

VitroStub / VS レセプタクルの信頼性

竹内 宏和[†] 和田 正紀[†] 石田 千佐己[†] 奥村 浩志[‡]

[†] 日本電気硝子株式会社 〒521-1295 滋賀県神崎郡能登川町今 906

[‡] 東陶機器株式会社 〒979-0513 福島県双葉郡楳葉町南工業団地 1-40

E-mail: [†] mwada@neg.co.jp

あらまし 光通信の受送信モジュールには、ファイバースタブを使用したレセプタクルが広く用いられている。従来のファイバースタブでは光ファイバーをフェルール内に固定するのに接着剤を使用するため信頼性や生産性に課題があり、また、光コネクタと接続する為に接続面を光学研磨する必要があった。今回開発した新しいスタブ (VitroStub) は、ガラスと結晶化ガラスの融着を利用した無機複合部品であり、組み立てに接着剤を必要としないため信頼性および生産性が大幅に向上する。また、ガラスの自由表面を活かすことにより、研磨レスでの低損失な光接続も可能になった。本報告では、VitroStub ならびに VitroStub を用いて作製した VS レセプタクルの信頼性について報告する。

キーワード スタブ, レセプタクル, 受送信モジュール, 光通信

Reliability of VitroStub / VS-receptacle

Hirokazu TAKEUCHI[†] Masanori WADA[†] Chisami ISHIDA[†] and Hiroshi OKUMURA[‡]

[†] Nippon Electric Glass Co., Ltd., 906 Ima, Notogawa-chou, Kanzaki-gun, Shiga, 521-1295 Japan

[‡] TOTO LTD., 1-40 Minamikogyodanchi, Narahamachi, Futaba-gun, Fukushima, 979-0513 Japan

E-mail: [†] mwada@neg.co.jp

Abstract Fiber optic receptacles consisting of an optical component so called "fiber stub" have been extensively used for optical communication devices such as transmitters and receivers. The conventional fiber stubs are fabricated with an organic adhesive for fixing optical fiber in the ferrules, and consequently include some problems in their reliability and production efficiency. The polishing of optical connecting face is also a complexity in the production process. Newly developed stubs, VitroStub, are inorganic composite materials that are produced by fusion of glasses with glass-ceramics, therefore, the reliability and production efficiency are greatly improved because of their adhesive-free structure. Furthermore, in VitroStub, low-loss optical connection can be achieved without polishing the connecting face, utilizing the spontaneously formed spherical glass surface. In this paper we report reliabilities of VitroStub and VS-receptacle that is installed with VitroStub.

Keyword Fiber stub, Receptacle, Transmitter, Receiver, Optical communication

1. はじめに

光通信の受送信モジュールには、ファイバースタブを使用したレセプタクルが広く用いられている。従来のファイバースタブでは光ファイバーをフェルール内に固定するのに接着剤を使用するため、高温高湿環境や温度変化に対する信頼性に不安がある。また、ファイバースタブを用いる場合、コネクタプラグのフェルールと精密に同軸にアライメントさせるために割スリーブが用いられる。そのため、コネクタプラグ

に横荷重がかかった場合、接続特性が著しく劣化する場合がある。また、コネクタプラグとPC接続を行うため、ファイバースタブの接続端面を球面に光学研磨する必要があり、コストアップの要因となっている。

今回開発した新しいスタブ (VitroStub) は導波路構造を持たず、透明なガラス部材を介して受送信部と接続を行う。また、同軸アライメント部品として割のない精密チューブを使用し、ガラス部材とアライメントチューブは融着固定されている。また、コネクタプラグ

ラグとの接続端面は熱加工により形成したガラスの自由表面を利用してPC接続を達成するため、研磨加工を必要としない。本報告では、VistroStub ならびに VistroStub を用いて作製した VS レセプタクルの信頼性について報告する。

