

Fiber To The Home (FTTH) 用光ファイバ架空接続技術

光機器・システム事業部 斉藤大悟¹・小林照武¹・瀧澤和宏¹・緒方和也²

New Field-Installable Connector and Mechanical Splice Assembling Tool for FTTH

D. Saito, T. Kobayashi, K. Takizawa & K. Ogata

FTTHにおける架空接続技術の一つとして、加入者切り替えを経済的に実現するためのコネクタ接続方式で、かつ現地での組立作業性に優れた、クロージャ内収納用の現場組立光コネクタを開発した。このコネクタは従来同様専用工具なしで組み立て可能であるという作業性を確保しつつ、限られたクロージャ内の収納スペースに搭載するため、従来の現場付けコネクタよりも断面積を小さくしたことを特長としている。接続損失をはじめとした光学特性評価、信頼性試験においても良好な結果が得られている。さらに、従来の架空接続技術の一つであるメカニカルスプライス接続についても、不安定な架空での接続作業を想定し、新たな組み立て方式を採用した新型メカニカルスプライス接続工具を開発した。こちらも良好な光学特性、信頼性試験結果を得ている。

As one of the connector connection system in aerial closure for FTTH, we have developed a new field-installable optical connector which can be assembled and storage in aerial closure easily and quickly, so as to realize FTTH economically.

The feature of new field-installable optical connector is not to need a special tool as well as conventional one. Moreover, the sectional area of the connector is more reduced than conventional one, so as to store in the tight space of aerial closure.

We have obtained in good optical performances and reliability test results.

In addition, we have developed a new mechanical splicing tool which assumes the situation of unstable splicing near the aerial closure.

The new mechanical splicing tool that adopts the new assembly process is also obtained in good optical performances and reliability test results.

1. ま え が き

国内のFTTH加入者数の増加は2002年頃から本格化し、2006年3月末には546万加入（総務省平成18年6月6日発表資料）にまで急速に伸びている。特に、NTTのBフレッツ等の推進により、ここ数ヶ月間で月に25万加入を超えるところまで急速に増加している。このような状況の中で、光配線工事の即応化および経済性の向上がますます重要となっている。

FTTHをより広く普及させるために、特に光ファイバ加入者への光ファイバ引き込み部分の経済性が重要であり、経済性と作業性に優れたメカニカルスプライス¹⁾²⁾およびコネクタ組立作業性、キャビネット等への収納作業性に優れたケーブル外被把持コネクタ³⁾⁴⁾が既に開発され、これ

らを用いた光ファイバ引き込み方式が現在広く採用されている（図1）。

一方、さらなるサービスの多様化に対応するため、架空クロージャ内を含めすべての接続点をコネクタ化する要求が高まっている⁵⁾。本稿では今回、新たに開発した架空クロージャ用の現場組立光コネクタについて報告する。ま

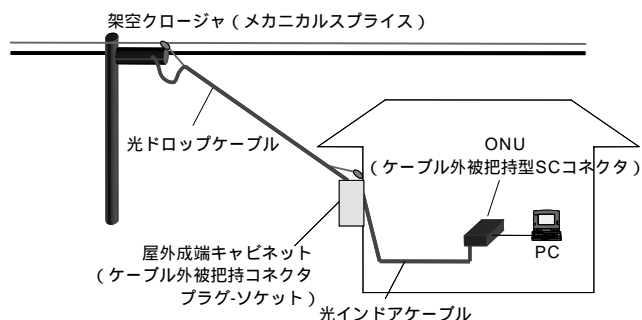


図1 現行FTTH加入者引き込み例模式図
Fig. 1. Model of FTTH.

1 光機器開発部

2 光機器開発部グループ長

た、このコネクタの組立技術を応用した新型メカニカルスプライス接続工具についても報告する。

2. 架空接続技術としてのコネクタ、 工具の開発コンセプト

現在、既に現場組立光コネクタとしてメカニカルスプライス方式を利用した無研磨無接着方式の現場組立光コネクタ⁶⁾⁷⁾が製品化されている。図2に示すように、これらのFTTH加入者引き込み点での架空クロージャ内への適用を前提とし、不安定な足場での架空作業およびクロージャ内への高密度実装を考慮して、以下のコンセプトで開発を実施した。また、これらのコンセプトを踏まえ、従来のメカニカルスプライス接続工具についても開発を実施した。

