

# 技 術 資 料

技 資 第 1 4 7 号 A

## 光ファイバケーブルの弛度計算について

平成 2 7 年 2 月 改訂  
( 2 0 1 5 年 )

一般社団法人 日本電線工業会  
通信ケーブル専門委員会  
光ケーブル小委員会



## 目 次

	ページ
1 はじめに	2
2 弛度計算の手順	
2-1 風圧条件の設定	2
2-2 合成荷重の算出	3
2-3 臨界径間長の算出	4
2-4 架線条件の算出	5
3 実計算例	6
①氷雪の多い地方の場合	6
②氷雪の少ない地方の場合	7
③氷雪の多い地方で低温季に最大風速を生ずる地方の場合	8

## 1. はじめに

本資料は、光ファイバケーブルの弛度計算についてまとめたものである。光ファイバケーブルの弛度計算は基本的にはメタル通信ケーブルと同じ考え方で設定して問題ないが、許容張力の考え方については光ファイバの破断確率を考慮して設定する必要がある為、これを考慮した内容としている。

本技術資料を作成するに至った背景として、会員社より弛度計算に関して顧客からの問合せが多い事が報告された事が挙げられ、この業務に少しでも役立つ様に考え方を統一することを目的とし、技術資料 147号として発行することとした。

※尚、本計算式・プログラムの計算値はあくまで目安であり、実際の使用環境において保証するものではない。また、径間の両端において高低差がある場合は適用されないことに留意されたい。

## 2. 弛度計算の手順

### 2-1. 風圧条件の設定

ケーブルを布設する環境の気候に合わせて下表を参考に風圧条件を設定する。

地域	温度	風速 (m/s)	水平風圧加重 Pa (kgf/m <sup>2</sup> )	被氷雪	備考
氷雪の少ない地方	平均温度	40	980 (100)	-	甲種
	最低温度	28	490 (50)	-	丙種
氷雪の多い地方	平均温度	40	980 (100)	-	甲種
	最低温度	28	490 (50)	比重 0.9、厚さ 6mm	乙種
氷雪の多い地方で 低温季に最大風速を 生ずる地方	最低温度	40	980 (100)	-	甲種
		28	490 (50)	比重 0.9、厚さ 6mm	乙種

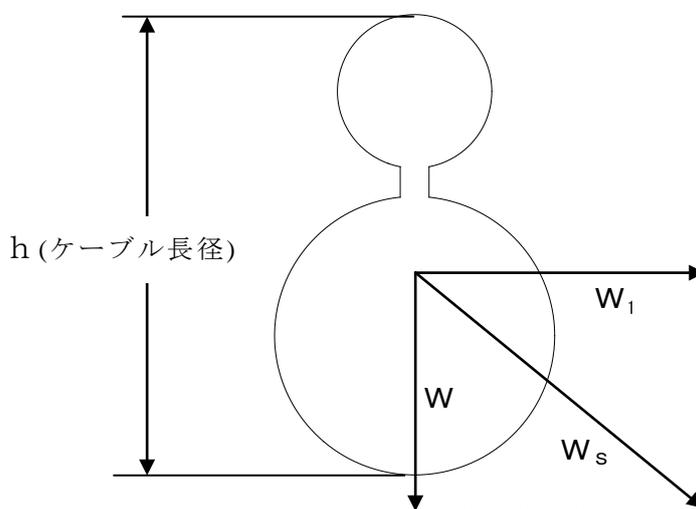
地域の気候により上記の条件設定が適切でないとは判断される場合は、温度・風圧条件を実情にあわせて変更し計算しても良い。

## 2-2. 合成荷重の算出

ケーブルに加わる荷重として、垂直方向の荷重 $W$ と、水平方向の荷重 $W_1$ があり、これより合成荷重 $W_s$ を求める。

$$\text{合成荷重 } (W_s) = \sqrt{W_1^2 + (9.8W)^2} \quad (\text{N/m}) \quad \dots \dots \dots \text{式①}$$