2. 構造、特徴

図1に VistroStub を用いて作製した VS レセプタクルの概略構造を示す。精密スリーブとガラス透明体の部分が VistroStub であり、VistroStub をホルダー（主に金属製）に組み込んだレセプタクルが VS レセプタクルである。VS レセプタクルの上端開口部から光コネクタプラグのフェルールが挿入され、凸球面が形成されたガラス透明体とPC（Physical Contact）接続される。また、ガラス透明体の反対側の端部は軸方向に対し斜め平面となっている。

ガラス透明体の凸曲面は熱加工により形成されていることが特徴である。また、精密スリーブは結晶化ガラス製でガラス透明体と融着していることが特徴である。[1]

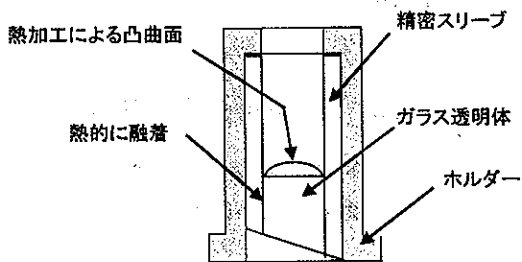


図1 VistroStub/VS レセプタクルの構造

図2に VS レセプタクルを用いて作製した受送信モジュールと従来のファイバースタブを用いて作製した受送信モジュールの概略構造を示す。

ファイバースタブを用いた従来型レセプタクルでは、ファイバースタブの球端面でプラグフェルールの球端面と低反射接続し、斜め端でフレネル反射光を光軸から逸らしてLDへの反射戻り光を抑制する。その場合レセプタクル内部にあるSMF（シングルモードファイバー）同士の接続部は、軸ずれの許容度が小さく、割スリーブでプラグフェルールを弾性保持する工夫が必要であった。

今回開発した VS レセプタクルでは、ファイバースタブのような導波路構造からガラス透明体に置き換えることで、プラグフェルールとの低反射接続を実現しつつ、SMF（シングルモードファイバー）同士の接続部を排除した。これによりスリーブがプラグフェルールを強く拘束することなくLDとSMFの光学的結合が

安定することが期待される。[2]

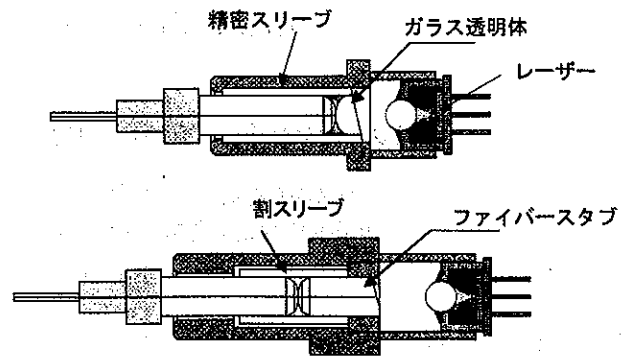


図2 受送信モジュール（従来型との比較）

3. 製造工程

VistroStub/VS レセプタクルの製造工程は、

- ① ガラスロッド、精密スリーブの成形
- ② ガラスロッド、精密スリーブの切断・加工
- ③ 組み立て、焼成（融着、凸曲面の形成）
- ④ 斜め面形成
- ⑤ ホルダーへのアセンブリ

から成る。図3に VistroStub の製造工程の概略を示す。

ガラスロッドならびに精密スリーブの成形は、延伸成形法を用いて行う。得られた長尺の元材を結束し、適宜、求められた寸法に一括切断する。切断後、結束を解き、ガラスロッドを精密スリーブに組み込み、焼成する。この焼成工程で、ガラス透明体と精密スリーブの融着とガラス透明体端面の凸曲面の形成を同時に行う。その後、研磨加工により端部の斜め加工を行い、VistroStub が完成する。これをホルダーへアセンブリし、VS レセプタクルとなる。