(1) 小型化

架空クロージャ内にコンパクトにコネクタを収納するため、従来のSCコネクタのアダプタ接続よりも接続時の断面積を小さくする必要がある。

(2) 組立作業の簡易化

コネクタ組立作業性をできるだけ統一し、組立治具なども簡単に扱える機構にする。治具機構は新型メカニカルスプライス工具にも採用し、作業性の向上と部品点数削減による経済性の向上を実現する。

(3) 構成部品の簡易化

コネクタ組立を簡易化する部品として従来使用しているクサビ挿入部品の点数を削減し、現場での作業性および経済性を向上させる。新型メカニカルスプライス工具に関しても構成パーツを削減して簡易化し、操作性を向上させる。

(4) 屋外環境への適用

現行の屋外成端キャビネット内で使用される現場組立光コネクタと同等な屋外環境に対応した環境特性を有する必要がある。

(5) プラグ-ソケット方式

現行の屋外成端キャビネット内で使用される現場組立光コネクタと同等なプラグ-ソケット締結方式を採用し、SCコネクタなどのプラグ-アダプタ-プラグ締結方式よりも部品点数の削減により経済性を向上させる。

(6) 低損失化

今回のコネクタの適用により、ドロップポイントからONUまでの実質の接続点が従来と比較し1つ増えることになる。従って、架空クロージャ用のコネクタにも、屋外成端キャビネット内用と同様に1接続点あたりに低接続損失化が要求される。

3. 架空クロージャ用現場組立光コネクタ

3.1 架空クロージャ用現場組立光コネクタの概要

図3に架空クロージャ用現場組立光コネクタの外観を示す。本コネクタは先端のコネクタ嵌合部の後部にメカニカルスプライス部があり、コネクタ部には予め光ファイバが

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、内蔵光ファイバに先端を処理した光ファイバを挿入、接続することにより、光ファイバ先端へのコネクタ組立を可能にしている。

コネクタの種類としてはプラグタイプとソケットタイプがあり、アダプタなしでの直接嵌合が可能である。架空クロージャ内での接続運用方法は、主ケーブルからの分岐素線にのみソケットタイプを取り付けるため、ソケットタイプには素線把持型のみがある。プラグタイプには光ファイバ素線に取り付ける素線把持型とドロップケーブルに取り付ける外被把持型がある。

3.2 架空クロージャ用現場組立光コネクタの特長

現行の屋外成端キャビネット用を含めて当社の現場組立光コネクタに共通のクサビ部品がコネクタに組み込まれているが、さらにクサビ部品を改良して、機能向上と部品点数を削減した。図4にクサビ部品を示す。クサビ部品内側にラッチを設けて、運送中の振動などの影響で使用前にクサビ部がコネクタ本体から抜けないようにした。また、クサビ部品自体もコネクタ本体から簡単に外れないように、

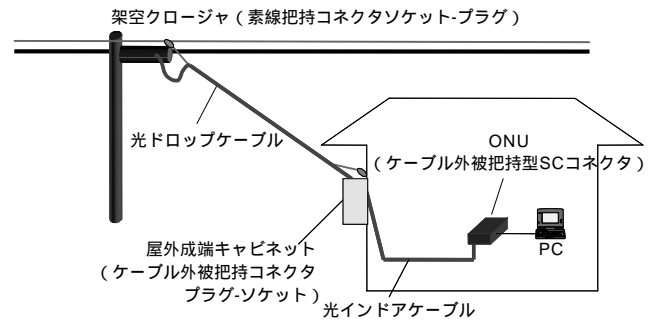


図2 ケーブル外被把持型現場組立コネクタを架空クロージャ内に適用した場合の現行FTTH加入者引き込み例模式図
Fig. 2. Model of FTTH.

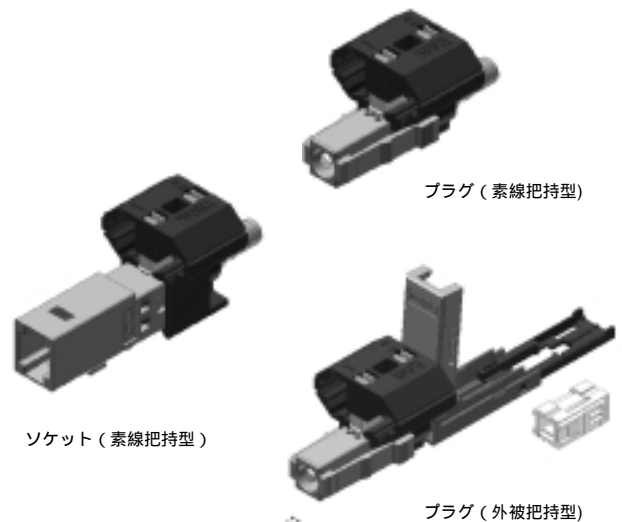


図3 架空クロージャ用現場組立光コネクタの構造
Fig. 3. Structure of the new connector.

