凍結もほとんどリスクがないことが知られている。組み合わせさせた性能基準を満たすために必要なダクト及びトンネル用ケーブルの堅牢性は、一般的に外部凍結によるケーブルの圧壊に耐えるのに十分である。このような試験条件はA.4.6節で扱う。

#### 6.3.6.2 限られた空間での凍結

硬質ダクト内の光ケーブル周囲の水の凍結は、水が凍結する際の水の膨張が抑制されるため、大きな圧壊力を発生させる。この危険性が予想される用途では、非常に堅牢なケーブル設計又は圧力吸収エレメントを使用した敷設方法を使用してもよい。このような試験条件はA.4.6節で扱う。

### 6.3.7 エージング

光ケーブルは、長期間(通常は20年以上)にわたって安定した性能が得られるように設計される。ファイバとケーブルの製品寿命にわたる性能の変化は非常に重要である。ファイバとケーブルの製品寿命時(EoL)の性能は、承認された保守的な設計原理により非常に良好である。

エージング試験は、長期間にわたって高温保持することによる推定からケーブル構成物の反応を評価する。これはEoL試験ではなく、初期(BoL)特性の試験であるが、エージングにより推定されたケーブル性能は、製造業者と顧客との間の合意を得るために使用することができる。これはA.4.2節で扱う。

### 6.3.8 水素ガス

水分及び金属元素の存在下では、水素ガスが発生することがある。水素ガスが石英ガラス中に拡散し、光損失を増加させることがある。ケーブルの構成部品の結果として、ケーブル内の水素ガス濃度は、光損失の増加の長期的な影響を許容レベルまで十分に低くすることが望ましい。光ケーブル中の水素ガス濃度を見積もる方法は、[ITU-T L.126]に記載されている。詳細な情報は[b-IEC TR 62690]に記載されている。

ファイバは、光伝送に使用される波長におけるこれらの影響を最小限にするように設計される。また、動的ガス加圧及び水素吸収材料を使用し、慎重な材料選択及び構造により、光損失の増加は、ケーブルの運用寿命にわたって許容限度内に維持され得る。

### 6.3.9 落雷

金属シース、抗張力体、従来の銅線ペアとのハイブリッドケーブル、又は同軸ユニットなどの金属要素を含むファイバケーブルは落雷を受けやすい。直接埋設されたケーブルよりも影響を受けにくい一方で、ダクト、トンネル構造内の金属部品、若しくは隣接したケーブルの周囲の地中の落雷は、ダクト及びトンネル用ケーブルにアーク放電し損傷を与える可能性がある。

落雷による損傷を防止又は最小限に抑えるために、[ITU-T K.29]と[ITU-T K.47]を考慮することが望ましい。

### 6.3.10 振動

ダクト及びトンネル用ケーブルは、ダクトやケーブルに振動が伝わるような構造物や場所に敷設されると、振動の影響を受けることがある。

ダクトを橋に敷設する場合、橋の構造と交通量の種類に依存して、種々の低周波の比較的高い振幅の振動を受ける。ダクトやトンネル内の地中のケーブルは、交通や鉄道などからの持続的な振動、あるいは、杭打ちや発破などのまねな作業からの振動にさらされる可能性がある。

どのような場合でも、ケーブルは、障害やパフォーマンスの低下なしに、これらの振動に耐えることが望ましい。

敷設方法の選択には注意されることが望ましい。十分に確立された監視手順は、振動活動を特定することができ、この問題を最小限に抑えるための慎重な経路選択を可能にする。

### 6.3.11 生物的被害

光ファイバケーブルの寸法と配置により、生物攻撃に対して脆弱になりえる。

ダクト内のケーブルは、架空ケーブルや埋設ケーブルよりもげっ歯類の攻撃を受けにくい。ただし、メンテナンスホール内のケーブル端部は脆弱である可能性がある。トンネル壁に敷設されたケーブルは、その全長にわたって脆弱である可能性がある。どちらのタイプも昆虫にさらされるが、昆虫による被害は一般的ではない。

ダクト及びトンネル用ケーブルは、一般的に、菌類に対し非栄養性であるポリエチレンで覆われる。難燃性ジャケット材料は、同様に非栄養性であるものを選択することが望ましい。

このトピックについては、[ITU-T L.161]に記載されている。

## 6.4 火災安全

ダクト及びトンネル用ケーブルの火災安全性は、一般的に敷設仕様及び可能な火災安全制約の問題である(地域及び国の規範を参照)。

ほとんどの国では、トンネルや建物の入り口に敷設される光ケーブルには、火災に対する性能要件を満たすことが必要とされている。火災に対する性能要件は各国で異なる場合がある。トンネルや建物の入口に敷

設される光ケーブルは、各国の火災安全規格に適合するか、又は各通信事業者の火災安全規格に適合することが望ましい。火災安全規格が規定されていない場合には、以下の IEC 規格([IEC 60331-25]、[IEC 60332-1-2]、[IEC 60332-3-24]、[IEC 60754-1]、[IEC 60754-2]、[IEC 61034-1]及び[IEC 61034-2])を考慮することが望ましい。手引きは[b-IEC TR 62222]にある。

## 7. ケーブル構造

### 7.1 ファイバ被覆

#### 7.1.1 一次被覆

石英ファイバ自体は本質的に高い強度をもつが、その強度は表面の傷により低下する。一次保護被覆は、ファイバを所定の寸法に線引きした直後に施されるのが特徴である。

光ファイバにはスクリーニング試験を行うことが望ましい。使用条件下での長期信頼性を保証するために、許容歪及び必要寿命を考慮して、試験歪を規定してもよい。A.3.1 節では、試験及びサービスにおけるファイバ歪に関する合意された基準について説明する。

注記 1 - 光ファイバは、1%相当の歪、又は合意された条件でスクリーニング試験を行うことが望ましい。用途によっては、より大きなスクリーニング試験歪が必要となる場合がある。

融着接続のためのファイバを準備するために、ファイバを傷つけることなく、また、危険又は危険と考えられる材料又は方法を使用することなく、一次被覆を除去することが望ましい。

必要に応じて着色された一次被覆の組成は、ファイバ接続方法に関連して使用される側方入出力装置の要件との関連を考慮することが望ましい。

注記 2 - 側方入出力のための適切な試験方法については、さらなる研究が必要である。

一次被覆された光ファイバは、[IEC 60793-2-50]に関連する光ファイバ仕様に適合することが望ましい。

#### 7.1.2 ファイババッファ(二次被覆)

バッファと呼ばれる二次被覆は、種々の理由でファイバの一次被覆上に直接塗布され得る。これを 7.2.4 節で説明されているバッファチューブと混同してはならない。

バッファは、単一又は複数の材料を使用できる。バッファは、一次被覆と密着するタイトバッファであってもよく、また一次被覆と接触するが、一次被覆を損傷することなく除去することを意図したセミタイトバッファであってもよい。

両方のタイプのファイババッファを使用する場合は、[IEC 60794-3]に記載されている要件に適合することが望ましい。

注記 - ファイババッファを使用する場合、ファイバ接続方法に関連する側方入出力装置を使用することが困難な場合がある。

#### 7.1.3 ファイバ識別

ファイバは、ケーブルコア内の色/トレーサ/マーカー及び/又は位置によって容易に識別できることが望ましい。着色方法を使用する場合は、ケーブルの使用期間中、他の材料が存在していても、色は明確に識別可能であり、良好な色の永続性を有することが望ましい。ファイバ識別の必要性は、ファイバユニット(リボン、スロット、バッファチューブ、バンドル、マイクロバンドルなど)にまで及ぶ。ユニット識別には、色、印刷されたマーク、コア内の位置、又は他の適切な手段を含めることができる。