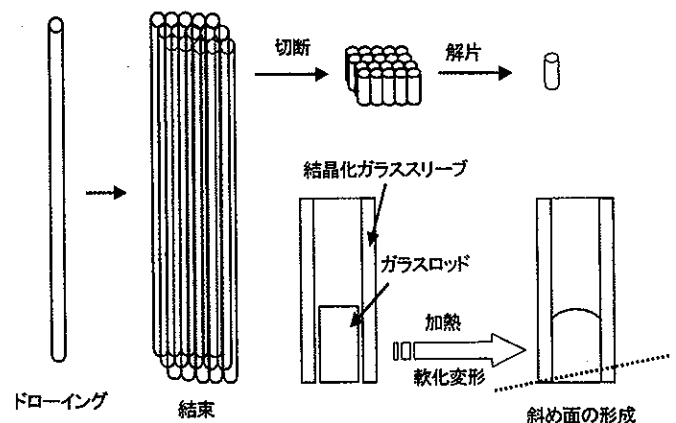


図3 VistroStub/VS レセプタクルの製造工程

4. 初期特性

図4、図5に焼成後のガラス透明体の端面形状と顕微鏡観察写真をそれぞれ示す。滑らかで、均一な球面が形成されていることがわかる。

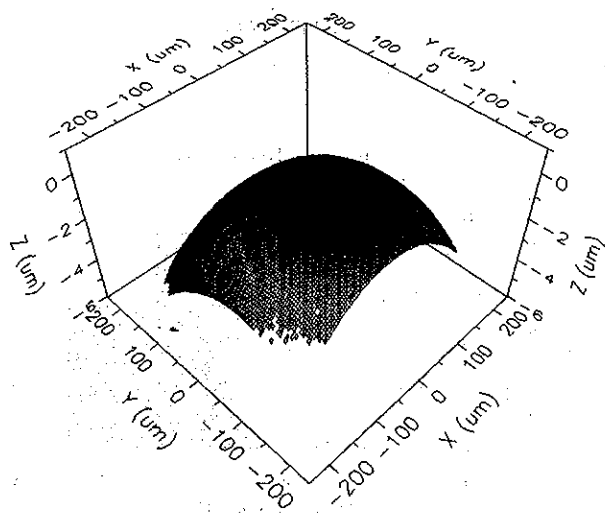


図4 焼成後のガラス透明体端面の三次元形状

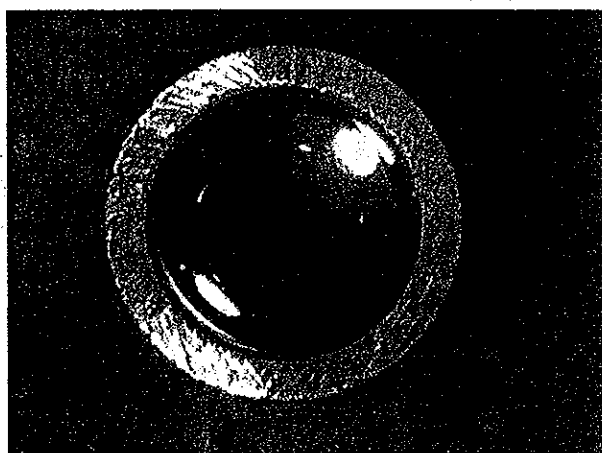


図5 焼成後のガラス透明体端面の顕微鏡写真

図6に焼成後のガラス透明体と精密スリーブの融着部分の顕微鏡写真を示す。融着界面は隙間無く密着していることがわかる。

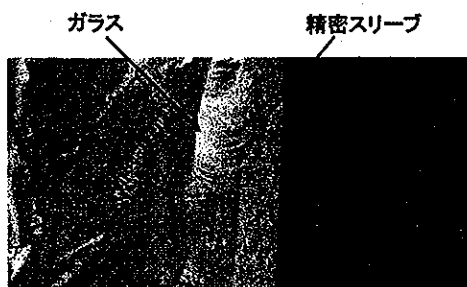


図6 融着部分の顕微鏡写真

表1にガラス透明体と精密スリーブの材料の物理特性を示す。比較のために光ファイバー材料とジルコニアの物理特性も併記した。ガラス透明体と精密スリーブ（結晶化ガラス）の熱膨張係数はほぼ同等である。このことにより、焼成時に高温で双方を融着固定し、冷却しても、熱膨張係数差に起因して発生する応力が小さく、強固な結合状態を維持することが出来る。また、ガラス透明体と光ファイバーの屈折率はよく一致している。このことにより、プラグフェルールとガラス透明体のPC接続において低反射接続が可能になる。また、結晶化ガラス製の精密スリーブの軟化点はガラス透明体の軟化点よりはるかに高い。このことにより、焼成工程において、焼成温度を調節することによって、ガラス透明体は軟化変形し、滑らかな曲面を形成し、精密スリーブは変形せず精密な寸法を維持することが達成できる。

表1 材料の物理特性

部品名	精密スリーブ	ガラス透明体	光ファイバー	ファイバースタブ