底面に蓋を取り付けている。この蓋は、クサビ部品の両側をつまむことでロック機構が解除され、コネクタ本体から簡単に取り外すことができる。

また、素線把持型は図5に示す新開発の挿入治具と素線把持治具を用いることで、外被把持型と同じ工具、工法にて簡易な組立作業を実現させ、屋外成端キャビネット用の現場組立光コネクタを含め、すべての現場組立光コネクタの工具、工法を統一し、作業性の向上をはかっている。素線把持治具の後端には素線をクランプする部分があり、クランプ部材を本体の後端方向にスライドすると、本体にクランプ部材が接触して本体が内側に変形し、素線を把持する構造となっている。素線把持後は本体先端部分の形状が外被把持型で使用する外被把持部材と同様な形状に小型化、狭小化しているため、外被把持型と同等の作業にてホルダへの設置、素線先端の処理が可能である。素線処理後も、挿入治具をコネクタ後端に設置することで、外被把持型と同様な挿入ガイドの機能を持たせることができるため、外被把持型と同じような、挿入ガイドを使用した光ファイバの挿入作業が可能となった。

また、クロージャ内への設置を高密度で実現させるために、従来のSCコネクタのアダプタ接続に比べコネクタ接続時の断面積を25%小型化させている(表1)。

3.3 架空クロージャ用現場組立光コネクタの組立作業性
図6にソケットタイプとケーブル外被把持型のプラグ

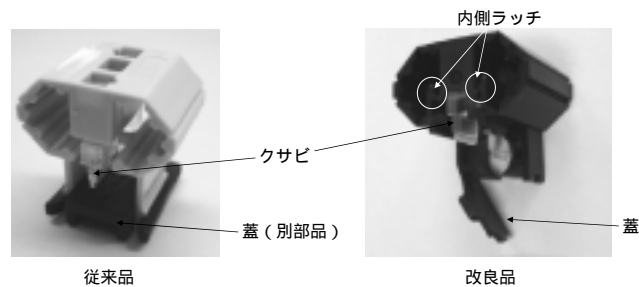


図4 クサビ部品の構造
Fig. 4. Structure of the new wedge holder.

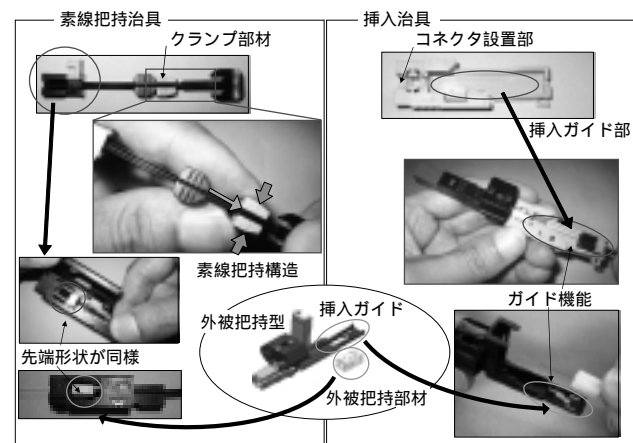


図5 素線把持型用の治具
Fig. 5. Jig of the new connector.