手引きは[b-IEC TR 63194]に記載されている。

#### 7.1.4 被覆の除去性

一次被覆及び二次被覆の除去は容易であることが望ましく、融着接続若しくは光コネクタへの取り付けを

妨げないことが望ましい。

## 7.2 ケーブル構成部材

ケーブルコアの構成(特にファイバ心数、心線保護と識別の方法、抗張力体の配置、及び、必要に応じて金属製ワイヤ又は対数)を明確に定義する必要がある。

### 7.2.1 ファイババンドル

光ファイバを束ねたユニットにグループ化することは、ケーブルコア内のファイバを整理して識別する一般的な方法である。このようなバンドルユニットは一般的に、光ファイバの識別を補助するために、スパイラル状に巻かれた撚り糸又はテープ(多くの場合、色分けされている)を使用して構成される。光ファイバの識別性向上を意図する他の方法を使用することもできる。このようなバンドルユニットは、スロットコア(7.2.3 節参照)、パuffaチューブ(7.2.4 節参照)、マイクロモジュール(7.2.5 節参照)、又はその他のコア構造に収納してもよい。

### 7.2.2 テープ形光ファイバ心線(リボン)

光ファイバリボンは[IEC 60794-1-31]に準拠する必要がある。

光ファイバリボンは、一列に並んだ光ファイバで構成される。光ファイバリボンは、光ファイバを接着する方法に基づいて分類される。一般的には、エッジボンド形テープ、カプセル形テープ、間欠接着形テープがある。それぞれを図1、図2、図3に示す。

エッジボンド形の場合、光ファイバの間にある接着剤で光ファイバを結合する。カプセル形では、リボン構造全体を覆うコーティング材で光ファイバを束ねる。これらの基本的な光ファイバリボンのいずれにおいても、部分的に接着された間欠接着形の構成とすることで、横方向にさらなる柔軟性を実現することができる。これにより、リボンを巻いて小さなコア構造に収容することができる。

光ファイバリボンのファイバは製造過程において、交差しないよう平行にすることが望ましい。光ファイバリボンは、多心一括接続が可能であることが望ましい。ケーブルの各リボンは、印刷された凡例又は固有の色で識別することが望ましい(7.1.3 節参照)。

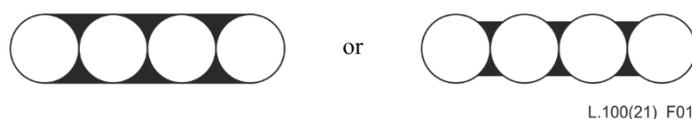
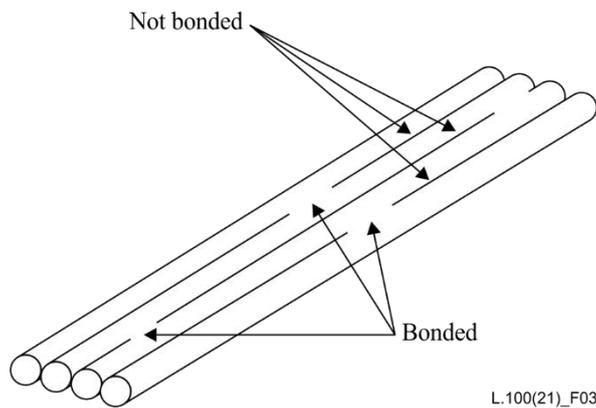


図1 典型的なエッジボンド形光ファイバリボンの断面図



図2 典型的なカプセル形光ファイバリボンの断面図

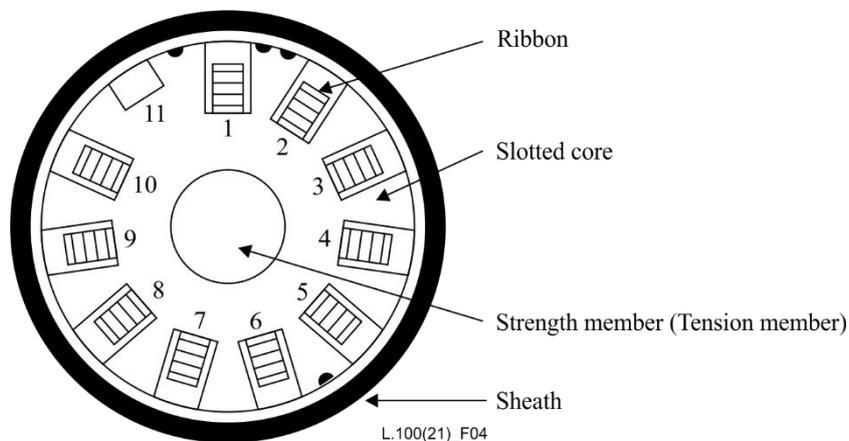


L.100(21)\_F03

図3 間欠接着形光ファイバリボンの例

### 7.2.3 スロットコア

光ケーブル外部から直接光ファイバに圧力がかからないように、光ファイバ及び／又は光ファイバリボン又はその他のユニットをコア構造内のスロットに配置する。通常、スロットは円筒ロッド上にらせん状又は一定の間隔で撚り方向が反転するSZ撚り構成である。スロット付きコアロッドには通常、抗張力体(金属又は非金属)を含む。抗張力体は、温度安定性を得るためにスロットコアにしっかりと密着させ、設置中に張力が加わった場合の剥離を避けることが望ましい。止水材料がスロット内に含まれている場合もある。



L.100(21)\_F04

図4 スロットケーブルの例

### 7.2.4 チューブ(バッファチューブ)

チューブ構造は、一般にバッファチューブ又はルースチューブと呼ばれ、光ファイバ、ファイババンドル、及び／又はファイバリボンの保護と集約に使用される。チューブ構造の不可欠な特徴は、ファイバ、ファイババンドル、又はリボンを外部応力から保護するためのチューブ内の十分なスペースである。チューブは一般的に高分子材料でできている。ルースチューブを組み込んだケーブル設計が最も広く展開されており、取り扱い性と堅牢性のために最適化されている。チューブは他のチューブや中心に設置した抗張力体の周りに配置されることがある。このようなコア構造は歪を最小化し、SZ撚り構成を利用すれば中間後分岐が容易になる。中心にチューブを配置するコア構造を採用することもできる。必要に応じて、チューブ内に止水材料を入れてもよい。

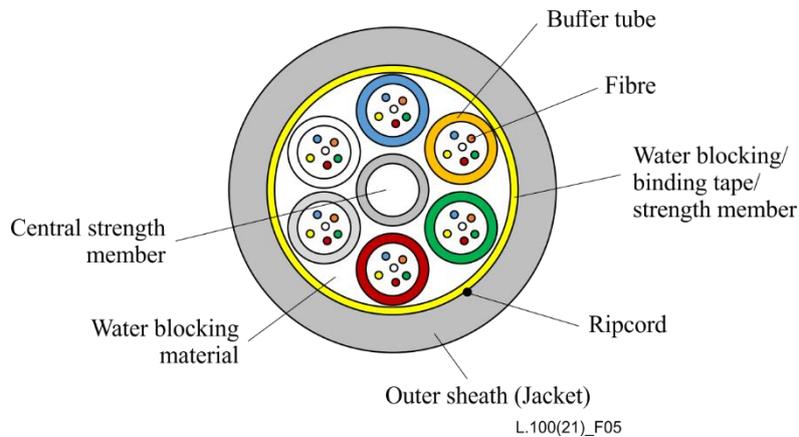


図5 ルースチューブケーブル構造の例

### 7.2.5 マイクロモジュール

マイクロモジュールは、薄肉のチューブユニットである(典型的には、7.2.4 節に記載されているバッファチューブよりも細く、堅牢性が低い)。柔軟なマイクロモジュールは、束ねられていないファイバ又はファイババンドルと同様の曲率半径を持ち、接続や中間後分岐の容易さのためツールなしで簡単に外被を剥離できる。形状記憶効果はなく、クロージャ内の接続トレイでそのまま使用できる。必要に応じて、止水材料をマイクロモジュール内に含めることができる。マイクロモジュールはバッファチューブやスロット内で使用できる。典型的なマイクロモジュールを図6に示す。