材料	結晶化ガラス	ほう建酸ガラス	シリカガラス	ジルコニア
熱膨張係数(ppm/°C)	2.7	3.2	0.54	10.3
屈折率 @1310nm	-	1.45923	1.452(コア)	-
屈折率 @1550nm	-	1.45626	1.449(コア)	-
ピッカース硬度	680	870	870	1200
ヤング率(GPa)	82	62	78	190
ポアソン比	0.2	0.19	0.14	0.23

4.1. 強度

VitroStub のガラス透明体と精密スリーブの固着強度を調べるために、図7の様に、破壊強度を測定した。VitroStubの端部をセラミックス製治具で保持し、ガラス透明体の上端から荷重をかけ、破壊強度を調べた。サンプル数は20個とした。荷重速度は0.5mm/minの速度で押圧を加えることとし、最大荷重50kgfのロードセルを用いた。測定の結果、全てのサンプルについて、最大荷重の50kgfでも破壊しなかった。実使用を考えても十分な固着強度を有していることがわかった。

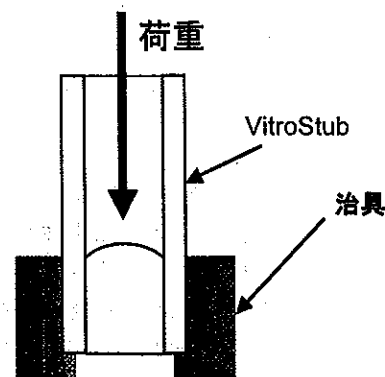


図7 固着強度の測定方法

4.2. 光学特性

図 8 に示す様に、球レンズ付 LD、レセプタクルを位置微調整可能なステージを用いて同軸上に配置し、レセプタクルとプラグフェルールを所定の押圧力で嵌合させ、光ファイバーを光パワーメーターに接続して測定系を構成した。LD は波長 1310nm のファブリペロ (FP) 素子を安定化電源で定電流動作させた。

評価対象は、ファイバースタブを使用した従来型レセプタクルおよび VS レセプタクルとし、斜め加工面の角度は 6 度とした。ここで、VS レセプタクルに使用した精密スリーブ内径とプラグフェルール外径の差 (クリアランス) を 1~2 μm 程度の比較的ゆるい拘束で設計した。