タイプについてコネクタ組立フローを示す。フロー内の工程を確認すると、素線把持型であるソケットは使用するホルダ、ストリッパ、カッタといった工具とその工法が外被把持型のプラグと同一になっており、作業性が統一されていることがわかる。メカニカルスプライス部にはあらかじめクサビ部品を組込んである。素線把持型は素線把持治具上に光ファイバ素線を設置し、クランプ部をジッパのように引き下げることで素線が把持される。この状態で外被把持型にて使用するホルダを使用し、光ファイバ先端を規定の長さで処理する。次に挿入治具をコネクタに設置して挿入ガイドとしつつ、素線把持治具を挿入ガイド上でスライドさせてコネクタへ挿入する。挿入が終わると外被把持型と同様に光ファイバが若干たわむように設計しており、このたわみによって光ファイバ先端が内蔵ファイバへ突き当たる力を維持し、安定した接続を実現している。外被把持型でもコネクタ後端に同様のガイド機構が組み込まれており、ガイドとたわみによる安定した、かつ非常に簡易な作業性を実現している。プラグタイプ先端から後ろへ伸びるラッチ形状がソケットタイプの先端孔部分に嵌合すること

表1 接続時の断面サイズ比較
Table 1. Comparison of cross section.

品名	SCコネクタアダプタ	新規コネクタ
断面寸法 横×縦 (mm)	12.8×9.4	10.4×8.7
断面積 (mm ²)	120	90

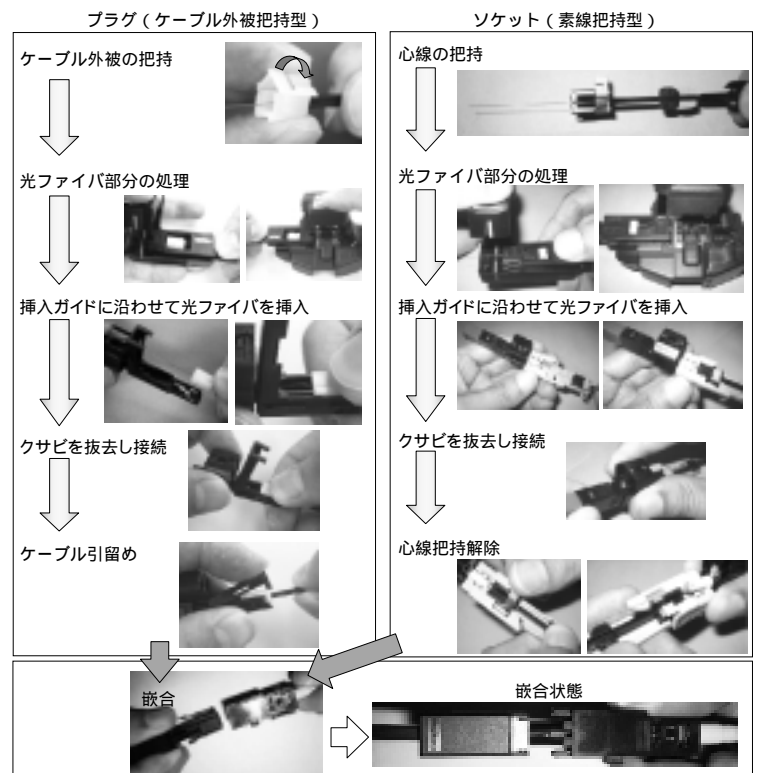


図6 組立作業フロー
Fig. 6. Assembly method of new connector.

でコネクタが接続され、外す際はプラグのラッチ部を両側ともつまむことで嵌合が解除され、ソケット孔部からプラグを抜き出すことができる。すべての作業はどちらのコネクタタイプでも約2分以内で終了する。

4．架空クロージャ用現場組立光コネクタの諸特性

4.1 初期光学特性

架空クロージャ用現場組立光コネクタのプラグ・ソケットの組み合わせにおいて、接続点としてはメカニカルスプライス接続点2接続+フェルール接続点1接続の3接続点となる。このため現行の屋外成端キャビネット用と同様に各部材の寸法精度向上により低接続損失化を実現した。

架空クロージャ用現場組立光コネクタの外被把持型プラグ・ソケットのランダムでの接続損失および反射減衰量の

評価結果を図7、図8に示す。測定波長は1.31 μ m/1.55 μ mの両波長で評価を実施した。平均接続損失0.21dB（波長1.55 μ m時）という良好な結果を達成している。反射減衰量においても40dB以上と良好な結果を達成している。

4.2 信頼性試験

架空クロージャ用現場組立光コネクタの信頼性試験結果をまとめたものを表2に示す。本コネクタの使用環境として屋外環境も想定されているため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連続温湿度試験についても実施した。

連続温湿度試験も含めてすべての試験において接続損失変動は1対向（接続点3点）において0.2dB以下であった。以上の結果から架空クロージャ用現場組立光コネクタについて、屋外環境も含めて安定した信頼性特性を有していることを確認した。

