

NZ-DSFを適用した金属管ルース型OPGW

送電線事業部 太田 敬久*1・綾田 秀信*1
電力技術開発センター 久米田 俊昭・竹内 康雄*2
通信ケーブル事業部 子安 修*3

Steel Loose Tube Type OPGW with NZ-DSF

Y. Ota, H. Ayata, T. Kumeda, Y. Takeuchi & O. Koyasu

近年のデータ伝送容量の急激な増大にともない、OPGWにおいてもDWDM伝送方式が適用され始めている。実効コア断面積拡大型NZ-DSFとSMFを複合した金属管ルース型OPGWを試作し、敷設環境における張力変化・温度変化・振動などの各種条件を想定した一般性能試験を行った。その結果NZ-DSFはSMFと同等の良好な伝送特性を有しており、実用に供し得ることを確認した。

DWDM is being applied to OPGW as the demand of data transmission is increasing rapidly in recent years. We have developed steel loose tube type OPGW with large effective core area type NZ-DSF and SMF. Typical characteristics of the OPGWs were tested under various environmental conditions such as wind and ice loading, temperature variations, vibration and so on. It is confirmed that NZ-DSF is applicable to OPGW through its excellent transmission characteristics as well as SMF.

1. ま え が き

OPGWは光ファイバを内蔵した架空地線であり、信頼度の高い架空送電線路を利用した長距離通信ネットワークに広く採用されている。

近年の伝送容量需要の急速な増大にともない、海底、陸上用光ケーブルなどにノンゼロ分散シフトファイバ(NZ-DSF)を使用した高密度波長多重(DWDM)伝送が行われるようになった。特に海外では、OPGWが広域通信ネットワークの基幹として利用されることが多いため、OPGWのNZ-DSF化に対する要求が急速に高まっている。OPGWの敷設環境は架空であるが故に厳しく、風等による振動、外気温に直結した温度変化、雷撃や事故による瞬時温度上昇等を考慮した設計および評価が必要となる。

本報では、OPGWとして一般的な構造の一つである金属管ルース構造(金属管に光ファイバとコンパウンドを充填配置)を対象として、NZ-DSFと標準のシングルモードファイバ(SMF)を複合させたタイプの試作、評価を行ったので、結果を報告する。

2. OPGW設計

2.1 ノンゼロ分散シフト光ファイバ(NZ-DSF)¹⁾

NZ-DSFは、非線形効果を抑制するためにコア径を大きくした実効コア断面積拡大型と、多重波長域の両端での分散値の差を抑制するために分散スロープを小さくした低分散スロープ型の2種類に大別される。これらの特性は光ファイバの物性上両立しないため、両タイプは、システムの要請によってそれぞれ使い分けられている。

今回の試作評価には、顧客のニーズを勘案して、実効コア断面積拡大型NZ-DSFを選定した。また複合して用い

表1 ファイバパラメータ
Fiber parameter

項目	NZ-DSF	SMF
MFD (μm at 1.55 μm)	9.0 ~ 9.6	10.0 ~ 10.6
MF偏心量 (μm)	< 0.5	< 0.5
クラッド径 (μm)	124 ~ 126	124 ~ 126
クラッド非円率 (%)	< 0.5	< 0.5
カットオフ波長 (μm)	< 1.28	< 1.29
分散 (ps/km/nm at 1.55 μm)	< 4.4	< 17.0
分散スロープ (ps/km/nm ²)	< 0.1	< 0.093
ファイバ素線径 (μm)	240 ~ 250	240 ~ 250

*1 送電線技術部
*2 主管部員
*3 開発部

たSMFとともに、それらのパラメータを表1に示す。

2.2 光ユニット構造

国内における光ユニットの構造は、概略、テンションメンバの周りに光ファイバをよりあわせたユニットをアルミ管内に配置するタイプが一般的である。しかしながらNZ-DSFの場合、従来のSMFと比較して、マイクロベンディング等の影響を受けやすい傾向があること、および以下の特徴を考慮して、ここでは金属管内に光ファイバとコンパウンドを充填配置する金属管ルース構造を採用した。

- (1) よりあわせの際に生じることがあるマイクロベンディングの影響がないこと
- (2) スペースファクタに優れ、多心化に適すること
- (3) ルース構造そのものは、特に海外では光ケーブルとして一般的な構造であること

2.3 OPGW構造

試作OPGWの構造は、表2に示すとおり、中心線にアルミ覆鋼線、内層にアルミ覆鋼線と金属管光ユニット、外層にアルミ合金線をよりあわせたものである。金属管光ユニットはNZ-DSF12心入りとSMF12心入りの2本とし、両タイプのファイバの比較評価を行えることを目的とした。

