

JT-L25

光ファイバケーブル網の保守

Optical fibre cable network maintenance

第1版

2016年5月26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> .....	5
<L.25 (2015/01) 和訳> .....	6
1. 規定範囲 .....	7
2. 参照 .....	7
3. 定義 .....	7
3.1 他で定義された用語 .....	7
3.2 本勧告で定義された用語 .....	7
3.2.1 制御 (control) .....	7
3.2.2 顧客サービスオペレーション (customer service operation) .....	7
3.2.3 故障 (fault) .....	7
3.2.4 心線対照 (fibre identification) .....	7
3.2.5 ファイバ切替 (fibre transfer) .....	7
3.2.6 保守支援および試験システム (maintenance support, testing and monitoring system) .....	7
3.2.7 光ファイバケーブル網 (optical fibre cable network) .....	8
3.2.8 光心線対照 (optical fibre identification) .....	8
3.2.9 光ファイバ網 (optical fibre line) .....	8
3.2.10 屋外設備データベース (outside plant database) .....	8
3.2.11 事後保全 (post-fault maintenance) .....	8
3.2.12 予防保全 (preventative maintenance) .....	8
3.2.13 監視 (surveillance) .....	8
3.2.14 試験デバイス (test access device) .....	8
3.2.15 試験 (testing) .....	8
4. 略語 .....	8
5. 慣例 .....	9
6. 光ファイバケーブル網保守の一般的特徴 .....	9
6.1 保守分類 .....	9
6.1.1 予防保全 .....	9
6.1.2 事後保全 .....	9
6.2 光ファイバケーブル網保守の一般的機能 .....	9
6.2.1 監視 .....	9
6.2.2 試験 .....	9
6.2.3 制御 .....	9
7. 光ファイバケーブル網保守の一般的特徴 .....	10
付録 I 日本の事例 .....	12
I.1 はじめに .....	12
I.2 範囲 .....	12
I.3 光ファイバケーブル網保守の概念 .....	12
I.3.1 保守の状況 .....	12
I.3.2 ファイバの故障とその原因 .....	13
I.3.3 予防保全 .....	14
I.3.4 事後保全 .....	14

I.4 光ファイバケーブル保守の機能要求条件 .....	15
I.4.1 監視 .....	15
I.4.2 試験 .....	16
I.4.3 制御 .....	17
付録Ⅱ イギリスの事例 .....	18
Ⅱ.1 はじめに .....	18
Ⅱ.2 予防保全－監視 .....	18
Ⅱ.3 予防保全－試験 .....	18
Ⅱ.4 予防保全－制御 .....	18
Ⅱ.5 事後保全－監視 .....	19
Ⅱ.6 事後保全－試験 .....	19
Ⅱ.7 事後保全－修復 .....	19
参考文献 .....	20

## <参考>

### 1. 国際勧告との関係

本技術仕様は、ITU-T 勧告 L.25 (01/2015) 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

Introduction の記載を削除

#### 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	2016年5月26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 ホームページでご覧になれます。

### 5. その他

#### 5.1 参照する勧告、標準など

ITU-T 勧告 ITU-T G.979

IEC 規格 なし

TTC 標準 なし

### 6. 標準作成部門

光ファイバ伝送専門委員会

## 光ファイバケーブル網の保守

### 概要

ITU-T L.25 は、光ファイバケーブル網の保守運用に関連する一般的特徴を取り扱う。本勧告は、1996年に初めて勧告化された勧告の改定版である。本改定は、光ファイバケーブル網の保守とそれに関連する勧告の最近の状況に応じてなされたものである。

## 1. 規定範囲

本勧告は、電気通信サービスに用いられる光ファイバケーブル網の保守運用に対する一般的特徴および定義について述べる。

本勧告の目的は、光ファイバケーブル網保守の一般的機能要件を示し、光ファイバケーブル網の保守運用に関する関連勧告の情報を提供することにある。

本勧告は、非ガス保守ケーブル網を取り扱う。伝送装置そのものの保守運用および設備管理などは本勧告では取り扱わない。海底システムに用いられる光ファイバケーブルもまた本勧告の対象外であり、これらは例えば [ITU-T G.979] にて取り扱われる。

## 2. 参照

本勧告においては、以下の ITU-T 勧告、他の文献を参照している。現時点で以下の版数が有効である。全ての勧告、他の文献は改版される可能性がある。本勧告の全てのユーザは、以下に示す勧告、文献の最新版の適用を可能とするために調査することが必要である。最新で有効な ITU-T 勧告のリストは定期的に刊行されている。

[ITU-T G.979] Recommendation ITU-T G.979 (2012), Characteristics of monitoring systems for optical submarine cable systems.