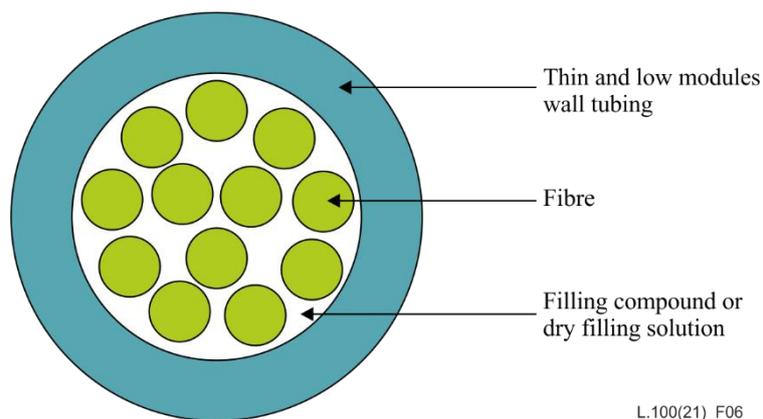


図6 一次被覆ファイバを保護するマイクロモジュールの例

### 7.2.6 補強光ファイバ

特定の用途に必要な場合、バッファ光ファイバ(7.1.2 節参照)のさらなる保護は、1 心以上のファイバを、

強化材料の集合体(典型的には非金属)と適切なジャケット材料で囲むことによって実現される。このような複合構造はサイズが小さく、通常はケーブルコアに存在する。このような耐久性は、ブレイクアウトやファンアウトケーブルの構築に適している。

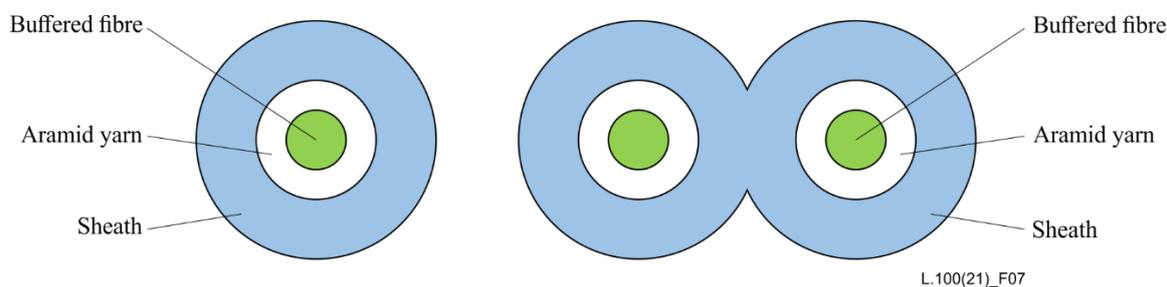


図7 補強光ファイバ構造の例

### 7.2.7 抗張力体

ダクト及びトンネルケーブルは、光ファイバ自体が標準値(A.3.1 節を参照)を超える歪レベルにさらされたり、顧客と製造業者で合意された歪レベルにさらされたりしないように、敷設条件と運用条件に対応する十分な抗張力体で強度設計する必要がある。

抗張力体は主に引張歪を制限する役割を果たすが、温度変化に伴う圧縮歪を制限する役割を果たす場合もある。抗張力体は、コア内に配置することも、シース層内に配置することも、その両方に配置することもできる。抗張力体は金属製でも非金属製でもよい。

金属製の抗張力体を使用する場合、水素発生の影響(6.3.8 節参照)や落雷の危険(6.3.9 節参照)を避けるように注意することが望ましい。

### 7.2.8 止水材料

ほとんどのダクト及びトンネルケーブルは、水の侵入からファイバを保護するために止水材料で塞がれている(非充填ケーブルについては 6.3.5 節を参照)。ケーブルコアのコアとシースの隙間に止水材料を充填するか、水で膨潤する材料の層でこれらの領域を包むか、又はその両方が、水の侵入から光ファイバを保護する一般的な方法である。充填剤、水膨潤性の撚り糸又はテープ、水膨潤性の粉末、若しくはそれら材料の組み合わせなどの止水材料を使用することができる。使用する材料は、人体に有害であってはならない。ケーブルの材料は相互に互換性があり、特に光ファイバに悪影響を与えないようにすることが望ましい。これらの材料は、融着接続やコネクタ接続作業(A.4.7 節参照)を妨げないようにすることが望ましい。

## 7.3 シースとジャケット

ケーブルシースは、ケーブルコアを覆う要素の集合体である。この用語は、ケーブルの主要な被覆部分を意味するためにも使用され、しばしばジャケットと呼ばれる。ケーブルコアは、収容/保護、敷設、及び運用に関連する環境及び機械的条件に適したシースで覆わなければならない。シースは複合構造であってもよく、抗張力体を含んでいてもよい。シースには、外側のジャケットに加えて、必要に応じて防湿層又はインナージャケット又は外装を用いる場合がある。シースの材料は、ケーブルシース及びケーブルコアの全ての要素に適合することが望ましい。

### 7.3.1 防湿層

防湿層は、湿気の透過を抑制するためのケーブルシースの 1 要素である(6.3.4 節参照)。使用する場合は、

金属製の防湿層から発生する水素を考慮することが望ましい(6.3.8 節参照)。

### 7.3.2 インナーシース(ジャケット)

ケーブルにはインナーシース(ジャケット)層が使用される場合がある。インナーシースは、外装とともに保護部材として使用したり、ブレイクアウト/ファンアウトケーブルを構成するために使用したり、その他の目的で使用することができる。

### 7.3.3 アウターシース(ジャケット)

アウターシース(ジャケット)はケーブルの最外層被覆である。アウターシースの材料は、想定される環境リスクに耐性を有するように選択することが望ましい。ダクトケーブルのアウターシース材料は、ケーブルシースとダクト間の摩擦を考慮して設定することが望ましい。トンネルケーブルの場合、シース、特にアウターシースの材料は、火災に関する制限を考慮することが望ましい。

注記 - 最も一般的に使用されるシース素材の 1 つはポリエチレンである。ただし、他の材料を使用する必要がある場合もある。例えば、火災対策、げっ歯類やシロアリ等からの保護などが考えられる。

## 7.4 外装

外部損傷(例えば、衝突、衝撃、げっ歯類など)からの保護、あるいは引張強度の向上が必要な場合、外装を具備することが望ましい。

一般的な外装材料として様々な構造のスチールテープが利用される。他の金属材料が使われることもある。一般的な線状の重外装は、ダクトやトンネルケーブルには使用されない。腐食による水素発生に注意する必要がある(6.3.8 節参照)。

外装を付与した場合、光ファイバケーブルの利点である軽量性や柔軟性が低下する点は留意することが望ましい。

金属フリーケーブルの外装として、アラミド繊維、ガラス繊維補強材、粘着テープなどがある。

## 7.5 ケーブル識別

光ファイバケーブルは視覚的に識別できるようにすることが推奨される。これは、アウターシースにマーカを付与することで実現できる。ケーブル長も表示することが望ましい。製造業者と顧客の合意により、ケーブル識別と長さ表示のために、エンボス、焼結、インプリント、ホットフォイル、又はインクジェット/レーザー印刷が使用できる。

## 7.6 ケーブルの密封

ケーブルの搬送及び保管時には、ケーブル端部を密封することが推奨される。接続部材が工場出荷時に取り付けられている場合、これらの部材も適切に保護する必要がある。必要に応じて、ケーブル端に牽引装置を取り付けることができる。

## 7.7 ダクト敷設における留意事項

ダクト内への光ケーブル敷設では、さらに考慮すべき点がある。ダクト経路の形状(アクセス条件、曲がり、高低差、ダクトサイズ)によって、使用する敷設方法が決定される場合がある。敷設前にダクト環境(ダクト内に異物がなく、潰れていないこと)を確認することが望ましい。

### 7.7.1 敷設方法

ケーブルをけん引する場合、牽引張力がケーブルの定格張力を超えないことが望ましい。潤滑剤の使用は

有益である。

注記 - ダクト用ケーブルの一部は、牽引法以外にも、空気圧送法で敷設する場合もあるが、牽引法と空気圧送法ではケーブル要件や敷設条件が異なる。空気圧送法におけるケーブル要件と敷設条件については、[ITU-T L.108]を参照。