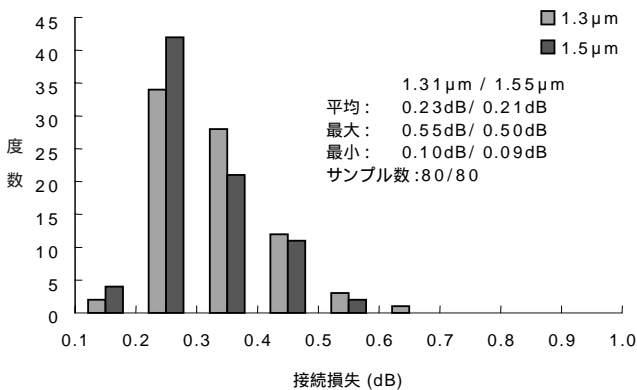


図7 架空クロージャ用現場組立光コネクタ (プラグ(外被把持型)-ソケット(素線把持型))の接続損失特性
Fig.7. Insertion loss of the new connector.

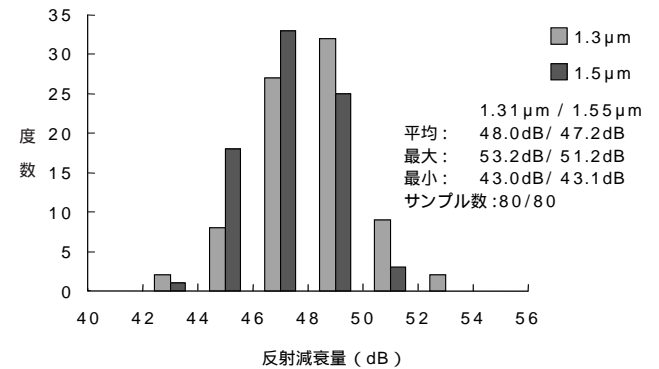


図8 架空クロージャ用現場組立光コネクタ (プラグ(外被把持型)-ソケット(素線把持型))の反射減衰量特性
Fig.8. Return loss of the new connector.

表2 架空クロージャ用現場組立光コネクタ (プラグ(外被把持型), ソケット) の信頼性試験結果
Table 2. Reliability test result of new connector.

試験項目	試験条件	規格	試験結果			サンプル数 N	
			コネクタ種類	波長:1.31 μm	波長:1.55 μm		
機械試験	引っ張り試験	3N	0.2dB以下	ソケット	0.04dB	0.04dB	12
		30N	0.2dB以下	プラグ(外被把持型)	0.01dB	0.01dB	12
	屈曲試験	0.05N屈曲10回	0.2dB以下	ソケット	0.03dB	0.02dB	12
		4.9N屈曲10回	0.2dB以下	プラグ(外被把持型)	0.04dB	0.02dB	12
	振動試験	1.5mm 10-55Hz 3方向各方向2時間	0.2dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.09dB	0.07dB	12
	衝撃試験	100G 6ms 3回 3方向	0.2dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.03dB	0.02dB	12
繰り返し着脱	100回	0.2dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.09dB	0.10dB	10	
環境試験/ 耐候性試験	温度サイクル特性	-40~70 10サイクル	0.3dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.05dB	0.04dB	12
	温湿度サイクル特性	-10~65 93% (65度)10サイクル	0.3dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.06dB	0.04dB	12
	高温特性	70 240h	0.2dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.17dB	0.12dB	12
	低温特性	-40 240h	0.3dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.16dB	0.11dB	12
	連続温湿度	85 336H 60 95%336h -40~75 42サイクル	0.3dB以下 (1.31 μm) 0.4dB以下 (1.55 μm)	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.12dB	0.14dB	12
	塩水噴霧	35 5%塩水噴霧24h	0.2dB以下	ソケット-プラグ(外被把持型)	0.05dB	0.04dB	10

5 . 新型メカニカルスプライス接続工具

5.1 新型メカニカルスプライス接続工具の概要

架空接続作業では不安定な足場で、かつ狭いスペースでの作業が想定される。このような環境で安定したメカニカルスプライス接続を行うためには、接続工具は小型、軽量であることの他に、このような環境での取扱いに適している必要がある。当社では架空クロージャ用の現場組立光コネクタにおける素線把持技術と光ファイバたわみ突き当て方式を応用して、新たなメカニカルスプライス接続工具を開発した。