## 3. 定義

### 3.1 他で定義された用語

本勧告は、他で定義された用語を用いない。

### 3.2 本勧告で定義された用語

本勧告は、光ファイバケーブル網保守に関連する以下の用語を定義する。

#### 3.2.1 制御 (control)

保守目的のためにネットワーク構成要素 (NE) に対する操作を行う活動。

#### 3.2.2 顧客サービスオペレーション (customer service operation)

顧客からの要求や不満を取り扱うためのサービス運用。

#### 3.2.3 故障 (fault)

電気通信サービスを提供する NE 上で起こる望まれないこと。サービス停止やその要因を含む。

#### 3.2.4 心線対照 (fibre identification)

光ファイバケーブル網上において、所望の光ファイバを特定すること。

#### 3.2.5 ファイバ切替 (fibre transfer)

修復、ルート替え、網再構成の作業において、光ファイバを別の光ファイバと接続すること。

#### 3.2.6 保守支援および試験システム (maintenance support, testing and monitoring system)

光ファイバケーブル網保守のためにシステム化された機能。

### 3.3.7 光ファイバケーブル網 (optical fibre cable network)

伝送装置間のネットワークであり、光ファイバやケーブル、光スプリッタや試験デバイス等より構成される。

### 3.2.8 光心線対照 (optical fibre identification)

現場サイドにて光ファイバの誤切断や誤接続を防止するために行われる光測定手段を用いた心線対照方法。

### 3.2.9 光ファイバ網 (optical fibre line)

端末装置間の光経路。

### 3.2.10 屋外設備データベース (outside plant database)

物理的なケーブルや支持構造物を含む光ファイバ網の設備データベース。

### 3.2.11 事後保全 (post-fault maintenance)

故障認識後に発生する保守業務。故障位置の特定や電気通信サービス復旧までのネットワークの回復を含む。

### 3.2.12 予防保全 (preventative maintenance)

電気通信サービスを提供、運用できるように NE を保証する保守業務。サービスに影響のある (もしくは、影響を与える可能性のある) 故障を検知する業務を含む。

### 3.2.13 監視 (surveillance)

運用状態を観測する目的で NE をモニタリングする活動。

### 3.2.14 試験デバイス (test access device)

光ファイバ網に試験光を入射するための光カプラ。

### 3.2.15 試験 (testing)

敷設後や故障検知のために故障位置や NE 状態を評価する活動。

## 4. 略語

本勧告は、以下の略語を使用する。

B-OTDA	ブリルアン光時間領域解析法 (Brillouin Optical fibre Time Domain Analysis)
NE	ネットワーク構成要素 (Network Element)
NEC	ネットワーク構成要素制御 (Network Element Control)
OLT	光網終端装置 (Optical Line Terminal)
OTDR	光時間領域反射計 (Optical Time Domain Reflectometry)
PDS	パッシブダブルスター (Passive Double Star)
PON	パッシブ光ネットワーク (Passive Optical Network)
SEM	システム要素管理 (System Element Manager)
WDM	波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing)



## 5. 慣例

なし

## 6. 光ファイバケーブル網保守の一般的特徴

### 6.1 保守分類

光ファイバケーブル網保守に関する電気通信事業者の業務は、予防保全と事後保全の2種類に分類される。

#### 6.1.1 予防保全

予防保全活動は、監視、試験および制御から構成される。これらの活動は、重大な故障やネットワーク計画が行われる前に行われるように計画されなければならない。

サービス中に予防保全が行われる場合には、光ファイバ切断を伴う、予め計画された工事の場合を除いて、電気通信サービスと干渉をしないように実施しなければならない。

#### 6.1.2 事後保全

事後保全活動は、監視、試験および制御から構成される。故障の深刻度に依存して、修復は故障発生後ただちに、または決められた保守ルールに従って実施されなければならない。

事後保全は、例えば、伝送システム（装置からの警報検知）、顧客サービス運用（顧客からのクレーム受理）、あるいは予防保全の結果として、故障を検知することで発生する。システムチックなアプローチに限定されないが、これらとの適切なインタフェースが必要である。

### 6.2 光ファイバケーブル網保守の一般的機能

各分類に対する一般的機能が表1に示されている。予防保全機能は電気通信事業者の保守ルールにより任意に選択される。事後保全機能は通常要求されるものである。

#### 6.2.1 監視

光ファイバケーブル網における故障には様々な要因がある。光ファイバ損失やひずみの増加、反射率の変化が代表的な要因として考えられる。さらに、機械的な劣化を引き起こす可能性のある接続部における浸水や光ファイバの水素による損失増加、コネクタ損失増加も故障を引き起こす要因となる。

監視は光ファイバや光部品を定期的もしくは連続的にモニタリングすることで実施される。伝送装置からの警報や顧客サービス運用からの報告の状態をモニタリングすることも事後保全活動における監視と位置づけられる。

#### 6.2.2 試験

試験は、故障やその要因、光ファイバケーブル網の状態を検知するために実施される。仮にサービス影響のある故障が発生した場合、故障が伝送装置にあるのか、光ファイバケーブル網にあるのかどうかを決定する行動を取らなければならない。試験は光ファイバケーブル網の敷設後や復旧後にも実施される。