測定結果を図 9 に示す。ファイバースタブを使用した従来型レセプタクルと VS レセプタクルではほぼ同等の光学的結合特性が得られた。

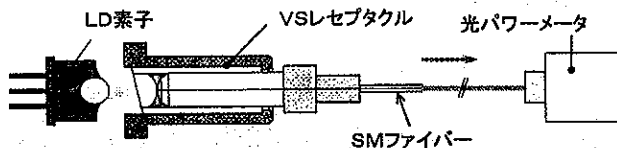


図 8 光学的結合特性評価系の構成

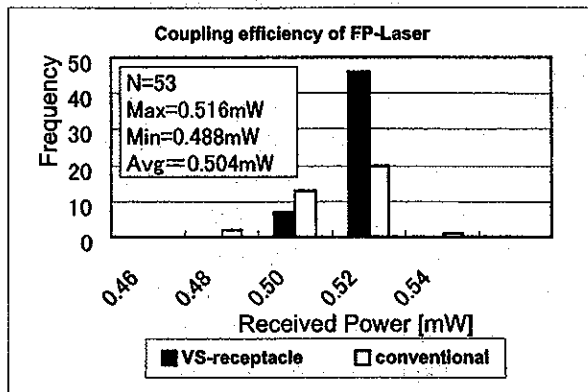


図 9 光学的結合特性評価結果

次に、VS レセプタクルの反射特性を調べた。図 10 に示す様に、VS レセプタクルとプラグフェルールを所定の押圧力で嵌合させ、光ファイバーを光パルス試験機 (OTDR) に接続して測定系を構成した。また、斜め加工面の角度は 6 度とした。測定波長は 1310nm とし、プラグフェルールとガラス透明体の PC 接続部と斜め加工面の両方で発生した反射減衰量を測定した。測定結果を図 11 に示す。平均 51.8dB と良好な特性が得られた。ガラス透明体の屈折率とファイバコアの屈折率の差から計算すると 52dB となり、実測結果は妥当な結果であると言える。

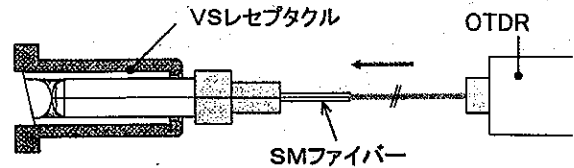


図 10 反射特性評価系の構成

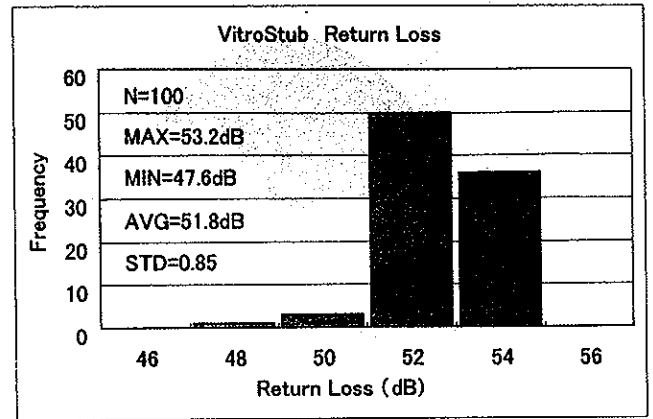


図 11 反射特性評価結果

5. 信頼性評価

5.1. 繰り返し着脱特性

VS レセプタクルに繰り返しコネクタプラグを着脱した時の耐久性を評価した。コネクタプラグの光ファイバーを OTDR に接続して測定系を構成した。測定波長には 1310nm を使用し、着脱毎に反射減衰量を測定した。着脱回数は 500 回とした。図 12 に 500 回着脱に至るまでの反射減衰量の推移を示す。