- $W$  : ケーブル重量 (kg/m)
- $W_1$  : 風圧荷重 (N/m)
- $W_s$  : 合成荷重 (N/m)



ここで、氷雪の多い地域での荷重は、ケーブル上に厚さ 6mm、比重 0.9 の氷雪が付着したことを想定し、以下の通りとする。

$$\text{合成荷重 } (W_s) = \sqrt{W_1^2 + (9.8W + W_2)^2} \quad (\text{N/m}) \quad \dots \dots \dots \text{式②}$$

- $W$  : ケーブル重量 (kg/m)
- $W_1$  : 風圧荷重 =  $K_1 \times 490 \times (h+2b) \times 10^{-3}$  (N/m)
- $W_2$  : 氷雪荷重 =  $9.8 \times ((\pi/4) \times (h+2b)^2 - (\pi/4) \times h^2) \times 0.9 \times 10^{-3}$  (N/m)
- $K_1$  : 空気抵抗係数<sup>1)</sup>
- $h$  : ケーブル長径 (mm)
- $b$  : 氷雪厚さ (mm)

注<sup>1)</sup> 空気抵抗係数 $K_1$ については、メーカーに問合せ下さい。

### 2-3. 臨界径間長の算出

架線した光ケーブルに最悪条件を与える風圧条件が高温季荷重か低温季荷重であるか決定する。

そのために下記の式による臨界径間を算出し、臨界径間より短い径間には低温季荷重を最悪条件として採用し、長い径間に対しては高温季荷重を最悪条件として適用する。

また、 $q_1 > q_2$  の場合、臨界径間は存在しない。この場合は、低温季を最悪条件として適用する。

臨界径間計算式

$$S_c = (T_1 / W) \times \sqrt{\{24 \times \alpha (T_m - T_g) / (q_2^2 - q_1^2)\}} \quad (\text{m})$$

. . . . . 式③

ここに、

- $S_c$  : 臨界径間 (m)
- $T_1$  : 吊り線の許容張力 (N)
- $W$  : ケーブル質量 (kg/m)
- $\alpha$  : 吊り線の線膨張係数 (鋼線の場合は  $1.1 \times 10^{-5}$ ) (/°C)
- $T_m$  : 高温季温度 (°C)
- $T_g$  : 低温季温度 (°C)
- (一般に、 $T_m - T_g = 30$  と設定する)
- $q_1$  : 低温季における負荷係数
- $q_2$  : 高温季における負荷係数

また、負荷係数  $q$  は下式による。

$$q = (\text{合成荷重} / \text{ケーブル重量}) = W_s / 9.8W$$

※上式において、ケーブル質量は 1 m あたりの値を用いているが、WEB 上の入力画面においては 1 km あたりの値を入力する為、入力間違いに注意のこと。

## 2-4. 架線条件の算出

光ファイバの信頼性を確保するため、最悪条件における風圧荷重条件における光ファイバケーブルの許容張力は吊り線の0.2%伸び時の張力以下とする。

布設時の架線条件（架線張力 $T_2$ 、弛度 $d$ ）を以下にて求めることができる。

$$(T_2/A)^2 \times \{T_2/A - (K - \alpha \Delta t E)\} = M \quad \dots \dots \dots \text{式④}$$

$$K = (T_1/A) - \{(W_s^2 \times E \times S^2) / 24 T_1^2\} \quad \dots \dots \dots \text{式⑤}$$