#### 6.2.3 制御

制御は、保守目的のための光ファイバケーブル網に対するある操作を行うことである。

伝送装置と顧客の間の光ファイバは、計画工事や計画復旧のために、しばしば切替られることがある。そのような光ファイバ切替は制御操作と考えられる。復旧を要する場合、光ファイバは修復、ルート変更や置換がなされなければならない。

制御活動を行うには、光ファイバは光ファイバケーブル網上のどの位置においても心線対照されなければならない。心線対照は、屋外設備データベースの利用とともに行われる。システムとの適切なインタフェースが必要である。

表 1 - 光ファイバケーブル網保守の一般的機能

保守分類	保守活動	機能	備考
予防保全	監視 (定期試験など)	光ファイバ損失増加検知 光ファイバ劣化検知 浸水検知	任意 任意 (注 1) 任意
	試験 (光ファイバ劣化試験など)	光ファイバ故障位置の測定 光ファイバひずみ分布の測定 浸水位置の測定	任意 任意 (注 1) 任意
	制御 (NEに対する操作など)	心線対照 光ファイバ切替	任意 任意 (注 2)
事後保全	監視 (警報検知、トラブルレポート受理など)	伝送システムとのインタフェース 顧客サービス運用とのインタフェース	必須 必須
	試験 (ファイバ故障試験など)	装置と光ファイバケーブル網の故障切り分け 故障位置の測定 光ファイバ状態の確認	必須 必須 任意 (注 3)
	制御 (ケーブル復旧、撤去など)	復旧、応急復旧 心線対照 光ファイバ切替	必須 必須 必須 (注 2)
注 1 - 追加検討が必要。 注 2 - 様々な方法によって実施: - 切替接続 (任意で同期的に切替); - 予備系伝送装置への切替 (リングトポロジや冗長システムの場合)。 注 3 - 敷設後の確認が推奨される。			

## 7. 光ファイバケーブル網保守の一般的特徴

光ファイバケーブル網の保守に関連する様々な勧告の関係を図 1 に示す。

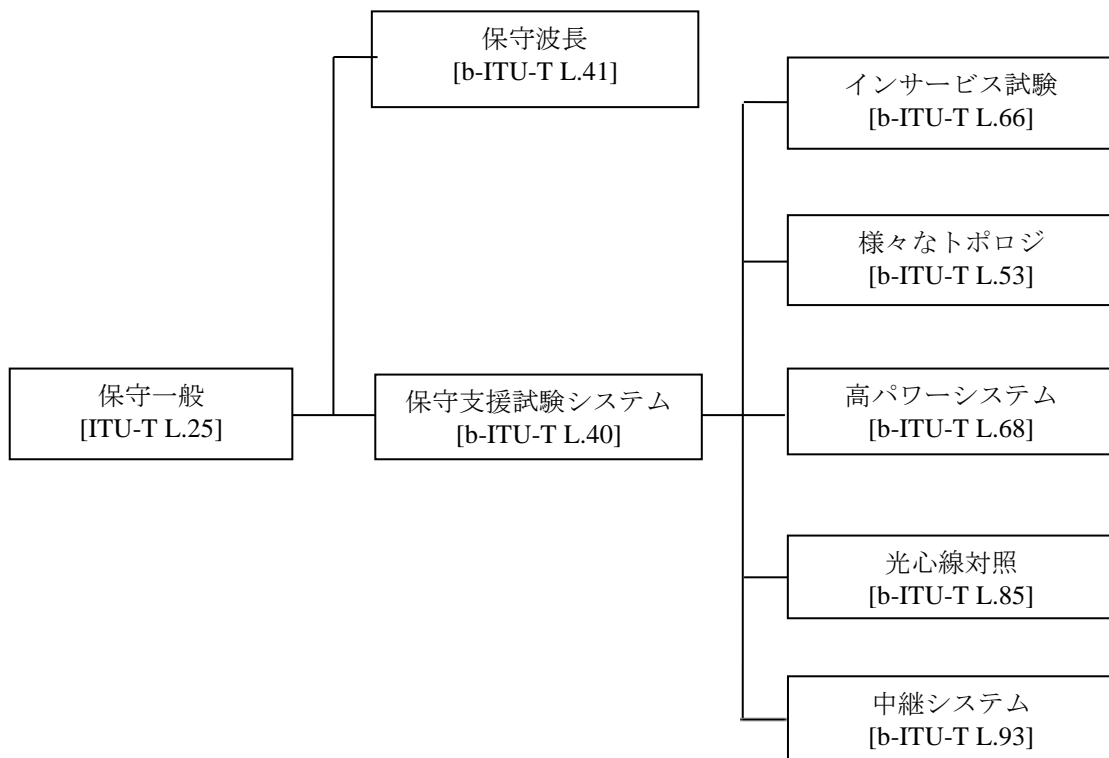


図1－光ファイバケーブル網保守に関する勧告の体系

## 付録 I 日本の事例

### I.1 はじめに

多くの政府主管庁及び通信事業会社が長年にわたり光ファイバケーブル網を構築してきた。基本的に、これらのネットワークの全ての伝送システムは ITU-T 勧告に準拠して伝送ビット誤り率を監視している。ビット誤り率が高くなりすぎた場合、システムは停止され、必要な修理が行われる。しかし、ビット誤り率の情報を得るだけでは、伝送装置か光ファイバケーブル網のどちらに問題があるかを判定するには不十分である。故障原因を決定するためには伝送装置と光ファイバケーブル網の両方を調査する必要があり、非常に多大な時間を必要とする。