3. NZ-DSFを適用した金属管ルース型OPGWの特性

3.1 伝送損失

試作OPGWの測定波長1.55 μmおよび1.65 μmにおける

表2 OPGW性能表
Characteristics of OPGW

構造		
	構成(本数/mm)	12/2.5(AL)+5/2.5(AC)+2/2.5(金属管)
断面積(mm ²)	83.45	
外径(mm)	12.5	
質量(kg/km)	362	
電気抵抗(/km)	0.490	
最小引張荷重(kN)	46.3	
弾性係数(GPa)	92.6	
線膨張係数(/)	17.6 × 10 ⁻⁶	

表3 伝送損失特性
Transmission characteristics

NZ-DSF		SMF
測定波長1.55 μm	測定波長1.65 μm	測定波長1.55 μm
0.199dB/km	0.200dB/km	0.196dB/km

伝送損失を表3に示す。値は12心の平均値であり、測定波長1.55 μmおよび1.65 μmでのNZ-DSFとSMFの伝送損失は同等であり、良好な特性を有していることが確認された。

3.2 一般性能試験

OPGWの架線時および敷設環境における張力変化・温度変化・振動などの各種条件を想定して実施した一般性能試験、および付属品の適合性の確認試験結果概要を表4に示す。

これらの試験結果から、NZ-DSFを適用した金属管ルース型OPGWは良好な伝送特性を有しており、実用に供し得ることが確認された。

3.2.1 金車通過試験

OPGWの延線は各鉄塔に設置された金車をかいして行われるため、延線を模擬した繰返し金車通過試験を行った。図1に金車通過試験の概要、および伝送損失変動 - 通過回数特性を示す(測定波長は1.55 μm)。NZ-DSF、SMFともに試験中および試験後の伝送損失の変化は0.02dB以下であり、試験後の金属管変形量も最大0.16mm(金属管径の6.4%)と十分に小さい値であった。

3.2.2 圧潰特性

図2に幅100mmの平板による圧潰特性試験での伝送損失変動 - 圧潰荷重特性を示す(測定波長は1.55 μm)。試作したOPGWは、金属管光ユニットを2層より線の内層アルミ覆鋼線間に配置した構造であり、圧潰荷重を外層線および内層アルミ覆鋼線で受け止めるため、圧潰荷重に対して強い特性を有し、NZ-DSF、SMFともに伝送損失

表4 一般性能試験結果
Results of typical tests

試験項目	試験条件	試験結果概要 (測定波長1.55 μm)
応力 - 伸び	引張試験	(良) 60%UTSにて伝送損失変動なし
金車通過試験	25%UTS, 抱角30°, 450mm ウレタン張り金車により70回通過	(良) 伝送損失変動0.01dB以下
圧潰試験	長さ100mm 平板および円溝	(良) 28kN/100mmまで伝送損失の増加なし(平板) (良) 50kN/100mmまで伝送損失の増加なし(円溝)
振動試験	25%UTS, 振幅4.2mmの微風振動(振動回数40Hz × 10 ⁸ 回)	(良) 伝送損失変動0.02dB/km以下
ストレインマージン試験	80%UTSまでの引張試験	(良) ファイバ余長率約0.35%
ヒートサイクル試験	-40 × 2h +90 × 2h, 2サイクル	(良) 伝送損失変動0.02dB/km以下
瞬時耐熱試験	200 瞬時	(良) 伝送損失変動0.02dB/km以下
クランプ適合性	27.8kN(60%UTS)引張試験	(良) 伝送損失の増加なし
カムアロング適合性	カムアロング規定荷重31kN引張試験	(良) 伝送損失の増加なし

が増加し始める荷重は28kN/100mmと大きな値であった。

3.2.3 振動試験

図3に示す試験装置により、風によって生じる微風振動を模擬し、OPGWに振幅4.2mm、周波数約40Hzの振動を10⁸回与える試験を行った。図4に示すようにNZ-DSF、SMFともに試験中の伝送損失変動（測定波長は1.55μm）は0.02dB/km以下と安定していた。また、懸垂支持治具および引留クランプの把持部において金属管光ユニット、アルミ覆鋼線、アルミ合金線に顕著な変形は見られなかった。

3.2.4 金属管内の光ファイバ余長率

OPGWには初期の架線張力に加え、温度変化による張

力変化および風圧荷重や着氷雪荷重により、最大でOPGW抗張力の約60%の張力（60%UTS）が加わる。使用条件下でOPGWが伸びても光ファイバに張力が加わらないように、金属管内の光ファイバに余長を持たせる考え方が海外では一般的に採用されている。試作OPGWは応力-伸び特性から60%UTS時に約0.35%の伸びが生じることがわかっているため、金属管内の光ファイバにあらかじめ0.35%の余長を持たせる設計とした。