$$M = W^2 \times E \times S^2 / 24 A^2 \quad \dots \dots \dots \text{式⑥}$$

以上④～⑥より初期張力（架線張力） $T_2$ を求め、初期弛度 $d$ を算出する。

$$d = (W \times S^2) / (8 \times T_2) \quad \dots \dots \dots \text{式⑦}$$

ここで、

- |            |                                     |                    |
|------------|-------------------------------------|--------------------|
| S          | : 径間長                               | (m)                |
| $T_1$      | : 最悪条件における張力                        | (N)                |
| $T_2$      | : 架線張力                              | (N)                |
| $t_1$      | : 最悪条件における気温                        | (°C)               |
| $t_2$      | : 架線時温度                             | (°C)               |
| $\Delta t$ | : $t_2 - t_1$                       | (°C)               |
| A          | : 吊り線断面積                            | (mm <sup>2</sup> ) |
| E          | : 吊り線ヤング率[176400]                   | (MPa)              |
| $\alpha$   | : 吊り線の線膨張係数[ $1.1 \times 10^{-5}$ ] | (/°C)              |
| d          | : 初期弛度                              | (m)                |
| Ws         | : 最悪時合成荷重                           | (N/m)              |

### 3. 実計算例

ケーブル高さ (h) : 20 (mm)

ケーブル質量 (W) : 300 (kg/km) (= 0.3 (kg/m))

吊り線サイズ (A) : 7本 / 2.0 mm = 22 mm<sup>2</sup> (許容張力 7740 (N))

径間長 (S) : 50 (m)

#### ① 氷雪の多い地方の場合

- ・ 風圧条件

高温季は甲種、低温季は乙種にて氷雪厚 (b) 6 mm とする。

また、空気抵抗係数 (K<sub>1</sub>) は 1 とする。

- ・ 合成荷重

$$\text{高温季荷重 } W_s = \sqrt{\{(980 \times 20 \times 10^{-3})^2 + (9.8 \times 0.3)^2\}} = 19.82$$

$$\text{荷重係数 } q_2 = 19.82 / (9.8 \times 0.3) = 6.74$$

$$\text{低温季荷重 } W_s = \sqrt{[ \{490 \times (20+6 \times 2) \times 10^{-3}\}^2 + \{(9.8 \times 0.3) + (9.8 \times ((\pi/4) \times (20+6 \times 2)^2 - (\pi/4) \times 20^2) \times 0.9 \times 10^{-3})\}^2 ]} = \sqrt{15.68^2 + 7.26^2} = 17.28$$

$$\text{荷重係数 } q_1 = 17.28 / (9.8 \times 0.3) = 5.88$$

- ・ 臨界径間

$$\begin{aligned} S_c &= (7740 / 9.8 \times 0.3) \times \sqrt{\{24 \times 1.1 \times 10^{-5} \times (15 - (-15)) / (6.74^2 - 5.88^2)\}} \\ &= 2633 \times \sqrt{(7.92 \times 10^{-3} / 10.84)} \\ &= 71 \text{ m} \end{aligned}$$

従って、S<sub>c</sub> が径間 50 (m) より大きい為、低温季荷重を最悪条件とする。

- ・ 架線時の条件

$$\begin{aligned} K &= T_1 / A - \{ (W_s^2 \times E \times S^2) / 24 T_1^2 \} \\ &= 7740 / 22 - \{ (17.28^2 \times 176400 \times 50^2) / (24 \times 7740^2) \} \\ &= 351.8 - 91.6 \\ &= 260 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= W^2 \times E \times S^2 / 24 A^2 = (9.8 \times 0.3)^2 \times 176400 \times 50^2 / (24 \times 22^2) \\ &= 327673 \end{aligned}$$

この K、M の値を式④に代入し 3 次方程式を解くと、T<sub>2</sub> = 4612 (N) となり、この時の弛度 d = (W × S<sup>2</sup>) / (8 × T<sub>2</sub>) = (0.3 × 9.8 × 50<sup>2</sup>) / (8 × 4612) = 0.20 m となる。