近年、多くの主管庁及び通信事業会社は伝送装置に依存しない光ファイバケーブル網の品質を監視する保守運用システムを導入または導入を計画している。これらのシステムの中には、通信に影響を与えることなく、使用中の光ファイバの品質を測定することが可能なものがある。各監視システムは予備（非現用）ファイバを使用するか、または現用ファイバの伝送信号に多重送信することができる。

本付録は光ファイバケーブル保守運用の概念及び要求機能についてアドバイスする。

### I.2 範囲

本付録は、以下の範囲を対象とする。

- － 電気通信網として使用される中継/長距離系及びアクセス系光ファイバケーブル
- － (主に) シングルモード光ファイバケーブル
- － 光ファイバケーブル保守運用。
- － 予防保全の必要性
- － 監視、試験、制御などの保守運用業務に必要な機能についての情報
- － 非ガス圧監視方法 (ガス圧監視方法による保守運用については ITU-T 勧告 L.6 ” Methods of keeping cables under gas pressure” , [b-ITU-T L.6] および ITU-T ハンドブック "Outside Plant Technologies for Public Networks", [b-ITU-T Handbook 1] の第三章を参照。)

PDS トポロジ (光スプリッタを用いたポイント・トゥ・マルチポイント光ファイバケーブル網) については検討中である。

### I.3 光ファイバケーブル網保守の概念

#### I.3.1 保守の状況

##### 1) オペレーションの構成要素：業務

オペレーションは顧客とネットワーク構成要素 (NE) の間で進められる。光ファイバケーブルのオペレーションは顧客サービスの運用とNEの運用の2つに分類される (図I.1参照)。1つ目はサービスオーダーの受付、請求書情報の問合せや故障報告の受付などの業務から成る。もう一方は、計画、建設、設置、保守及び管理などの業務から成る。これらの業務は互いに非常に関連がある。

##### 2) 保守の構成要素：活動

保守業務は以下に述べるNEの監視、試験および制御の3つの活動から成る。

監視 — NEの状態を測定すること。監視は故障が発生する前にNEの劣化と、故障時の異常な状態を知らせる2つの機能を持つ。

試験 — NEの特性を測定すること、及びそれらの特性が要求レベルを満たしているか否かを判断すること。

制御 — NEを通常の状態またはサービス品質を維持できるように修復すること。

一般的に、故障発生前の NE 劣化の監視、試験および NE の制御のような業務を含む保守の形式は予防保全と考えられる。

一方、故障発生後の警告や故障報告の受付、試験および NE の制御のような業務を含む保守の形式は事後保全と考えられる。

予防保全の観点から、光ファイバケーブル保守は定期試験、光ファイバ試験、ネットワーク構成要素の制御の3つの活動から成る。

定期試験 — ファイバ損失の増加、ファイバの劣化及び浸水の検知を定期的に実施。

光ファイバ試験 — 定期試験の情報を受け取った後、ファイバ損失増加、ファイバ歪分布、浸水箇所の測定を実施。

ネットワーク構成要素の制御 — 必要に応じてファイバの特定、切替および接続を行うこと。

予防保全において、全ての作業は、予備心線（非現用心線）を用いるか、または現用心線に伝送信号に影響を与えることなく多重伝送して実施される。

一方、事後保全観点から、光ファイバケーブル保守は伝送システムからの警告やユーザからの故障申告の受付、光ファイバ試験およびケーブル修復またはケーブルの張り替え（ケーブルの経路変更）などを含む。

