

FTTH (Fiber To The Home) 用新型メカニカルスプライス および現場組立光コネクタ

通信事業部 瀧澤 和宏*1・山口 敬*1・斉藤 大悟*1・古川 洋*2

New Mechanical Splice and Field-Installable Connector for FTTH

K. Takizawa, T. Yamaguchi, D. Saito & H. Furukawa

FTTH (Fiber To The Home) を経済的に実現する技術の一つとして、われわれは低価格な小型単心メカニカルスプライスを開発した。本メカニカルスプライスは精密熱可塑性樹脂を使用したインジェクション成形技術により生産され、平均接続損失は0.03dBを達成している。また、一連の機械特性、耐環境特性など長期信頼性試験でも良好な結果を得ている。FTTHで必須の架空クロージャでの作業を考慮し、本メカニカルスプライスの組立工具は小型・軽量(165g)とした。また続いて、メカニカルスプライスの技術を応用し、現場で短時間で組み立てることが可能な光コネクタとその組立工具を開発した。新型コネクタ(くさび付コネクタ)の検討結果とあわせて報告する。

We have developed a low cost and small size mechanical splice for single fiber in order to realize FTTH economically. To achieve low cost, the mechanical splice parts are manufactured through injection molding technique with high precision thermoplastic resin. The mechanical splice has a mean connection loss of 0.03 dB. Various reliability tests were conducted on this newly-developed mechanical splice. The test results confirmed that the mechanical splice can be successfully employed in the field. The assembly tool is compact, light-weight (165g), and suitable for use with the aerial closure. Next, we describe the field-installable connector and newly-developed compact assembly tool. They will be useful for the economical construction of FTTH.

1. ま え が き

近年、高度情報化社会を支える社会基盤として、インターネットサービスに代表される多様な速度を持つ通信サービスをより安く、柔軟に提供することが要求され、FTTH (Fiber To The Home) の構築が活発に進められてきている。FTTHを広く普及させるためには、光ファイバ関連設備の設置コストがメタルケーブル設備並みとなることが必須とされ、特に光ファイバの接続技術の経済化が望まれている。光ファイバの接続技術として融着接続、メカニカルスプライス接続¹⁾²⁾および、コネクタ接続³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾が実用化されているが、特に加入者への引き込み時に有効なメカニカルスプライスおよび光コネクタのさらなる経済化と現場での作業性向上が必要となってきた。

今回われわれはこれらの要求に対応するため、成形材料、生産方式を見直して素子を大幅に低廉化し、さらに加入者への引き込み作業に有効な小型・軽量化した新型メカニカルスプライスと、現場での作業性と経済性を重視した現場組立光コネクタを開発し実用化にいたったの

で、これを報告する。また、特別な組立工具なしで組立可能な現場組立光コネクタについても検討したのであわせて報告する。

2. FTTH用光ファイバ接続物品の要求事項

図1にFTTH加入者宅内への光ファイバ引き込み例を示す。光ファイバの主な接続点と有効な接続部材を以下に示す。

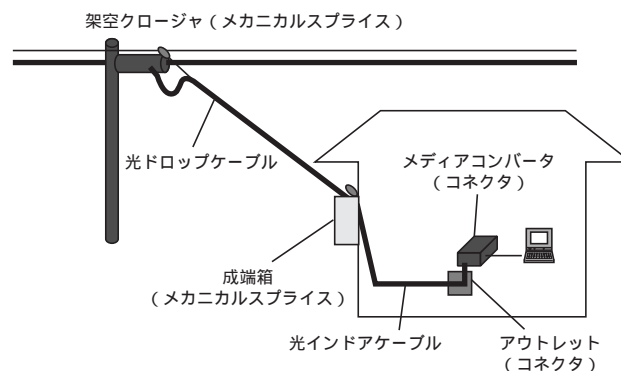


図1 FTTH加入者引き込み例模式図
Model of FTTH

*1 通信部品開発部

*2 通信部品開発部グループ長

架空クロージャ内
 架空ケーブルとドロップケーブルのメカニカルス
 プライス接続
 成端箱内
 ドロップケーブルとインドアケーブルのメカニカルス
 プライス接続
 室内アウトレット，メディアコンバータ内の接続
 光コネクタの接続

FTTHの経済的な導入を目指すために、現行のメカニカルスプライス、現場組光コネクタが達成している光学特性、簡易な作業性、電源不要な組立等のほかに、以下のさらなる改善が要求されている。