ケーブルサイズ(外径)を決定するには、ダクト内径とケーブル外径の比である、ダクト充填比を考慮することが望ましい。すでにダクト内に敷設済みのケーブルについても考慮することが望ましい。

#### **7.7.2 ケーブル設計における留意事項**

牽引敷設を行う場合の主要な設計上の考慮事項は、光ケーブルの定格張力である。

ケーブル外被とダクト内面の摩擦は十分に考慮することが望ましい。これが敷設張力の主要因となる。ダクト充填率は、材料とケーブルサイズの両方に影響する。ダクト内に既に敷設された他のケーブルの存在とそのジャケット特性を考慮することが望ましい。潤滑剤の使用も考慮することが望ましい。

## 付属文書A 試験方法

(この付属資料は本標準に必須の構成要素である)

試験法は[IEC 60794-3-11]に基づき、各項目はダクト及びファイバケーブルに対して実施されることが望ましい。ここで示される値によって試験値を評価することが望ましい。実際には全ての試験を実施する必要はない(手引きとして[IEC 60794-3-11]を参照)。試験頻度は、[IEC 60794-3]に基づき、製造業者と顧客で合意することが望ましい。

試験方法、性能及び基準は後述の表 A.1 から A.5 に記載のとおりである。

表 A.1 – 光ファイバ及び光ケーブル構成部材の試験環境

項目	参照先	試験法 <sup>1</sup>	推奨値 <sup>1,2,3</sup>	特記事項
損失係数	A.1.3	[IEC 60793-1-40]	注記4を参照	
損失安定性	A.1.3	–	注記5に記載	[IEC 60794-1-1]に基づく
張力安定性	A.1.3	該当する場合	注記5に記載	[IEC 60794-1-1]に基づく
試験温度				
大気温度	A.1.4	該当する場合	標準大気温度及び拡張大気温度(A.1.4節を参照)	[IEC 60794-1-2]に基づく
その他の温度	A.1.5	該当する場合	規定温度の±5°C以内	
注記1 - 特に指定がない限り、試験法はIECに従い、規定は[IEC 60794-1-2]に基づく。 注記2 - "合意による"の記載は製造業者と顧客の間での合意に基づくことを意味する。 注記3 - [IEC 60794-3-11]や試験法で詳述されていない許容値を含意するL.100の章節への参考であり、この表への記載としては過度に複雑である。 注記4 - ケーブル損失係数はITU-T勧告G.65xで規定されている。 注記5 - [IEC 60794-1-1]に記載のとおり、損失及び張力安定性は試験精度に関係する。				

表 A.2- 光ファイバ及び光ケーブル構成部材の特性

項目	参照先	試験法 <sup>1</sup>	推奨値 <sup>1,2,3</sup>	特記事項
ファイバ寸法	A.2.1.1	[IEC 60793-1-21]	[IEC 60793-2-50]に基づく	[IEC 60793-2-50] に基づく
ファイバ被覆除去性	A.2.1.2	[IEC 60793-1-32]	[IEC 60794-3-11] に基づく	
材料適合性	A.2.1.3	TBD	TBD	
ファイババッファ				
寸法	A.2.3.1	[IEC 60793-1-21] 又は [IEC 60811-203]	[IEC 60794-3]若しくは詳細仕様に基づく	
被覆除去性	A.2.3.2	[IEC 60794-1-21]の E5C	A.2.3.2節を参照	
バッファチューブ				
寸法	A.2.4.1	[IEC 60811-202] 及び [IEC 60811-203]	詳細仕様若しくは合意による	
キンク	A.2.4.2	[IEC 60794-1-23]の G7	[IEC 60794-3-11]に基づく	
テープ形光ファイバ心線(リボン)		[IEC 60794-1-31] 及び [IEC 60794-3-11]		
寸法		[IEC 60794-1-31]	[IEC 60794-1-31]のTable 1	
単心分離性	A.2.5.2	[IEC 60794-1-31]	[IEC 60794-1-31]	
被覆除去性	A.2.5.3	[IEC 60794-1-31] 及び [IEC 60793-1-32]	[IEC 60794-1-31]	
<p>注記1 - 特に指定がない限り、試験法はIECに従い、規定は[IEC 60794-1-2]に基づく。</p> <p>注記2 - "合意による"の記載は製造業者と顧客の間での合意に基づくことを意味する。</p> <p>注記3 - [IEC 60794-3-11]や試験法で詳述されていない許容値を含意するL.100の章節への参考であり、この表への記載としては過度に複雑である。</p>				

表 A.3 – 機械特性

項目	参照先	試験法 <sup>1</sup>	推奨値 <sup>1,2,3</sup>	特記事項
引張強度	A.3.1	[IEC 60794-1-21]のE1	6.2.2節に記載のL <sub>M</sub>	[IEC 60794-3-11]に基づく
曲げ特性	A.3.2	[IEC 60794-1-21]のE11	[IEC 60794-3-11]に基づく	[IEC 60794-1-21]のE11A若しくはE11B
張力下での曲げ特性	A.3.3	[IEC 60794-1-21]のE18A 手順2	[IEC 60794-3-11]に基づく	
繰り返し曲げ特性 (曲げる)	A.3.4	[IEC 60794-1-21]のE6	[IEC 60794-3-11]に基づく 試験後に損失変化なき事	
圧壊	A.3.5	[IEC 60794-1-21]のE3A	[IEC 60794-3-11]に基づく A.3.5節を参照	板間圧壊
衝撃特性	A.3.6	[IEC 60794-1-21]のE4	[IEC 60794-3-11]に基づく A.3.6節を参照	
捻回特性	A.3.7	[IEC 60794-1-21]のE7	[IEC 60794-3-11]に基づく A.3.7節を参照	
摩耗、ケーブル印刷	A.3.8	[IEC 60794-1-21]のE2A 方法2	[IEC 60794-3-11]に基づく	外被摩耗は試験対象外
ケーブルキンク	A.3.9	[IEC 60794-1-21] のE10	1 サンプルについて、大気 温度、キンクなし 6.2.3.1節の $d > \text{minimum}$ であること	[IEC 60794-3-11]の限りではない
<p>注記1 - 特に指定がない限り、試験法はIECに従い、規定は[IEC 60794-1-2]に基づく。</p> <p>注記2 - "合意による" の記載は製造業者と顧客の間での合意に基づくことを意味する。</p> <p>注記3 - [IEC 60794-3-11]や試験法で詳述されていない許容値を含意するL.100の章節への参考であり、この表への記載としては過度に複雑である。</p>				

表 A.4 – 環境特性

項目	参照先	試験法 <sup>1</sup>	推奨値 <sup>1,2,3</sup>	特記事項
温度サイクル特性	A.4.1	[IEC 60794-1-2]のF1	6.3.2節を参照	
エージング	A.4.2	[IEC 60794-1-2]のF9	合意による	[IEC 60794-1-2]のF1の拡張の場合もある
浸水特性	A.4.3	該当する場合、[IEC 60794-1-2]のF5B若しくはF5C	[IEC 60794-3-11]に基づく 24時間後に浸水なき事	
透湿特性	A.4.4	[b-ITU-T TR.ofcs]のChapter 2	合意による	一般的な試験対象ではない
ガス流動抵抗特性	A.4.5	[IEC 60794-1-2]のF8	合意による	
凍結特性	A.4.6	該当する場合、[IEC 60794-1-215]の方法A若しくはB	合意による	試験必要性はケーブル敷設環境による
材料適合性 – ジャケット張力、劣化 – 金属コーティング剥離試験	A.4.7 A.4.7.2 A.4.7.3	TBD	75%以上が劣化なき事 剥離なき事	
OIT	A.4.8	[ISO 11357-6]及びA.4.8節に基づく	20分以上	
水素暴露特性	A.4.9	–	[ITU-T L.126]及び[b-IEC TR 62690]を参照	試験要求は多くない
落雷特性	A.4.10	[ITU-T K.47]	6.3.9節を参照	試験要求は多くない
振動特性	A.4.11	–	A.4.11節を参照	試験要求は多くない
生物的被害 – げっ歯類や昆虫 – 菌類	A.4.12.1 A.4.12.2	– [ITU-T L.161]	合意による、6.3.11節を参照 合意による、A.4.12.2節を参照	
放射線照射特性	A.4.13	[IEC 60794-1-2]のF7	A.4.13節を参照	試験要求は多くない
ケーブルシース密着性	A.4.14	[IEC 61196-1-313]	A.4.14節を参照	浸水防護施工時
<p>注記1 - 特に指定がない限り、試験法はIECに従い、規定は[IEC 60794-1-2]に基づく。</p> <p>注記2 - "合意による" の記載は製造業者と顧客の間での合意に基づくことを意味する。</p> <p>注記3 - [IEC 60794-3-11]や試験法で詳述されていない許容値を含意するL.100の章節への参考であり、この表への記載としては過度に複雑である。</p>				