故に、光ファイバケーブル保守は表 1 に示される以下の3つの要素からなる。

- 監視
- 試験
- 制御

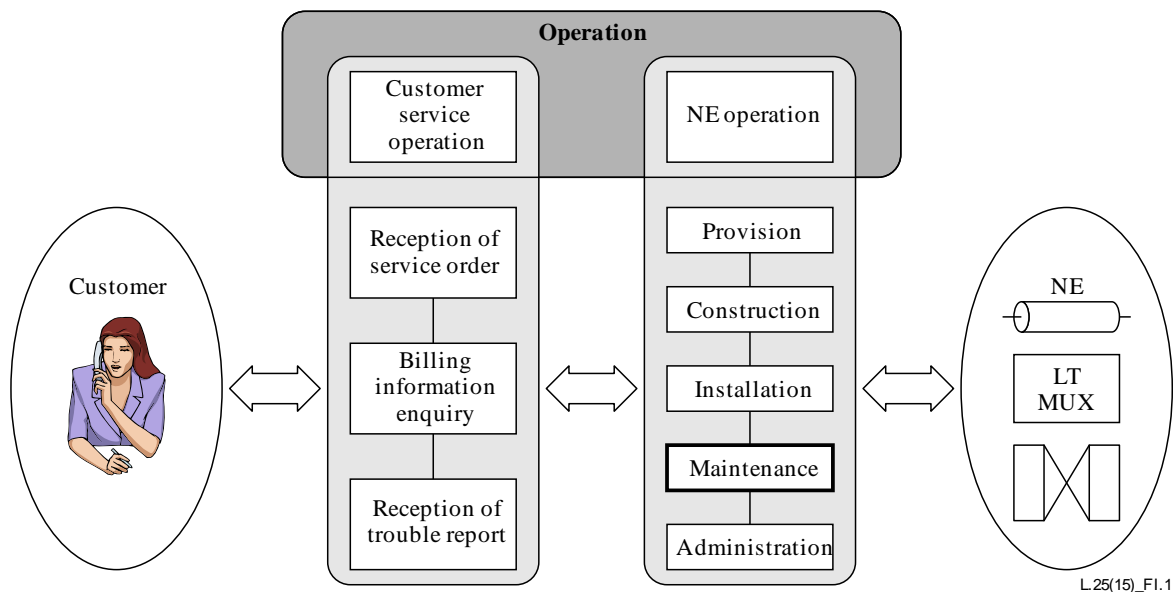


図 I.1 – 保守の状態

### 1.3.2 ファイバの故障とその原因

ファイバの故障は、ファイバ破断、損失増加、コネクタの異常の3つのタイプに分類される。

ファイバ破断は以下により発生する。

- ケーブル内の引っ張り歪と曲げ歪
- クロージャ内の曲げ歪とねじり歪

- － 破壊されたケーブル管路における側圧歪

ファイバ損失増加は以下により発生する。

- － ケーブル内の長手方向のファイバ歪によるマクロベンディング損失の増加
- － クロージャ内のファイバ曲げ損失 (マクロ) の増加
- － ケーブルまたはクロージャ内の水素吸収損失の増加

ファイバコネクタ異常は以下により発生する。

- － 引っ張り歪とファイバ軸調整の異常

既設ケーブル内の光ファイバは引っ張り、ねじり、曲げによる残留歪をもつ。クロージャ内で曲げられたファイバにはケーブル内よりもより大きな歪の影響を受け (既設ケーブルのファイバ歪に関しては [b-ITU-T L.14] を参照)、ファイバ強度はそれに伴い低下する。さらに、クロージャやケーブル内が浸水した場合、ファイバ強度はさらに急速に劣化する。

ファイバ故障を引き起こす主な原因は、ケーブル及びクロージャ内のファイバ残留歪と曲げ損失の2つである。浸水はファイバ破断及びファイバ損失増加を加速させる要因と考えられる。

それゆえ、上記の2つの主要因によるファイバ故障が発生する前に、光ファイバケーブル保守における適切な対処が必要である。

### 1.3.3 予防保全

従来の光ファイバケーブル保守はメタリックケーブル保守のコンセプトを踏襲していた。これはビット誤り率に関する情報は、故障が伝送装置または光ファイバケーブル網のどちらで発生しているのか判断するのに不十分であることから、どちらかといえば効果的でも効率の良い方法でもない。その結果、故障申告を受けてから、正常状態に戻すまでの一連の作業には膨大な時間がかかることになる。

大量の光ファイバケーブルが様々な国で加入者網に導入されてきた。その結果、光ファイバケーブル網を効果的かつ効率的に保守する必要性が生じている。しかしながら、光ファイバケーブル網の保守のコンセプトはメタルケーブル網保守のものとは異なる。これは、光ファイバ故障がファイバ残留歪、ファイバ損失増加や浸水によって引き起こされるからである (1.3.2 章参照)。もし故障原因が事前に検出できるのであれば、効果的な対処と故障の予防が可能となる。実際には、ファイバ劣化 (損失増加など) を監視したり、必要なファイバ劣化試験やファイバ切替制御をファイバ故障発生前に実施するような保守を行うことが予防保全として考えられる。

故障発生後に実施される従来のケーブル保守と比較すると、光ファイバケーブル保守は高信頼性を確保するためにファイバ破断が発生する前に対処を行う。それゆえ、ユーザからの苦情や故障申告数を減らすことができる。また、保守部門が計画的に作業を行い、運用コストを削減することを可能とする。予防保全の手順を以下に示す。

- － 定期試験

ここで異常が検知された場合、以下の手順に続く。

- － ファイバ劣化試験
- － ネットワーク構成要素の制御
- － 正常運用への復帰

### 1.3.4 事後保全

故障申告の受付、故障試験、ケーブル修理やケーブル張り替え等の故障後の保守は、従来のケーブル保守においても主要業務である。

中継/長距離設備においては、光ファイバがダメージを受けた時、または光ファイバが壊れた時に、伝送システムからの警告またはユーザの苦情への対処が早急に行われる。このような場合、光ファイバケーブル保