- ・ 接続部材の低廉化
- ・ 架空接続を想定したより小型で軽量の工具
- ・ 短余長での光ファイバの接続
- ・ 接続工具の低廉化

3. 新型メカニカルスプライス

3.1 新型メカニカルスプライスの構造と低廉化

図2に単心メカニカルスプライスの構造を示す。構成部

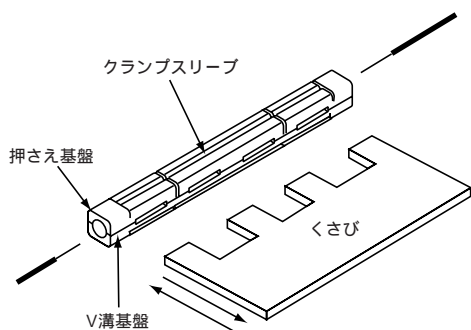


図2 メカニカルスプライスの構造
 Structure of mechanical splice

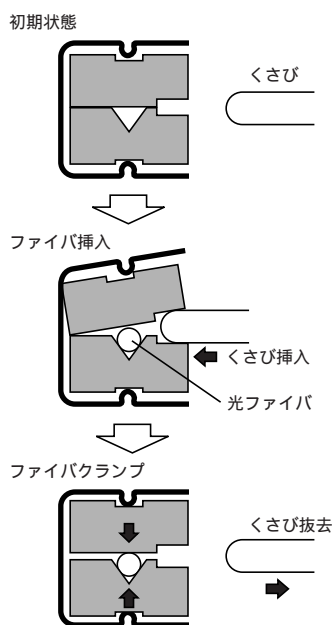


図3 メカニカルスプライスの接続手順
 Assembly method of mechanical splice

品としてはV溝基板，押さえ基板，クランプスプリングからなり，V溝基板上の光ファイバ端面の突き合わせ部には屈折率整合剤があらかじめ充填されている。

図3にメカニカルスプライスの接続手順を示す。光ファイバを接続する際には，接続工具によってくさびをスリットに挿入することで，V溝基板と押さえ基板の間に隙間を発生させ，光ファイバを挿入する。光ファイバが屈折率整合剤をかいして突き合わされた状態でくさびを抜き去ることで，クランプスプリングのバネ力により，押さえ基板とV溝基板の間で光ファイバが調心・固定される。

光ファイバを高精度に接続するためにV溝基板と押さえ部材は，寸法，そり，平滑性等において高い精度が要求される。このため，従来，これらの部材は高寸法精度を達成するのに有利な熱硬化性樹脂によるトランスファ成形により生産されていた。

単心メカニカルスプライスを低廉化するにあたり，既存の工具でも組立ができるように寸法，組立方式については従来品と互換性を持たせることを前提とし，単心メカニカルスプライス部材の成形方法と使用される樹脂の見直しを行った。つまり，成形方法を従来の熱硬化性樹脂によるトランスファ成形から熱可塑性樹脂によるインジェクション成形に変更し，型締め，樹脂余熱・投入・射出・保圧，型開き，製品取り出し・ゲート切断等の工程を全自動化した。これにより高速成形が可能となり，大幅な低廉化が達成された。熱可塑性の成形材料は，強度と寸法精度（等方性，低収縮，低線膨張）および成形性を考慮して材料の開発を行い，現行の熱硬化性樹脂と同等の機械強度，寸法精度を実現した。