OPGWに加えらるる張力とOPGW伸び・光ファイバ伸びとの関係を調査した結果を図5に示す。なお、光ファイバの伸びは位相法により測定した。NZ-DSF、SMFともに設計どおり約0.35%の余長率であり、60%UTSの張力

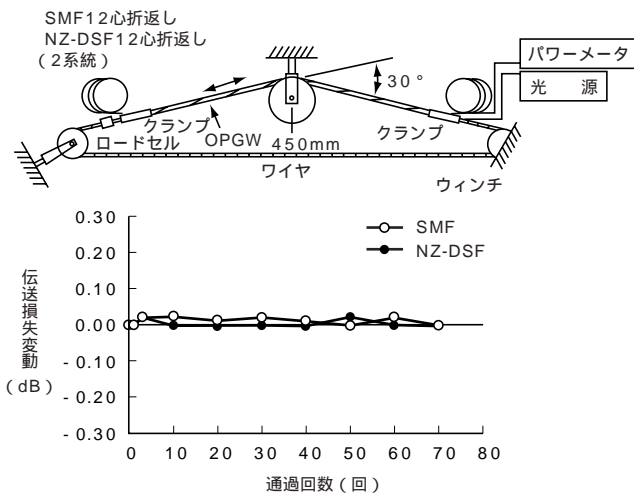


図1 OPGW金車通過特性 Results of sheave test

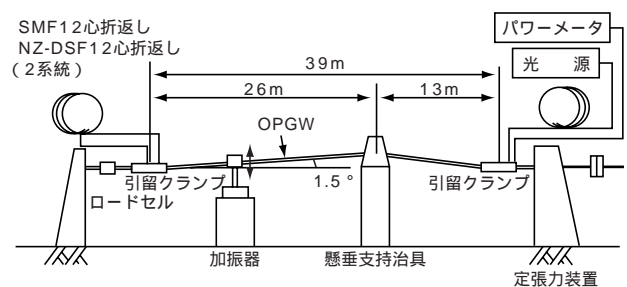


図3 振動試験 Aeolian vibration test

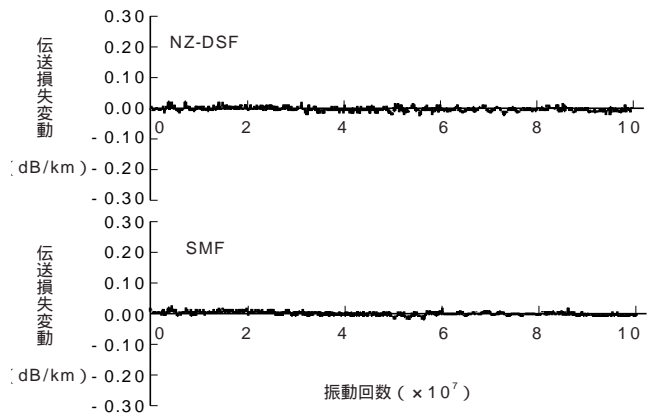


図4 振動試験結果 Results of aeolian vibration test

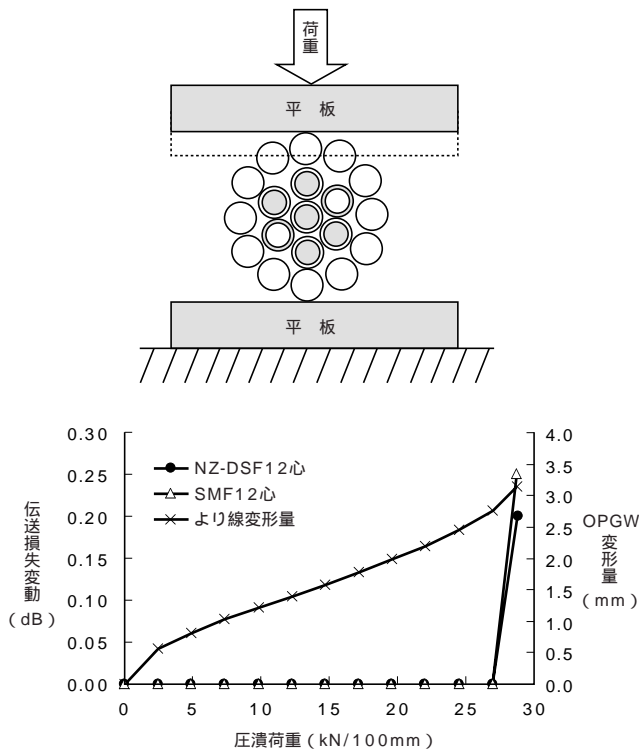


図2 OPGW圧潰特性 Results of crush test

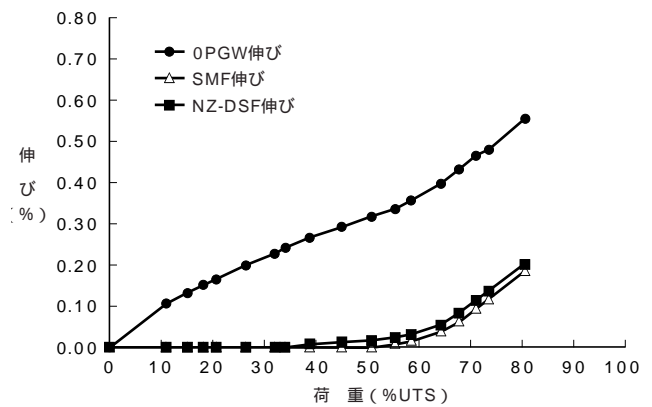


図5 ストレインマージン試験結果 Results of strain margin test

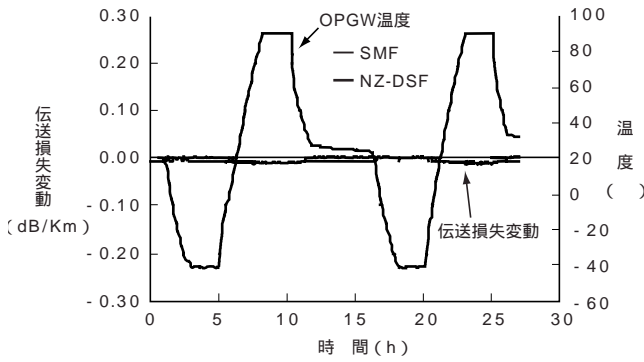


図6 ヒートサイクル試験結果
Results of temperature cycling test

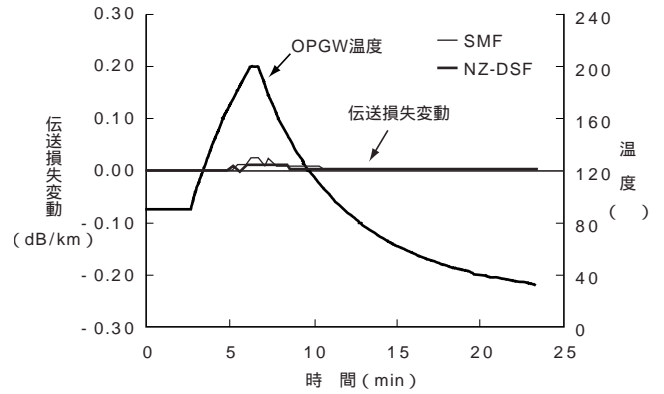


図7 瞬時耐熱試験結果