守としては、トラフィックの代替ルートへの振替、試験実施によるファイバ故障箇所の特定制、ケーブル修復やファイバ切替による修理などが考えられる。早急な修理のために復旧用ケーブルが事前に準備されている。中継/長距離設備の事後保全の手順は以下の通り。

- － 伝送システムアラームの受付
- － 別経路への切替
- － ファイバ心線と伝送装置間の故障切り分け
- － 光ファイバ試験
- － ケーブルの修理
- － 修理後の検査
- － 通常運用への復帰

アクセス系設備においてはユーザからの故障申告の受付とケーブル/ファイバ故障の試験後、修復用ケーブルまたはファイバ切替により修理を行う。アクセス系設備の故障後の保守の手順は以下の通り。

- － ユーザからの故障申告の受付
- － ファイバ心線と伝送装置間の故障切り分け
- － 光ファイバ試験
- － 作業要員の派遣
- － ケーブル修理
- － 修理後の検査
- － 通常運用への復帰

ケーブル撤去は実際には道路管理者やユーザからのクレームによるケーブル経路の振替作業である。ケーブル撤去作業が行われる時、ポイント・トゥ・ポイントシステムにおいては、他の光回線へのファイバ切替制御が必要となる。ファイバ切替制御には、ケーブルを部分的に切替られるという利点がある。ケーブル撤去作業では、経路の切替はファイバ区間の両端で行われるので、経路切替の作業エリアはファイバ切替よりも非常に広範にわたる。

ケーブル撤去の手順は以下のとおり。

- － 切替用の新規に設置するファイバの準備
- － 現用ファイバから予備ファイバへの切替
- － 切替るファイバの特定制
- － ファイバの切断と新規に設置するファイバの接続
- － 接続したファイバの試験
- － 予備ファイバから接続したファイバへの切替

## 1.4 光ファイバケーブル保守の機能要求条件

### 1.4.1 監視

#### 1.4.1.1 予防保全の要求機能

##### 1) ファイバ損失増加の検出

中継/長距離設備において、光ファイバケーブル網の状態は、現用ファイバまたは予備ファイバを用いて定期的に測定されている。光源及び光パワーメータを用いた測定の目的は、マイクロベンディング、マクロベンディングまたは水素吸収によるファイバ損失増加を自動的に検出することである。現用ファイバの場合、WDM部品を用いることでシングルモードファイバ中に伝送信号と同じく監視用信号も存在する。監視用波長は、伝送信号に影響を及ぼさないように異なる波長を用いる。

アクセス系設備において、光ファイバケーブル網の状態は現用ファイバまたは予備ファイバ

を用いて定期的に測定されている。OTDRとその反射波形の解析により、ファイバ損失増加を自動的に検出する。反射波形解析は保守センタにおいて設置時の初期波形のようなりファレンス波形と測定した波形を比較して行われる。現用ファイバの場合、OTDRの波長はサービスに影響を及ぼさないために伝送波長とは異なる波長を用いる。

#### 2) ファイバ劣化の検出

I.3.2章に述べているように、既設ケーブル内の光ファイバには、引っ張り、ねじりや曲げなどの残留歪がある。ファイバの劣化これらの歪によりファイバ強度が低下することである。故に、ファイバ劣化の状態を検出する機能が要求される。

#### 3) 浸水検知

ケーブル外被もしくはケーブルクロージャがダメージを受けた時、浸水が発生する場合がある。浸水は水素を発生させ、水素吸収損失増加を引き起こすことがある。ケーブル内への浸水を防ぐため、様々なケーブル構造が用いられている。ジェリー充填ケーブルや浸水防止材料から成るケーブルがある。前者において、ジェリーはケーブル外被の切れ目や穴への浸水を防ぎ、浸水により引き起こされる障害の発生を最小限に抑えることができる。後者の場合、浸水防止テープが浸水の防止に用いられている。ケーブル外被の切れ目や穴から浸水があると、浸水防止材料が膨張し、更なる浸水を防止する。

クロージャ内に設置された浸水検知センサで浸水を検知することが可能である。クロージャ内に浸水した場合、センサ内の吸水材料が膨張してセンサ内に組み込まれた予備ファイバに曲げ(マクロベンディング)によるファイバ損失増加を与える。この損失増加を測定することで浸水を検知することができる。

非充填ケーブル構造とケーブルとクロージャのガス圧監視を用いた手順がある。これらのケーブルの保守方法はハンドブック "Outside Plant Technologies for Public Networks" [b-ITU-Handbook 1] の第3章に述べられている。

### 1.4.1.2 故障後の保守の要求機能

中継/長距離伝送システムではビット誤り率が監視されている。ビット誤り率が警告レベルの閾値を超えると、(伝送)オペレーションシステムを経由して、アラームが設備保守センタに送られる。アクセス系システムにおいては、主にユーザからの故障申告が設備保守センタに送付される。