3.2 接続工具

前述したようにFTTH用接続工具としては，さらなる小型・軽量化，短余長接続，低廉化が要求されている。

図4に従来工具と今回開発した新型の工具の外観を示

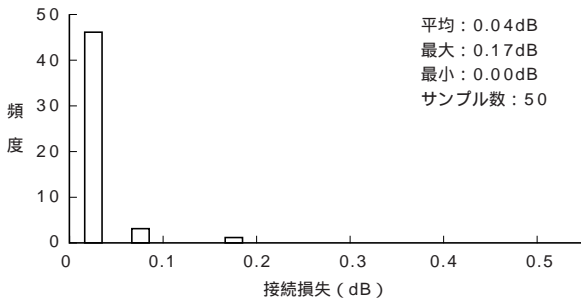


図4 メカニカルスプライス接続工具
 Splicing tool for mechanical splice

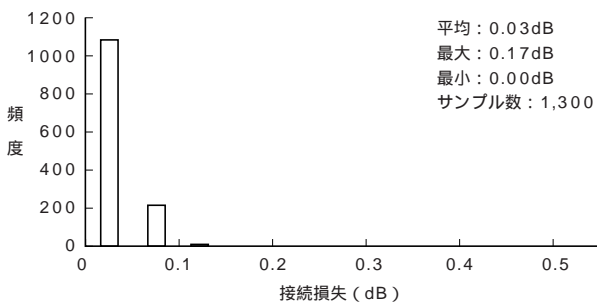
す。また、表1に両工具について比較した特徴を示す。従来の金属の機械加工部品からなる接続工具を樹脂成形部品に変更し、かつくさび材質/挿入構造を簡易にして部品点数を削減することにより、大幅な低廉化(約1/10)と軽量化(約780g 165g)を達成した。また、ファイバホ

表1 メカニカルスプライス接続工具の特徴
Characteristics of assembly tool

項目	特徴	
	従来工具	新型工具
寸法	W200×D130×H170mm	W138×D73×H45mm
質量	780g	165g
部品点数	-	従来の約1/5
クサビ材質	セラミック	金属
ボディ材質	金属	プラスチック
コスト	-	従来の約1/10



a) 従来メカニカルスプライス



b) 新型メカニカルスプライス

図5 メカニカルスプライスの接続損失特性
Splice loss of mechanical splice

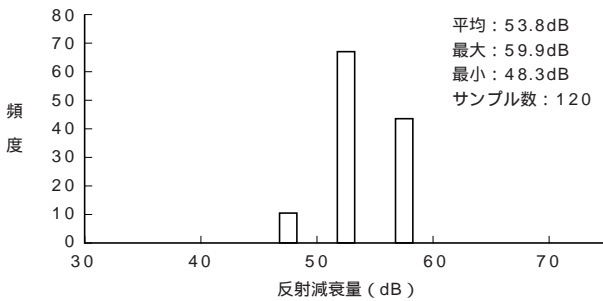


図6 メカニカルスプライスの反射減衰量特性
Return loss of mechanical splice

ルダを小型化し、メカニカルスプライスへのファイバ挿入方式を簡易にすることにより、短余長接続、工具全体の小型化を達成した。

3.3 新型単心メカニカルスプライスの諸特性

3.3.1 初期光学特性

図5に新型単心メカニカルスプライスを新型工具で接続したときの接続損失特性を示す。また、比較のため従来のメカニカルスプライスの結果もあわせて示す。新型品において1,300心線分の測定を行い、平均接続損失0.03dBの結果が得られて、低廉化した新型品においても従来と同等の低損失な接続が可能であることを確認した。

図6に新型単心メカニカルスプライスの反射減衰量特性を示す。室温の測定における測定結果であるが、平均50dB以上の特性が得られている。

3.3.2 信頼性試験結果

新型単心メカニカルスプライスにおいて実施した一連の信頼性試験の結果を、初期特性の試験結果とともにまとめたものを表2に示す。実施した試験の中にはTelcordia GR-326-COREに準拠した高温試験・高温高湿試験・温度サイクル試験を連続して行う長期信頼性試験も含まれているが、この長期信頼性試験も含めて接続損失変動は0.1dB以下であった。以上の結果から低廉化した新型品においても安定した信頼性を有していることを確認した。

表2 新型メカニカルスプライス初期特性・信頼性評価結果
Initial test and reliability test result of new mechanical splice

項目	規格		評価結果		N
	試験条件	規格(dB)	結果(dB)		
初期特性	接続損失	-	MAX 0.4	MAX 0.17	1,300
	反射減衰量	室温	MIN 40	MIN 48.3	120
機械特性	引っ張り試験 IEC 61300-2-6	3.0N	0.2	0.03	500
	屈曲試験 JIS5961	0.05N 屈曲10回	0.2	0.02	10
	振動試験 IEC 61300-2-1	3方向 2h	0.2	0.02	10
	衝撃試験 IEC 61300-2-12	100G	0.2	0.02	10
信頼性	温度サイクル特性 IEC 61300-2-22	-40~70 10サイクル	0.3	0.04	8
		温度湿度サイクル特性 IEC 61300-2-21	-10~65 93% 10サイクル	0.3	0.03
	高温特性 IEC 61300-2-18	70 240h	0.2	0.04	8
		低温特性 IEC 61300-2-17	-40 240h	0.3	0.04
	連続温湿度 サイクル Telcordia GR-326-CORE	85 336h 60 95% 336h -40 ~75 42 サイクル	0.3	0.06	8
		耐候性 IEC 61300-2-26	5%塩水噴霧 24h	0.2	0.02
耐水性	耐水試験	40 72h 浸水	0.3	0.05	8