表 A.5 – ケーブル敷設

項目	参照先	試験法 <sup>1</sup>	推奨値 <sup>1,2,3</sup>	特記事項
寸法	A.2.6.1	[IEC 60811-202]及び [IEC 60811-203]	合意による	
ケーブル外径	A.2.6.2	[IEC 60811-203]	[IEC 60794-3-11]に基づき 製造業者により示される	
外被厚	A.2.6.3	[IEC 60811-203]	[IEC 60794-3-11]若しくは 合意による	
透湿保護接着	A.2.6.4	[IEC 60708]	[IEC 60794-3-11]に基づく	
<p>注記1 - 特に指定がない限り、試験法はIECに従い、規定は[IEC 60794-1-2]に基づく。</p> <p>注記2 - "合意による" の記載は製造業者と顧客の間での合意に基づくことを意味する。</p> <p>注記3 - [IEC 60794-3-11]や試験法で詳述されていない許容値を含意するL.100の章節への参考であり、この表への記載としては過度に複雑である。</p>				

## A.1 標準試験基準

### A.1.1 ダクト及びトンネル用ケーブルの引張強度

ケーブルの引張強度に関する試験は、6.2.2 節の定格張力を用いて実施されることが望ましい。

### A.1.2 ダクト及びトンネル用ケーブルの温度試験値

定義された過酷な温度条件に関する試験は、その温度範囲を用いて実施することを考慮されることが望ましい。試験によっては、標準温度範囲とは異なる特定の試験温度を指定する場合がある。

### A.1.3 ケーブル試験における損失係数と損失／歪の変化 (変化なし及び許容変化)

ここで、「損失」という用語は、属性によって「損失係数」を意味すると理解され得る。

特に指定のない限り、全てのシングルモードファイバについて、要求損失の試験は波長 1550 nm で実施することが望ましい。

特に指定のない限り、試験開始前の損失値から損失の変化を計算することが望ましい。ほとんどの場合、大気温度(A.1.4 節参照)で測定することが望ましい。

特に指定のない限り、要求損失のある試験では、試験終了時の損失の増減は変化しないことが望ましい。

特に指定のない限り、「変化なし」の定義値は[IEC 60794-1-1]に従うことが望ましく、以下の通りである。

- シングルモードの損失における変化なし 1550 nmにおいて $\leq 0.05$  dB又は $\leq 0.05$  dB/km
- 全てのタイプのファイバの歪における変化なし  $\leq 0.05\%$

### A.1.4 ケーブル試験の大気温度

ケーブル試験時の大気温度は、表 A.6 に示す[IEC 60794-1-2]に従うことが望ましい。試験手順で禁止されている場合又は合意された場合を除き、全ての試験は拡張大気温度を用いることが望ましい。

表 A.6 – 大気温度、相対湿度、及び大気圧

条件	標準大気条件	拡張大気条件
温度	23°C±5°C	25°C±15°C
相対湿度	20%～70%	5%～95%

大気圧	敷設場所の大気圧	敷設場所の大気圧
-----	----------	----------

### A.1.5 過酷な温度条件の試験における温度の精度

大気温度以外の試験温度における温度の値は、基準値(6.3.2 節及び A.1.4 節参照)の $\pm 5^{\circ}\text{C}$  以内とすることが望ましい。

## A.2 ケーブル構成部材に関する試験方法

### A.2.1 光ファイバに適用する試験

本節では、ファイバを評価するための光ファイバの試験方法、並びに、接続及びその他の結合方法に関する試験方法について示す。光ファイバの機械的及び光学的特性の試験方法は、[JT-G650.1]、[ITU-T G.650.2] 及び[IEC 60793-1-xx]の光ファイバ試験方法に記載される。

#### A.2.1.1 寸法

一次被覆径の測定には、[IEC 60793-1-21]の方法を用いることが望ましい。

ケーブル化されたファイバの寸法は[IEC 60793-2-50]又は合意事項に基づくことが望ましい。

#### A.2.1.2 光ファイバ被覆の剥離性

一次又は二次被覆の剥離性の測定には[IEC 60793-1-32]の方法を用いることが望ましい。被覆除去力は[IEC 60794-3-11]によることが望ましい。

#### A.2.1.3 充填材との適合性

ファイバが止水に使用される充填材料と接触する場合、ファイバ被覆及び充填材料の安定性は、加速劣化試験によって検査することが望ましい。

光ファイバ及びバッファと充填材との適合性は[IEC 60794-3-11]に従って試験を行うことが望ましい。

寸法安定性及び被覆透過率は、合意された試験方法により試験することが望ましい。

### A.2.2 ファイバユニットに適用する試験

#### A.2.2.1 ファイバの色識別

ファイバの色識別に関する国際規格はない。ファイバの心線色は詳細仕様に準拠することが望ましく、当該仕様は国又は地域標準を反映することもある。手引きは[b-IEC TR 63194]を参照することができる。

使用する色は[IEC 60304]に準拠することが望ましい。

#### A.2.2.2 ファイバとユニットの識別

ファイバとユニットの識別は詳細仕様に準拠することが望ましく、当該仕様は国又は地域標準を反映することもある。手引きは[b-IEC TR 63194]を参照することができる。

使用する色は[IEC 60304]に準拠することが望ましい。

### A.2.3 バッファ付き光ファイバ心線に適用する試験

#### A.2.3.1 寸法

全てのタイプのファイバ二次被覆(バッファ)の外径は[IEC 60794-3]又は詳細仕様に準拠することが望ましい。その直径公差は[IEC 60794-3]に準拠することが望ましい。

測定は[IEC 60793-1-21]又は[IEC 60811-203]を用いて行うことが望ましい。

### A.2.3.2 バッファ剥離性

バッファは、用いるコネクタ化又は他の接続の方法と整合して除去可能であることが望ましい。

バッファは表 A.7 に示すパラメータを用いて除去されるケーブルであることが望ましい。除去方法及び測定は、[IEC 60794-1-21]の方法 E5C に従って実施されることが望ましい。

表 A.7 – バッファ剥離性試験のための除去の長さ及び力

バッファタイプ	除去する要素	除去長	除去力
タイト	ユニットとしてバッファ及び一次被覆を除去	15 mm±1.5 mm	1.3 N - 13 N
セミタイト	バッファを除去し、一次被覆は維持	15 mm±1.5 mm	< 13 N
着脱容易なセミタイト	バッファを除去し、一次被覆は維持	150 mm	合意による