評価の結果、反射減衰量は着脱回数 500 回に至るまで、安定していた。

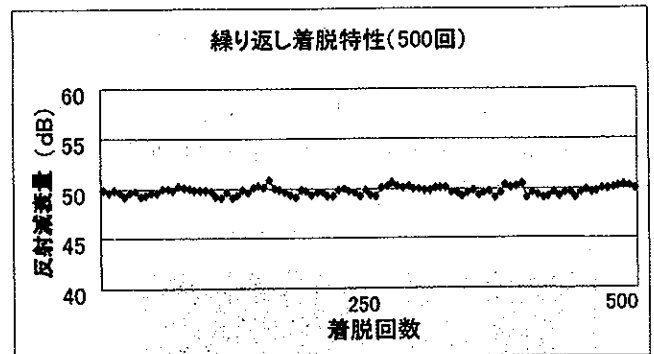


図 12 繰り返し着脱特性評価結果

5.2. 耐環境性試験

Telcoredia-1221 に準拠し、85℃、85%、2000 時間の高温高湿放置試験ならびに-40℃~85℃、1000 サイクルの温度サイクル試験を行い、光学的結合特性と反射減衰量の変化を調べた。サンプル数はいずれも 11 とした。測定系は図 8 ならびに図 10 に示す構成と同じとした。高温高湿放置試験の場合は、500 時間毎にサンプルを取り出し、通常環境下で光学的結合特性ならびに反射減衰量を測定した。また、温度サイクル試験の場合は、500 サイクル終了毎にサンプルを取り出し、通常環境下で光学的結合特性ならびに反射減衰量を測定した。