## 1.4.2 試験

### 1.4.2.1 予防保全の要求機能

#### 1) ファイバ故障位置の測定

故障位置探索に用いられる標準的な試験装置はOTDRである。OTDRは長距離のファイバであっても後方散乱光を測定し、十分な分解能を持つ。設備保守センタからの遠隔試験により、試験用波長を用いることで、現用ファイバの損失増加による故障点を容易に位置特定できる。

#### 2) ファイバ歪分布の測定

ファイバの長手方向の歪はファイバ中のブリルアン周波数シフト量を変化させる。これらの変化を測定することが求められている。ファイバ歪分布(特に引っ張り歪分布)は、ブリルアンOTDA(B-OTDA)により測定することができる。曲げやねじりによるファイバ中の歪分布測定方法は検討中である。

#### 3) 浸水箇所の測定

I.4.1.1の3)に記述されているように、センサ内の吸水材料が膨張し、予備ファイバにマクロベンディングを与えて損失を発生させる。あらかじめ浸水検知センサの設置位置が特定されて



いれば、ファイバ損失が測定された位置により、どこで浸水があったかを測定することができる。

#### 1.4.2.2 事後保全の要求機能

##### 1) 伝送装置とファイバ間の故障切り分け

システムに不具合が発生した場合、ユーザからの苦情もしくは伝送システムからの警告に対応した対処が行われる。監視装置は、不具合が伝送装置によるものなのか、ファイバ区間で発生しているものであるかを判断しなければならない。ファイバ網の品質を監視する機能は伝送装置から独立しているため、故障切り分けが可能である。

##### 2) ファイバ故障点の測定

故障位置探索に用いられる標準的な試験装置はOTDRである。故障ファイバでは、伝送信号波長または試験波長を用いて故障位置を見つける。OTDRは独立して動作する。現在のOTDRは十分に持ち運び可能である。

#### 1.4.3 制御

ケーブル制御は、故障ファイバが見つかった場合、ケーブルが破損しファイバが破断した場合やケーブルの経路切替や張り替えが必要になった場合に実施される。

中継/長距離設備の予防保全では、切替るファイバ、接続するファイバの特定や、ケーブル接続箇所ですべて同時切替を行うためのファイバの特定を行う。

事後保全では、中継/長距離設備とアクセス系設備の両方において、ケーブル修理、ファイバ心線対照とファイバ切替接続の機能が求められる。

ケーブル撤去には2つのタイプがある。一つは、特に中継/長距離設備において、ケーブル接続点またはパスの両端で予備の伝送装置及びファイバに自動的に切替えるために使用されている。もう一つは、アクセス系設備において自動ファイバ切替接続に適用されている。

復旧に関しては、ハンドブック "Construction, Installation, Jointing and Protection of Optical Fibre Cables, Chapter VI Protection/Restoration" ([b-ITU-T Handbook 2]) を参照。

## 付録Ⅱ イギリスの事例

(訳者注：このイギリスの事例は、L.25初版(10/1996)で記載されて以降アップデートされていないことに留意されたい。)

### Ⅱ.1 はじめに

光ファイバシステムの保守は、ネットワークのトポロジ及び光ファイバケーブルの構造によって決められる。ネットワークにファイバが十分にあり、各ユーザに対してファイバ1心提供されている状況ならば、予防保全の導入はアドバンテージとなり得る。しかし、イギリスの光ファイバ網は、ファイバ1心を光スプリッタにより複数ユーザで共有している。ファイバの光伝送安定性は以下による。

- － 湿度のある環境での安定したファイバコーティングの使用
  - － 外被の部分的な外乱から遮蔽するファイバのルースパッケージングの使用
  - － コンパウンドを充填したケーブルの使用による浸水の防止
  - － ファイバの推定ライフタイムを減少させない程度の歪となるようなケーブル設計や設置訓練のコントロール。これはブルーフ試験の規格に関連している。
  - － 各ミニダクトに光ファイバケーブル1条を敷設
  - － 必要な場合のみ施工者がファイバの取り扱いを行う
- 上記の理由によりイギリスでは予防保全は一般的ではない。

### Ⅱ.2 予防保全－監視

Ⅱ.2.1 受信装置のダイナミックレンジが経路長によって分類されている場合、アクセス系サービスにとってファイバ損失増加の監視は本質的でない。

Ⅱ.2.2 イギリスの事例において、最新のケーブルシステム・設備では、ファイバ劣化は(たとえあつたとしても)突然発生する。監視システム(SEM)は故障のあったネットワークセグメントを特定する。

Ⅱ.2.3 長手方向に沿ったアルミラミネートテープによる浸水障壁と間質ケーブル防水機構があるため、浸水の検知は必要ではない。光受動部品の収納については、あるスプリッタは浸水に耐性があるかもしれないことが実験室レベルの測定で示されている。遠隔センシングシステムを導入するほど、過度に検討すべきリスクではない。