5.2 新型メカニカルスプライス接続工具の構造と特徴

従来および新型メカニカルスプライス接続工具の外観を図9に示す。また、表3に両工具の特徴についての比較を示す。従来と同様に樹脂成形部品を用いているが、各部品の組み付けがはめ込み式になっており、従来のようにネジを使わないため、部品点数が削減でき、低廉化と軽量化（約165g → 73g）を達成している。従来に比べて高さ方向の寸法が半分以下（45mm → 22mm）と薄くなり手のひらに収まるため、接続作業中でも安定したハンドリングが可能である。

また、架空クロージャ用の現場組立光コネクタで実現した素線把持技術を応用しており、ジップ機構によって簡単に光ファイバをファイバホルダに設置、把持可能である。

図10に接続手順フローを示す。初めにメカニカルスプライスを工具本体のスプライス設置部分に設置し、本体のクサビをスプライスのスリットに挿入して、スプライスのV溝基板と押さえ基板の間にわずかな隙間を発生させる。

ファイバホルダに光ファイバを設置、把持して先端処理を行い、そのままホルダを工具本体左右のレール上に滑らせ、スプライス内部へと光ファイバを挿入する。ホルダ方式では本体レール部に沿わせてホルダを移動させるだけで簡単に光ファイバをスプライスへ挿入可能であり、スプライスの挿入口を狙う必要が無い。ホルダを滑らせ終わるとレール上のラッチと嵌合してホルダが本体に固定され、光ファイバはスプライス内部の中心付近にある屈折率整合剤を介して突き合わされた状態になる。この時挿入された光ファイバは現場組立光コネクタと同様に若干たわむように設計されており、たわみによって光ファイバ同士の突き当て状態を維持する。心線処理時にホルダを使用するため、心線の処理長を簡単に一定の長さにそろえることが可能であり、結果としてたわみによる突き当て力を一定にすることもできるため、安定した接続を簡単に実現可能となった。接続作業中に光ファイバが軽く引張られた場合でもホルダが本体に固定されているため影響を受けにくく、不安定な場所での作業環境にも適している。最後にクサビを抜き去ることで、スプライスのクランプスプリングのパネ力により、スプライスの押え基板とV溝基板の間で光ファイバが調心・固定される。以上のように、新開発のジップ方式のホルダを用いて非常に簡単な作業を実現し、かつ心線処理長を精密に作製可能なことでたわみ方式による安定した光ファイバ突合せ工法による接続方式を実現した。

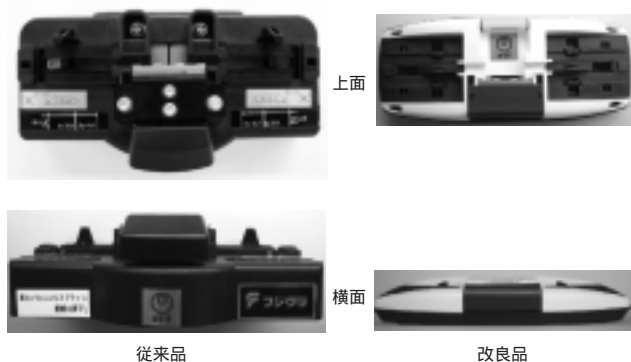


図9 メカニカルスプライス接続工具の外観
Fig. 9. Overview of conventional and new mechanical splicing tool.

表3 従来と新型工具の特徴比較
Table 3. Comparison of tool.

品名	従来工具	新型工具
主要部品点数	16	7
重量 (g)	165	73
高さ寸法 (mm)	45	22
光ファイバ突合せ方式	本体パネ部品のパネ力	光ファイバのたわみ力
接続作業時間	約2分	約2分

メカニカルスプライスを工具本体に設置し、クサビを挿入



光ファイバをホルダへ設置し、先端を処理



レールに沿わせて光ファイバをメカニカルスプライスへ挿入



光ファイバの突合せ確認



クサビ抜き、接続



図10 組立作業フロー

Fig. 10. Assembly method of new mechanical splicing tool.