### A.2.4 バッファチューブに適用する試験

#### A.2.4.1 寸法

バッファチューブの寸法は詳細仕様に従う、又は製造業者と顧客との間の合意によるものであることが望ましい。

バッファチューブの測定には[IEC 60811-202]及び[IEC 60811-203]の方法を用いることが望ましい。

#### A.2.4.2 チューブキンク

チューブのキンク特性及び試験は[IEC 60794-3-11]に従うことが望ましい。

チューブのキンク特性の測定には[IEC 60794-1-23]の方法 G7 を用いることが望ましい。

### A.2.5 テープ形光ファイバ心線に適用する試験

テープ形光ファイバ心線の試験は[IEC 60794-1-31]及び[IEC 60794-3-11]に従うことが望ましい。

#### A.2.5.1 寸法

テープ形光ファイバ心線の寸法は[IEC 60794-1-31]の表 1 に従うことが望ましい。その測定は[IEC 60794-1-31]に従うことが望ましい。

#### A.2.5.2 テープ形光ファイバ心線の単心分離性

テープ形光ファイバ心線の単心分離性は[IEC 60794-1-31]に従うことが望ましい。

#### A.2.5.3 被覆除去性

テープ形光ファイバ心線の被覆除去性は全体又は単位ごとに、[IEC 60794-1-31]に従い、以下のとおりであることが望ましい。

少なくとも 25 mm のマトリクス及び光ファイバ被覆は劣化後及び未劣化のテープ形光ファイバ心線に対し、市販の被覆除去工具を用いて除去可能であることが望ましい。ファイバの破断はあってはならないことが望ましい。残った被覆樹脂は、イソプロピルアルコール拭き取り紙を用いて容易に除去できることが望ましい。テープ形光ファイバ心線の劣化は検討中である。除去力は、テープ形光ファイバ心線内の複数のファイバに適用できる[IEC 60793-1-32]を使用して測定することが望ましい。

## A.2.6 ケーブル構成部材の測定

### A.2.6.1 寸法

その他のチューブ、スロット付きコア、マイクロモジュール、その他の補強光ファイバ、抗張力体、ジャケット、その他のケーブル構成部材の寸法は、製造業者と顧客の間の合意によるものであることが望ましい。

該当する場合、これらのケーブル構成部材の測定には[IEC 60811-202]及び[IEC 60811-203]の方法を適用することが望ましい。

### A.2.6.2 ケーブル直径

ケーブルの外径は[IEC 60794-3-11]に従い、製造業者が定める最大値を超えないことが望ましい。

測定は[IEC 60811-203]によることが望ましい。

### A.2.6.3 シース厚

ダクト及びトンネルケーブルのシース厚は[IEC 60794-3-11]に従う、又は製造業者と顧客の間の合意によるものであることが望ましい。

測定は[IEC 60811-203]に従うことが望ましい。

### A.2.6.4 防水接着

防水テープを使用する場合は[IEC 60794-3-11]に従うことが望ましい。

テープのシースへの接着は[IEC 60708]に従って試験を行うことが望ましい。

## A.3 ケーブルの機械特性に関する試験方法

本節では、ダクト及びトンネルケーブルの機械特性を検証するための適切な試験及び試験方法を推奨する。

性能と受入基準及び試験は、[IEC 60794-3]、[IEC 60794-3-11]及び以下の節に準拠することが望ましい。試験は、[IEC 60794-1-21]及びその下位仕様に従って行われることが望ましい。

### A.3.1 引張強度

本試験法は、全ての環境条件下で敷設されたダクト及びトンネルケーブルに適用される。測定は、敷設中及び寿命までの間のケーブルへの負荷の関数として、ファイバ損失及びファイバ歪の挙動を調べるために行う。

ケーブルは、以下の基準を用いて、[IEC 60794-3-11]に従う性能を有することが望ましい。

短期荷重とも呼ばれる定格引張荷重  $L_s$  は、6.2.2.1 節に記載の定格引張荷重と一致する標準値であることが望ましい。残留荷重又は長期荷重  $L_L$  は、6.2.2.1 節に従い  $L_s$  の 30% であることが望ましい。

$L_s$  を越える引張荷重が製造業者から申告されることがある。しかし、試験は定格引張荷重で実施することが望ましい。

最大の損失変化は、以下の通りであることが望ましい。

- 短期間の負荷である  $L_s$  に対しては、損失変化量を規定しないことが望ましい。
- $L_L$  において、及び、負荷を除いた後には、損失変化無きことが望ましい。A.1.3 節を参照。

負荷を受けた状態でのファイバ歪は、以下の通りであることが望ましい。

- 負荷  $L_s$  において、ファイバのスクリーニングレベルの 60% 以下。
- 1% 歪でスクリーニング試験を行ったファイバでは、負荷  $L_L$  においてスクリーニングレベルの 20% 以下。あるいは、1% 以上 2% 以下の歪でスクリーニング試験を行ったファイバでは、負荷



### A.3.5 圧壊

本試験法は、全ての環境条件下で敷設されたダクト及びトンネルケーブルに適用される。

多くの陸上ケーブルにとって適切な試験法は、プレート-プレート圧壊法である。

ケーブルは[IEC 60794-3-11]に従った性能を持つことが望ましく、[IEC 60794-1-21]の方法 E3A に従って、以下の基準を使って試験されることが望ましい。

- 短期試験部分 - 荷重を1分間印加
- 長期試験部分 - 荷重を10分間印加
- プレート/プレート荷重は、表A.8に示すとおりである([IEC 60794-3-11]による)
- 長期荷重の最後に、荷重を緩める前に損失を測定する

長期負荷の最後に、損失変化無きことが望ましい。

表 A.8 - 圧壊試験におけるプレート/プレート荷重

	短期	長期
非外装ケーブル	1.5 kN	0.75 kN
外装ケーブル	2.2 kN	1.1 kN

### A.3.6 衝撃

本試験法は、全ての環境条件下で敷設されたダクト及びトンネルケーブルに適用される。

本試験の目的は、通常の敷設や取り扱いに伴う衝撃に対する光ファイバケーブルの耐性を評価することである。

ケーブルは[IEC 60794-3-11]に従う性能を持つことが望ましく、[IEC 60794-1-21]の方法 E4 に従い、以下の基準を使って試験されることが望ましい。

- 標準的で平坦なハンマー(最小表面半径300 mm)を使う。
- ケーブルの150 mm ± 15 mm以上離れた異なる3か所をそれぞれ1回打つ。
- 以下の衝撃エネルギーを用いる。
  - 非外装ケーブルでは10 J
  - 外装ケーブルでは20 J

### A.3.7 ねじり

本試験法は、全ての環境条件下で敷設されたダクト及びトンネルケーブルに適用される。

本試験の目的は、通常の敷設や取り扱いに伴うねじりに対する耐性を評価することである。

ケーブルは[IEC 60794-3-11]に従う性能を持つことが望ましく、[IEC 60794-1-21]の方法 E7 に従って、以下の基準を使って試験されることが望ましい。

- 試験長さ：2 m
- サンプル回転角度：各方向に180°
- 5サイクル

注記 - 異なるサンプル長さ及び90°/mと同等の回転角度を用いても良い。

試験後、損失変化無き事が望ましい。

### A.3.8 ケーブル印刷の摩耗

本試験法は、全ての環境条件下で敷設されたダクト及びトンネルケーブルに適用される。

本試験の目的は、ケーブル印刷の耐久性を評価することである。

ケーブルは[IEC 60794-3-11]に従う性能を持つことが望ましく、[IEC 60794-1-21]の方法 E2A、試験法 2 に従って試験されることが望ましい。本試験法ではフェルトパッド法を用いた印字を試験する。

試験後もケーブル印刷が判読できることが望ましい。

### A.3.9 キンク

本試験法は、全ての環境条件下で敷設されたダクト及びトンネルケーブルに適用される。

本試験の目的は、光ファイバケーブルがキンクを起こさずに通常の取り扱いをできることを評価することである。

試験は[IEC 60794-1-21]の方法 E10 に従って実施されることが望ましい。試験の基準は以下の通りであることが望ましい。

- 1サンプルを試験する。
- 大気温度において試験を行う。

ケーブルは最小曲げ直径(6.2.3.1 節を参照)より大きな直径でキンクを起こさないことが望ましい。損失に関する要求事項はないことが望ましい。

## A.4 環境特性に関する試験方法

本節では、ダクト及びトンネルケーブルの環境特性を検証するための適切な試験及び試験方法を推奨する。性能と受入の基準及び試験は、[IEC 60794-3]、[IEC 60794-3-11]及び以下の節に準拠することが望ましい。試験は、[IEC 60794-1-2]及びその下位仕様に従って行われることが望ましい。