図7 現場組立光コネクタ外観
Field-installable connector

4. 現場組立光コネクタ

4.1 現場組立光コネクタの構造⁷⁾

図7に現場組立SC型光コネクタの外観を示す。SC型光コネクタと同一構造のコネクタ嵌合部の後方にメカニカルスプライス部を設けた構造である。コネクタ部にはあらかじめ光ファイバが内蔵固定され、端面は高精度に研磨されている。メカニカルスプライス部にはあらかじめ屈折率整合剤が入っており、内蔵光ファイバに光ファイバを接続することにより、光ファイバへのコネクタ組立を可能にしている。このことにより、現場での無研磨・無接着の組立を可能にし、コネクタ取付の簡易化・高速化をはかることができる。さらに、コネクタプラグ中にはSC型光コネクタの構成部品であるスプリング、ハウジング等があらかじめ組み立てられているため現場でのハウジング組立時間も大幅に削減される。今回、従来の一部金属の機械加工部品であったハウジング部材をプラスチック成形品とし、低廉化を達成した。

また、光ファイバの種類として、シングルモード光ファイバ・マルチモード光ファイバ(GI50/125・GI62.5/125)への適用が可能であり、メカニカルスプライス部被覆把持部は0.25mm、0.9mmへの適用が可能である。

4.2 新型組立工具

本コネクタの組立機構は前述のメカニカルスプライスと同一であり、コネクタ後方のメカニカルスプライス部に外部からくさびを挿入/抜去することにより光ファイバのクランプ解除/実行を行う機構である。今回、このくさびの挿入/抜去を行う組立工具について、作業性、特性を考慮し、新規に開発を行った。この新型組立工具の外観を図8に示す。被覆側と裸ファイバ側のクランプを個別に解除/実行できるように、従来1枚であったくさびを2枚に分割した構造としている。われわれの採用しているメカニカルスプライスの方式は、光ファイバが屈折率整合剤をかいして突き合わされた状態でくさびを抜き去りクランプを実行する方式を取っているが、この方式はクランプを実行する瞬間に光ファイバ同士に突合わせ力を発生させておく必要がある。この力を人的に付与する場合、力が強すぎるとファイバが撓んだ状態でクランプを実行させ、挿入損失を高くする要因の一つとなっていた。今回の組立方式を採用することで、この状態を防止でき、作業者のスキルによる組立失敗を減らすことができた。また、この方式を採用することにより、ファイバホルダを使用せずに組立が可能となつて、工具の小型化、低廉



図8 組立工具外観
Assembly tool

サイズ：5×67×25mm
質量：145g

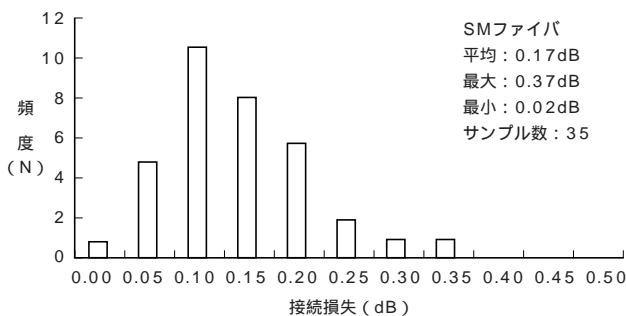


図9 現場組立光コネクタ接続損失特性
Insertion loss of field-installable connector

化を達成することができた。

4.3 現場組立光コネクタの諸特性

現場組立SC型光コネクタを新型工具で組立を行った場合の光学特性を評価した。FTTHで使用が想定される0.25mm SMファイバ心線についての評価結果を図9および表3に示す。評価結果はいずれも良好な特性を示した。

4.4 くさび付現場組立光コネクタ

前述しているようにFTTHにおいて現場組立光コネクタは宅内での使用も想定される。アクセス系の工事とは異なり、宅内の工事は専用の工具を持たなくてもファイバの接続作業が可能であることが強く要求されている。われわれはこの要求にこたえるために、くさびをあらかじめコネクタ側に挿入しておき、前処理した光ファイバを挿入後にくさびを抜き去るコネクタ組立方法を考案し、この方法の採用によって専用の組立工具が不要となるコネクタの検討を行った。このくさび付現場組立光コネクタの構造を図10に示す。このコネクタでは、コネクタを把持している手でそのままくさびを抜き去ることができる構造とした。