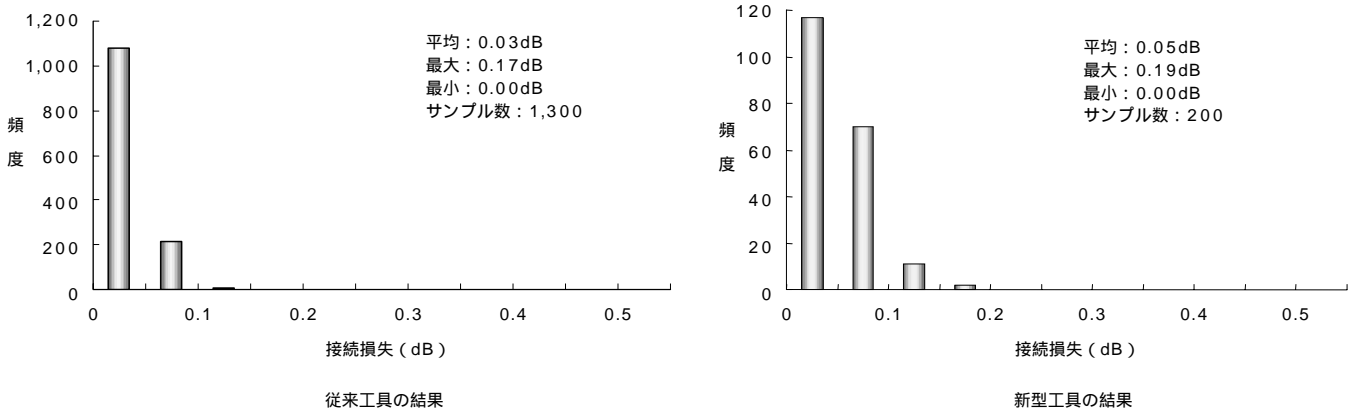


図11 新型および従来工具を使用したメカニカルスプライスの接続損失特性
Fig. 11. Insertion loss of the new and conventional mechanical splicing tool.

表4 新型メカニカルスプライス接続工具の信頼性試験結果
Table 4. Reliability test result of new tool.

試験項目	試験条件	規格	試験結果		サンプル数
			外傷	接続損失値	
耐振特性	10mm, 5Hz, 3方向 各方向20分振動実施	試験後, 著しい外傷がないこと. またメカニカルスプライスを組立てて接続損失が0.4dB以下であること	外傷なし	0.06dB以下	10接続
耐衝撃特性	工具を堅く平らな木製台の上に置き, 1辺を台の上に接した状態で対辺を5cm以上持ち上げ, 落下させる動作を各辺1回実施	試験後, 著しい外傷がないこと. またメカニカルスプライスを組立てて接続損失が0.4dB以下であること	外傷なし	0.06dB以下	10接続
耐傾斜特性	工具を水平に対して10度傾斜した堅く平らな木製台の上に置いて接続作業実施	接続損失が0.4dB以下であること	-	0.08dB以下	10接続

5.3 新型メカニカルスプライス接続工具の諸特性

図11に新型工具で接続したときの接続損失特性を示す。また、比較のため従来メカニカルスプライスの結果も示す。新型品において200心線分の測定を行い、平均接続損失0.05dBの結果が得られて、低廉化、作業性を向上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。

また、信頼性試験の結果について工具自体に関する試験内容についてまとめたものを表4に示す。最大で0.08dB以下という良好な結果が得られ、新型品においても安定した信頼性特性を有していることを確認した。

6.むすび

FTTHを経済的に実現する架空接続技術の一つとして、架空クロージャ内に収容可能な現場組立光コネクタを開発した。また、この技術を応用し、架空接続作業に最適化した新型メカニカルスプライス接続工具も開発した。

今後、FTTHのさらなる拡大、普及のためにより簡易な機構、部品、作業について検討、開発を進め、作業性、経済性および特性の向上をはかる予定である。

参考文献

- 1) 瀧澤ほか：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, フジクラ技報, No.105, pp.11-15, 2003
- 2) K.Takizawa, et al.: Development of New Mechanical Splice and Field-Installable Connector for FTTH, 52nd IWCS, 2003
- 3) 瀧澤ほか：FTTH (Fiber To The Home) 用ケーブル外被把持型現場組立光コネクタ, フジクラ技報, No.109, pp.18-22, 2005
- 4) D.Saito, et al.: Development of Field-Installable Optical Connector for FTTH, 54th IWCS, 2005
- 5) 寺川ほか, 2006年電情通学会総合大会 B-10-5
- 6) 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
- 7) K.Takizawa, et al.: Field-Installable Connector for Optical Fiber, 47th IWCS, 1998