Results of momental heat test

負荷時に光ファイバが伸び始めていることがわかる。

3.2.5 ヒートサイクル試験

OPGWは夏季・冬季の温度差や直射日光・誘導電流等により大きな温度変化が加わるため、高温・低温の熱履歴を模擬し、(常温 - 40 × 2h + 90 × 2h 常温)の温度履歴を2回繰返す試験を行い、損失温度特性を確認した。図6の試験結果(測定波長は1.55 μm)に示すように、NZ-DSF、SMFともに試験中の伝送損失変動は0.02dB/km以下であり、温度変動に対し問題の無いことを確認した。

3.2.6 瞬時耐熱試験

事故時の地絡電流により瞬間的にOPGWが加熱されることを想定し、初期温度90 から200 に急速昇温した結果、図7に示すように、NZ-DSF、SMFともに試験中の伝送損失変動(測定波長は1.55 μm)は0.02dB/km以下であり、急激な温度変動に対しても問題の無いことを確認し

た。また、試験後の光ファイバ心線の変色はなく、心線識別性も問題なかった。

4.むすび

NZ-DSFを用いたOPGWを試作、評価した結果、十分にOPGWとしての要求機能および性能を満足することが確認された。また通常のSMFと比較しても遜色のない良好な伝送特性を示した。現在、ここに示したような構造に加え、低分散スロープ型NZ-DSFを適用したOPGWも評価中であり、良好な特性が得られつつある。

参考文献

- 1) 山崎ほか：NZ-DSFを適用したテープスロット型ケーブル，フジクラ技報，第99号，p.90-91，2000