5.2.1. 高温高湿放置試験

図 13、図 14 に 2000 時間までの光学的結合特性、反射減衰量の推移をそれぞれ示す。光学的結合特性、反射減衰量ともに初期状態と変化がなかった。

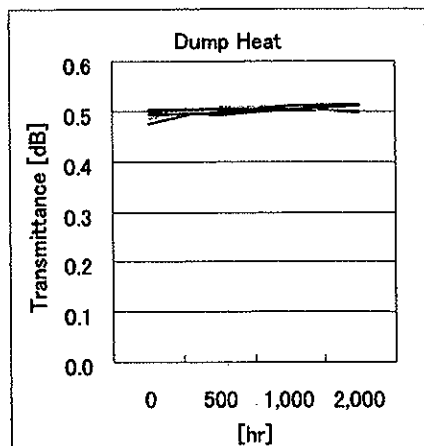


図 13 光学的結合特性の評価結果

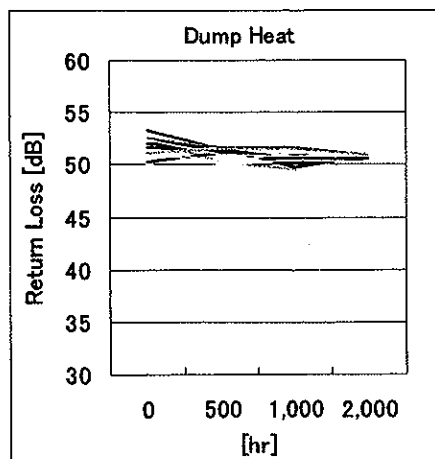


図 14 反射減衰量の評価結果

5.2.2. 温度サイクル試験

図 15、図 16 に 1000 サイクルまでの光学的結合特性、反射減衰量の推移をそれぞれ示す。光学的結合特性、反射減衰量ともに初期状態と変化がなかった。

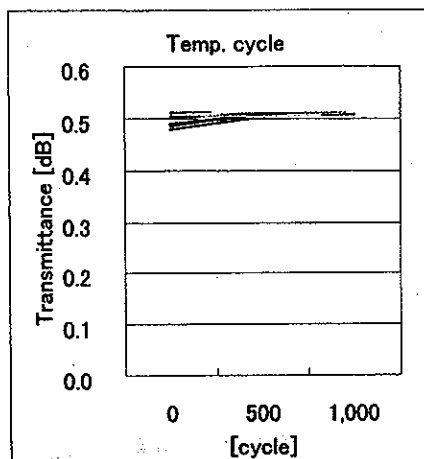


図 15 光学的結合特性の評価結果

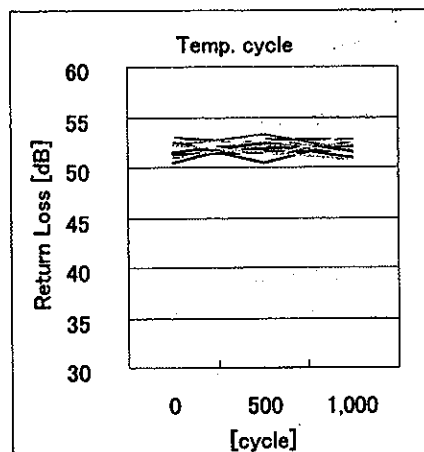


図 16 反射減衰量の評価結果

5.3. 耐横荷重試験

VitroStub の耐横荷重特性 (Wiggle 特性) を調べるために図 17 に示すように、VS レセプタクルに LC 型プラグフェールを装着し、横荷重をかけ、荷重をかける前の初期状態と横荷重をかけた時の光学的結合特性の変化を調べた。荷重の大きさは 5 N とし、荷重をかける位置はプラグフェールの金属フランジ部分とした。評価対象は、ファイバースタブを使用した従来型レセプタクルおよび VS レセプタクルとし、斜め加工端の角度は 6 度とした。また、ここで VS レセプタクルに使用した精密スリーブ内径とプラグフェール外径の差 (クリアランス) は 1~2 μm 程度の比較的ゆる

文 献

- [1] 和田正紀, 竹内宏和, 奥村浩志, 石田千佐己, “リヒートスタブを内蔵する新型光レセプタクルの開発 (I)” 2004 信学ソ大, C-3-58, 2004.
- [2] 奥村浩志, 石田千佐己, 和田正紀, 竹内宏和, “リヒートスタブを内蔵する新型光レセプタクルの開発 (II)” 2004 信学ソ大, C-3-59, 2004.

い拘束とした。従来型レセプタクルと VS レセプタクルの Wiggle 特性の評価結果を図 18 に示す。従来型レセプタクルの場合は、初期状態と横荷重をかけた時の差が 4~6dB と荷重時に大きく悪化していた。一方、VS レセプタクルの場合は荷重時でも 1dB 以内で光学的結合特性は維持された。

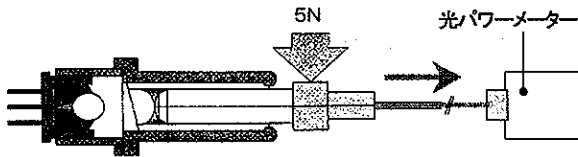


図 17 耐横荷重評価系の構成

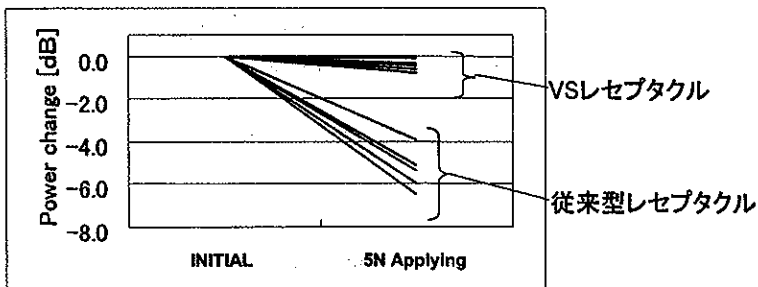


図 18 耐横荷重評価結果

6. まとめ

新しく開発した VitroStub/VS レセプタクルについて、その特徴や試作試料の光学特性結果を報告するとともに種々の信頼性について評価した結果を述べた。

VitroStub はガラスと結晶化ガラスの融着を利用して組み立てを行い、同時に PC 接続のための曲面の形成を行う効率的な工程であることを説明した。また接着剤を必要としない無機複合部品であるため、部材同士の固着強度は十分な信頼性があることがわかった。また、光学的な特性は従来のファイバースタブを用いたレセプタクルと同等で、長期の信頼性にも問題がないことがわかった。特に VitroStub/VS レセプタクルでは、導波路構造を持つファイバースタブからガラス透明体に置き換えており、SMF 同士の接続部を排除したので、精密スリーブを用いても十分な光学的結合が達成でき、かつ耐横荷重特性においては従来型のレセプタクルを大きく上回る性能が確認出来た。

今後の光通信網の拡充に向け、低コストで信頼性の高い受送信モジュール用部品として、広く利用されることが期待される。