### Ⅱ.3 予防保全－試験

Ⅱ.3.1 ファイバ故障位置の測定(非現用ファイバ)は必要なく(Ⅱ.2.2章参照)、むしろ故障を引き起こすかもしれない有害である。

Ⅱ.3.2 ファイバ歪分布の測定は(ブリルアン散乱を用いた)最先端の現在実験レベルの試験装置を必要とする。クラス3Bレーザも必要とされ、使用環境も制限される。正しいルースチューブケーブルの設置、サブダクトの使用や効率的なファイバ収納があればこの測定の必要性はないだろう。

Ⅱ.3.3 浸水箇所の測定。SEMがサービス不具合を検知する。ケーブルの物理的ダメージにより浸水することで発生する故障によるサービス不具合は稀である。すなわち、ケーブルへの浸水は、サービスに影響を与えるものではなく、故に検知されず、ほとんど発生しない。

### Ⅱ.4 予防保全－制御

Ⅱ.4.1 ファイバの特定。いくつかのシステムにおいて、SEMまたはネットワーク制御(NEC)はファイバ特定の情報を持たない。別の物理レイヤの記録で情報を持つ。

Ⅱ.4.2 ファイバ切替システム。切替作業は間違いを引き起こすので、サービス提供中のファイバの切替は特

にイギリスでは非常に稀である。

## II.5 事後保全－監視

II.5.1 SEM が伝送アラームを検知し、ユーザセグメントの消失を表示する場合、伝送経路の運用システムとのインタフェースは不要である。影響を受けたファイバ設備は独立した物理レイヤ記録によって特定される。

## II.6 事後保全－試験

II.6.1 伝送装置とファイバ網の故障切り分け。パッシブ光ネットワーク (PON)、光終線装置 (OLT) は光ファイバ網と光伝送装置の故障を切り分けできる。

II.6.2 ファイバ故障位置の測定。ファイバ網の故障において、光ファイバ網の構成品 (現場で交換可能な単位)は SEM によって特定される。故障の明確な位置は OTDR で検知可能である。

## II.7 事後保全－修復

II.7.1 復旧/恒久的な修理。物理的な修理が実施される前にサービスを復元するためにネットワークの再構成が必要である。

II.7.2 ファイバの特定。SEM またはネットワーク制御 (NEC) はファイバ特定の情報を持たない。別の物理レイヤの記録で情報を持つ。

II.7.3 ファイバ切替システム (表 1 の注 2 参照)

## 参考文献

- [b-ITU-T L.6] Recommendation ITU-T L.6 (1988), Methods of keeping cables under gas pressure.
- [b-ITU-T L.14] Recommendation ITU-T L.14 (1992), Measurement method to determine the tensile performance of optical fibre cables under load.
- [b-ITU-T L.17] Recommendation ITU-T L.17 (1995), Implementation of connecting customers into the public switched telephone network (PSTN) via optical fibres.
- [b-ITU-T L.40] Recommendation ITU-T L.40 (2000), Optical fibre outside plant maintenance support, monitoring and testing system.
- [b-ITU-T L.41] Recommendation ITU-T L.41 (2000), Maintenance wavelength on fibres carrying signals.
- [b-ITU-T L.53] Recommendation ITU-T L.53 (2003), Optical fibre maintenance criteria for access networks.
- [b-ITU-T L.66] Recommendation ITU-T L.66 (2007), Optical fibre cable maintenance criteria for in-service fibre testing in access networks.
- [b-ITU-T L.68] Recommendation ITU-T L.68 (2007), Optical fibre cable maintenance support, monitoring and testing system for optical fibre cable networks carrying high total optical power.
- [b-ITU-T L.85] Recommendation ITU-T L.85 (2010), Optical fibre identification for the maintenance of optical access networks.
- [b-ITU-T L.93] Recommendation ITU-T L.93 (2014), Optical fibre cable maintenance support, monitoring and testing systems for optical fibre trunk networks.
- [b-ITU-T Handbook 1] ITU-T Handbook (1991), Outside Plant Technologies for Public Networks, ITU, Geneva.
- [b-ITU-T Handbook 2] ITU-T Handbook (1994), Construction, Installation, Jointing and Protection of Optical Fibre Cables, ITU, Geneva.
- [b-Chikte] CHIKTE (S.D.), HERSHAVARDHANA (P.), HOOD (R.C.), An overview of Surveillance-Based Maintenance of the Transmission Network. Bell Communication Research, CH2298-9186/0000-1295 IEEE, 1986.
- [b-Lewis] LEWIS (N.), KEEBLE (P.), FERGUSON (D.), Testing Strategies for Modern Fibre Network Architectures. Symposium on Optical Fibre Measurement, BT Laboratories, September 1992.
- [b-Matsushita] MATSUSHITA (M.), HONMA (K.), Total Network Operation System Architecture. Review of the Electrical Communication Laboratories, NTT, Japan, Vol. 36, No. 2, 1988.
- [b-Sankawa] SANKAWA (I.), KOYAMADA (Y.), et al., Optical Fibre Line Surveillance System for Preventive Maintenance Based on Fibre Strain and Loss Monitoring, IEICE Transaction on Communications, Vol. E76B, No. 4, April 1993.