組立工具の場合、複数のコネクタに対して安定してくさびを挿入する必要があるため、くさびには高い寸法精度と耐磨耗性が要求されていた。これに対して、コネクタ側にくさびを設ける構造を採用することにより、くさびの使用が1回のみとなるため、現状くさびに要求される高い寸法精度と耐磨耗性は必要なくなる。これによりくさびを安価な樹脂製とすることができるので、すべてのコネクタにくさびを組み込んでも大きなコストアップとはならない。また、あらかじめ工場側でコネクタとくさ

表3 現場組立光コネクタ信頼性評価結果
Reliability test result of field-installable connector

GR-326-CORE Index*	試験項目	試験方法/条 件	損失変動規格	試験結果 損失変動量(dB)		試験数	
				SM	GI	5	5
4.4.2.1	高温試験	+85 ± 2 for 168hrs	0.4dB	SM	0.09	5	15
				GI62.5	0.05	5	
				GI150	0.06	5	
4.4.2.3	耐湿試験	90 ~ 95%RH@75 for 168hrs	0.4dB	SM	0.10	5	15
				GI62.5	0.05	5	
				GI150	0.06	5	
4.4.2.5	温度サイクル試験	- 40 ~ 75 , 21 cycles for 168hrs	0.4dB	SM	0.19	5	15
				GI62.5	0.06	5	
				GI150	0.07	5	
4.4.3.8	耐振試験	1.5 mm (P-P) , 10 ~ 55Hz (45Hz/min) , 2hrs per 3 axis	0.4dB	SM	0.03	5	15
				GI62.5	0.02	5	
				GI150	0.02	5	
4.4.3.2	捻回試験 (コード)	Cable : Load = 13.5N, 1,800 ° each direction	0.4dB	SM	0.10	5	15
				GI62.5	0.03	5	
				GI150	0.03	5	
4.4.3.3	引張強度 (コード)	68N@0 ° (5 sec)	0.4dB	SM	0.12	5	15
				GI62.5	0.05	5	
				GI150	0.03	5	
-	引張強度 (心線)	3N , 60S	0.3dB	SM	0.09	5	15
				GI62.5	0.04	5	
				GI150	0.02	5	
4.4.3.6	衝撃試験	Height = 1.5m, impact 10 times	0.4dB	SM	0.05	5	15
				GI62.5	0.02	5	
				GI150	0.03	5	
4.4.3.7	着脱試験	Height of 1.8m, 1.4m and 0.9m 200 insertions	0.4dB	SM	0.12	5	15
				GI62.5	0.06	5	
				GI150	0.05	5	

* 本試験はTelcordia GR-1081-CORE (reference given in GR-326-CORE) に準拠した試験



図10 くさび付現場組立光コネクタ
Field-installable connector with wedge

びの組合せの確認を行うことも可能となる。

5. む す び

FTTHを経済的に実現することを目的に、低価格でFTTHを想定した作業性に優れた単心メカニカルスプライスと現場組立光コネクタを開発し製品化した。光学特性についても良好な特性を有することを確認した。また、検討を進めているくさび付コネクタについても製品化を前提とした検討について報告した。

今後も、FTTHを経済的に構築するのに有効な光ファ

イバ接続関連物品の開発を進めていく予定である。

参 考 文 献

- 1) T.Tanaka, et al.:New Mechanical Splice for Optical Fibers, Fujikura Technical Review, No.27, 1998
- 2) 藤原ほか：4心メカニカルスプライス,フジクラ技報, No.97, pp.16-21, 1999
- 3) S. Nagasawa, et al. : A High-Performance Single-mode Multifiber Connector Using Oblique and Direct Endface Contact between Multiple Fibers Arranged in a Plastic Ferrule, J. Lightwave Technol., Vol.13, No.6, pp.987-994, 1995
- 4) 菊地ほか：低損失多心光コネクタ,フジクラ技報, No.89, pp.5-9, 1995
- 5) 瀧澤ほか：MT-RJ光コネクタの開発,1999年信学春季大会, SC-5-2
- 6) K.Takizawa, et al.:Development of Mini-MPO Connector, 46nd IWCS, 1997
- 7) 瀧澤ほか：現場取付用簡易組立光コネクタ,フジクラ技報, No.94, pp.5-9, 1998