ダクトケーブル及びトンネルケーブルの適切な温度範囲を 6.3.2 節、表 1 に示す。特別な適用のために他の温度範囲が指定されない限り、表 1 の値を使用することが望ましい。

### A.4.1 温度サイクル

この試験方法は、あらゆる環境条件下で敷設されるダクト及びトンネルケーブルに適用される。

この試験は、温度サイクルによって行い、動作中に発生する可能性のある温度変化にさらされるケーブルの損失の安定性を判断する。

ケーブルは、[IEC 60794-3-11] に従って性能を発揮し、[IEC 60794-1-2]の方法 F1 に従って 6.3.2 節、表 1 に従う動作温度で試験することが望ましい。これらの温度は、方法 F1 の  $T_{A2}$  と  $T_{B2}$  である。その他の温度値や方法 F1 での中間値については、製造業者と顧客の間で合意されることが望ましい。

全ての温度における損失の変化は、常温での初期測定値からの偏差として計算することが望ましい。

試験後、常温での損失の変化はないことが望ましい。

### A.4.2 エージング

この試験方法は、あらゆる環境条件下で敷設されるダクト及びトンネルケーブルに適用される。

この試験の目的は、高温を適用して劣化を促進させることによって模擬した劣化の下でケーブル構成物の反応を評価することである。

この試験は、通常、A.4.1 節の温度サイクル試験の延長として、[IEC 60794-1-2]の方法 F9 に従って実施されることが望ましい。

エージング期間終了時の損失変化は、本試験の初期常温における値からの偏差として計算されることが望

ましい。この試験が温度サイクル試験の延長として実施される場合、エージングの初期環境点は温度サイクル試験終了時とする。特に指定のない限り、試験終了時の損失変化は、以下のとおりとする。

- シングルモードファイバの 1550 nm において、最大 0.25 dB/km、及び平均 0.10 dB/km

#### A.4.3 長さ方向の浸水

この試験方法は、あらゆる環境条件下で敷設された防水機能をもつ屋外ケーブルに適用される。

その意図は、ケーブルの全ての間隙がコンパウンド又は止水材料で十分に満たされ、ケーブル内への浸水を防いでいることを確認することである。

ケーブルは、[IEC 60794-3-11]に従って性能を発揮することが望ましい。試験は、設計に応じて、[IEC 60794-1-2]の方法 F5B、又は、[IEC 60794-1-2]の方法 F5C に従って実施されることが望ましい。

[IEC 60794-1-2]の方法 F5 に従って、試験又は再試験で 24 時間後にケーブル端から漏水があってはならない。

#### A.4.4 透湿度

この試験方法は、あらゆる環境条件下で敷設されるダクト及びトンネルケーブルに適用される。

この試験は、長さ方向に重ね合わせた金属外装が施されたケーブルに適用される。透湿度は、[b-ITU-T TR.ofcs]の Chapter 2 に記載された試験方法に従って試験することができる。

要求事項は製造業者と顧客との間で合意されることが望ましい。

#### A.4.5 ガス流動抵抗

非防水のダクト又はトンネル用光ファイバケーブルを保護するためにガス加圧システムを使用する場合、本試験が適切である。

この試験の目的は、十分な流量のガスがケーブルを通過することを保証することである。

この試験は、[IEC 60794-1-2]の方法 F8 に従って実施されることが望ましい。試験片の長さ最大流動抵抗は、製造業者と顧客の間で合意された詳細仕様に従うことが望ましい。

ケーブル中のガス遮断の提供を意図している場合、製造業者と顧客の間で合意した最小流動抵抗の許容値における基準試験方法で実施されることが望ましい。

#### A.4.6 凍結

凍結試験は、ケーブル又はケーブルを含むダクトを取り囲む地面の凍結が発生する可能性のある環境条件下で、敷設した光ファイバケーブルに適用する二つの関連試験方法から構成される。この場合、地中に直接埋められたダクト内のケーブル、又は同様に凍結する可能性のある媒体に囲まれたケーブルと、水の浸入を受ける埋設ダクト内のケーブルである。後者は、ダクト及びトンネルケーブルに最も有効である(6.3.6 節を参照)。

##### A.4.6.1 非密閉空間における凍結

この試験は、ダクト及びトンネルケーブルにはあまり使用されない。外部凍結試験の目的は、湿った土壌又は水中のように埋められたケーブルを覆う媒体の凍結を模擬することである。ダクト又はパイプ内のケーブルの凍結を模擬するものではない(この試験の適用性については 6.3.6 節を参照)。通常、屋外設置を想定していないダクト及びトンネルケーブルの評価に役立つ可能性がある。

この試験は、[IEC 60794-1-215]の方法 F15A に従って実施されることが望ましい。

特に指定のない限り、ケーブルが凍結したときの許容損失変化は、次のようにする。

- 1550 nm において、0.15 dB/km以下

特に指定のない限り、試験後の常温での損失に変化がないことが望ましい。

#### A.4.6.2 ダクト内のケーブルの凍結

ダクト内のケーブルの外部凍結試験の目的は、埋められたダクトを覆う媒体の凍結、若しくは水が集まってケーブルを覆う可能性のあるケーブル又はケーブルを含むエアリアルダクトに影響を及ぼす凍結温度を模擬することである(本試験の適用性については 6.3.6 節を参照)。硬質性のあるダクトへの水の侵入が考慮される用途では、ダクト内に圧力吸収エレメントと共にケーブルを敷設することが一般的である。

この試験の意図は、ケーブルと(もしあれば)圧力吸収エレメント及び凍結時のダクトの組み合わせを評価することである。

本試験は、[IEC 60794-1-215]の方法 F15B に従って実施されることが望ましい。

特に指定のない限り、ケーブルが凍結したときの許容損失変化は、次のとおりとする。

- 1550 nm において、0.15 dB/km以下

特に指定のない限り、試験後の常温での損失に変化がないことが望ましい。

#### A.4.7 材料適合性

この試験方法は、あらゆる環境条件下で敷設されるダクト及びトンネルケーブルに適用される。この試験は、全てのダクト及びトンネルケーブルに適用することができるが、特に高分子ゲル又はフラッディングコンパウンドを使用するケーブルに適用される。上記を使用しないケーブルは、本条項の意図に従い、製造業者とユーザの間で合意されたとおりに試験することが望ましい。

この試験方法は、ケーブルの寿命におけるケーブル材料(ファイバ、プラスチック、止水材料、金属など)の適合性を確認することを目的としている。この試験手順は、ケーブル全体又はケーブルの選択された要素を一定期間高温で劣化させることにより、生涯暴露を模擬する。ファイバ及びバッファ光ファイバの適合性試験は、A.2.1 及び A.2.3 節で扱われており、本試験と一緒に行うことができる。

##### A.4.7.1 エージングの手順

完成品ケーブル試験片のエージングは現在検討中である。「エージング前」比較又は試験のために、対照試験片は保管されることが望ましい。

エージング後、構成部材をケーブル又はエレメントアセンブリから取り外し、後述のように試験することが望ましい。

##### A.4.7.2 ジャケット引張強さ及び伸び試験 - エージング後

ジャケット材料の引張強度と伸びは、[IEC 60811-501]に従って試験されることが望ましい。エージング後のジャケットは、エージング前の引張強度と伸びの値の 75%以上を保持することが望ましい。

##### A.4.7.3 金属コーティング剥離試験 - エージング後

金属テープ上のプラスチックコーティングは、目視で剥離の痕跡がないことが望ましい。

#### A.4.8 酸化誘導時間、OIT - ポリオレフィン充填材及びジャケット材料について

あらゆる環境条件下に敷設される全てのダクト及びトンネルケーブルの充填材コンパウンド及びポリオレフィンベースのジャケット材料は、材料の安定化レベルを評価するために試験を行うことが望ましい。酸化誘導時間(OIT)試験は、示差走査熱量測定(DSC)技術を使用してこのような評価を行う。

試験片の質量は、[ISO 11357-6]に準拠することが望ましい。充填材コンパウンドのサンプルは、入荷した

材料又は完成品ケーブルのいずれかを使用することができる。ジャケット材料は、完成品ケーブルのもの、又は特別に製造された模擬ケーブルジャケットのものであることが望ましい。

試験片は、[ISO 11357-6]に従って試験を行うが、以下の点を修正及び明確化することが望ましい。

- 充填材料の場合 - 試験温度は $190^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ とする
- ポリオレフィン製ジャケット材料の場合 - 試験温度は $199^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ とする
- 試験サンプルの加熱速度は $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ とする
- 銅製のつぼ(パン)の代わりにアルミニウム製パンを使用する
- スクリーンは使用しない
- トルクレオメーターは必要ない

充填材コンパウンドやジャケット材料の場合、OIT は最低 20 分が望ましい。

#### A.4.9 水素

この試験は、ダクト及びトンネルケーブルにほとんど適用されない。この試験方法は、海底環境又はより高い大気圧の用途に敷設される光ファイバケーブルに適用される。ダクト又はトンネルケーブルが密閉されたダクトに存在するまれな場合では、水素試験を考慮してもよい。

金属フリーケーブルや水素の発生が少ないケーブル構成物を単独で、あるいは他のもの(例えば、水)を組み合わせた防湿シースを使用したケーブルの場合、ケーブルコア内の水素ガスの蓄積は光損失の著しい増加にはつながらない。

その他のケーブル構造については、[ITU-T L.126]及び[b-IEC TR 62690]を参照することが望ましい。

#### A.4.10 落雷

ダクト及びトンネルケーブルには、二次的な重要性ではあるが、落雷試験を考慮することが望ましい(6.3.9 節を参照)。ケーブル構成部材として金属材料を使用する場合、顧客と製造業者の合意により、ケーブルの耐雷保護は[ITU-T K.47]に記載されている試験を行ってもよい。

#### A.4.11 振動

振動試験は、製造業者と顧客との間で合意したとおりに行うことが望ましい(6.3.9 節を参照)。

[IEC 60794-1-21] の方法 E19 である微風振動、又は、方法 E26 であるギャロッピングによる振動試験は、一般的には、ダクト及びトンネルケーブルに適用されない。

#### A.4.12 生物的被害

##### A.4.12.1 げっ歯類及び昆虫による損傷

ダクト及びトンネルケーブルのげっ歯類や昆虫による損傷に対する耐性試験は、製造業者と顧客の間で合意されたものであることが望ましい(6.3.11 節を参照)。

##### A.4.12.2 ジャケット材の耐菌性

菌類評価は、あらゆる環境条件下で敷設されるケーブルに適用される。ダクト及びトンネルケーブルに一般的に使用されるポリエチレン製ジャケット材は、菌類に対して本質的に非栄養性である。その他のジャケット材は、火災定格ケーブルやアウタージャケットとして適用される可能性があるものを含め、耐菌性の評価を要求してもよい。

この試験方法と要求事項は、製造業者と使用者の間で合意されたものが望ましい。手引きとして、[ITU-T L.161]を利用してよい。耐菌性を評価する試験方法は、IEC で検討中である。

#### A.4.13 放射線照射

この試験方法は、光ファイバケーブルが放射線に暴露されることへの適合性を評価する。

この試験は、[IEC 60794-1-2]の方法 F7 に従って実施されることが望ましい。

#### A.4.14 ケーブルシースの密着力

この試験は、あらゆる環境条件下で敷設されるダクト及びトンネルケーブルに適用される。様々な敷設技術によって、アウタージャケットに摩擦力が加わることがあり、それによってジャケットが下にあるケーブルに対して、張力又は圧縮の作用により滑ることがある。

この試験は、ジャケットが下のケーブル構造に接着接合されていないケーブルに適用される。

一般的に、これらはジャケット中に抗張力体のない誘電体又は金属製のケーブル若しくは外装ケーブルであり、全て内部構造又はシールドや外装の上に充満したコンパウンドが塗布されているものである。止水されていないケーブルもこの試験の対象となる。外装を接着した構造のケーブルは、その構造上、長さ方向の接着強度が本質的に高いため、試験を行わない。

この試験は、ケーブルコアと金属被覆をジャケットから引き抜くのに必要な力を測定することによって、ケーブルシース構成部材(シールド又は外装とその上のジャケット)の分離に対する耐性を測定する。

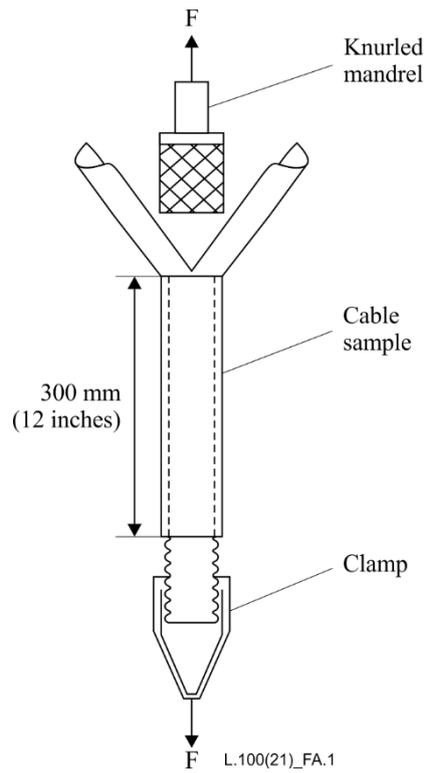
ケーブルは、[IEC 61196-1-313]に従って、又は、次のように変更された意図に従って、試験を行うことが望ましい。この試験は、A.1.4 節における拡張大気温度条件で行うことが望ましい。

##### A.4.14.1 試験手順

基準試験方法の用語を使用する場合、ジャケットのないコアアセンブリは「導体」又は「外部導体」とすることが望ましい。ケーブルのジャケットは「誘電体」又は「シース」とすることが望ましい。

図 A.1 に従って、 $300\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$  の試長、若しくはコア又はジャケットの準備された長さを確保するために、試験片は十分な長さでなければならない。コア又は裂かれたジャケットの準備された長さは、試験に都合の良い長さ、一般的にはそれぞれ約  $100\text{ mm}$  が望ましい。この試験は、ジャケットを準備する代わりに、基準試験の試験板を使用してもよい。

説明のために、図 A.1 で示したように、この試験は[IEC 61196-1-313]に従って実施することが望ましい。



図A.1- シースの密着力試験装置とサンプル

#### A.4.14.2 要求事項

シースの密着力は、ジャケット内側表面の円周において、 $14\text{ N/mm}$  より大きいことが望ましい。その円周は、外装、シールド、又はその下のケーブル構造の外周として最も簡便に測定される。

## 参考文献

- [b-ITU-T TR.ofcs] ITU-T Technical Report TR-OFCS (2015), *Optical fibres, Cables and Systems*.  
<https://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2015-OFCS>
- [b-IEC 60793-2] IEC 60793-2 (2019), *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*.
- [b-IEC TR 62222] IEC TR 62222 (2021), *Fire performance of communication cables installed in buildings*.
- [b-IEC TR 62690] IEC TR 62690 (2014), *Hydrogen effects in optical fibre cables – Guidelines*.
- [b-IEC TR 63194] IEC TR 63194 (2019), *Guidance on colour coding of optical fibre cables*.
- [b-IEC TR 62691] IEC TR 62691 (2016), *Optical fibre cables – Guidelines to the installation of optical fibre cables*.
- [b-TR-GSup.40] TR-GSup.40 (2019), 光ファイバケーブルガイドライン
- [b-ITU-T G Suppl.59] ITU-T G-series Recommendations – Supplement 59 (2018), *Guidance on optical fibre and cable reliability*.