## ②氷雪の少ない地方の場合

- ・ 風圧条件

高温季は甲種、低温季は乙種にて氷雪なしとする。

また、空気抵抗係数 ( $K_1$ ) は 1 とする。

- ・ 合成荷重

$$\text{高温季荷重 } W_s = \sqrt{\{(980 \times 20 \times 10^{-3})^2 + (9.8 \times 0.3)^2\}} = 19.82$$

$$\text{負荷係数 } q_2 = 19.82 / (9.8 \times 0.3) = 6.74$$

$$\text{低温季荷重 } W_s = \sqrt{\{(490 \times 20 \times 10^{-3})^2 + (9.8 \times 0.3)^2\}} = 10.23$$

$$\text{負荷係数 } q_1 = 10.23 / (9.8 \times 0.3) = 3.48$$

- ・ 臨界径間

$$\begin{aligned} S_c &= (7740 / 9.8 \times 0.3) \times \sqrt{\{24 \times 1.1 \times 10^{-5} \times (15 - (-15)) / (6.74^2 - 3.48^2)\}} \\ &= 2633 \times \sqrt{(7.92 \times 10^{-3} / 33.32)} \\ &= 41 \text{ (m)} \end{aligned}$$

従って、 $S_c$  が径間 50 (m) より小さい為、高温季荷重を最悪条件とする。

- ・ 架線時の条件

$$\begin{aligned} K &= T_1 / A - \{(W_s^2 \times E \times S^2) / 24 T_1^2\} \\ &= 7740 / 22 - \{(19.82^2 \times 176400 \times 50^2) / (24 \times 7740^2)\} \\ &= 351.8 - 120.5 \\ &= 231.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= W^2 \times E \times S^2 / 24 A^2 = (9.8 \times 0.3)^2 \times 176400 \times 50^2 / (24 \times 22^2) \\ &= 328342 \end{aligned}$$

この  $K$ 、 $M$  の値を式④に代入し 3 次方程式を解くと、 $T_2 = 5226$  (N) となり、この時の弛度  $d = (W \times S^2) / (8 \times T_2) = (0.3 \times 9.8 \times 50^2) / (8 \times 5224) = 0.18$  (m) となる。

### ③氷雪の多い地方で低温季に最大風速を生ずる地方の場合

- ・ 風圧条件

低温季（条件 1）にて甲種で氷雪なし、または低温季（条件 2）にて乙種で氷雪厚（b）6mmとする。

また、空気抵抗係数（ $K_1$ ）は 1 とする。

- ・ 合成荷重

低温季（条件 1）荷重  $W_s = \sqrt{\{(980 \times 20 \times 10^{-3})^2 + (9.8 \times 0.3)^2\}} = 19.82$

低温季（条件 2）荷重  $W_s = \sqrt{[\{490 \times (20+6 \times 2) \times 10^{-3}\}^2 + \{(9.8 \times 0.3) + (9.8 \times ((\pi/4) \times (20+6 \times 2)^2 - (\pi/4) \times 20^2) \times 0.9 \times 10^{-3})\}^2]} = \sqrt{(15.68^2 + 7.26^2)} = 17.28$

従って、低温季（条件 1）のほうが低温季（条件 2）より合成荷重が大きい為、低温季（条件 1）を最悪条件とする。

- ・ 架線時の条件

$$\begin{aligned} K &= T_1 / A - \{(W_s^2 \times E \times S^2) / 24 T_1^2\} \\ &= 7740 / 22 - \{(19.82^2 \times 176400 \times 50^2) / (24 \times 7740^2)\} \\ &= 351.8 - 120.5 \\ &= 231.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= W^2 \times E \times S^2 / 24 A^2 = (9.8 \times 0.3)^2 \times 176400 \times 50^2 / (24 \times 22^2) \\ &= 327673 \end{aligned}$$

この K、M の値を式④に代入し 3 次方程式を解くと、 $T_2 = 4035$  (N) となり、この時の弛度  $d = (W \times S^2) / (8 \times T_2) = (0.3 \times 9.8 \times 50^2) / (8 \times 4035) = 0.23$  (m) となる。

### 参考文献

配電規程 JEAC7001-2007

## 技術資料改訂履歴

資料番号	技資第147号
技術資料名	光ファイバケーブルの弛度計算について

改訂	項目番号	変更前	変更内容
2015/2/12	2-2 W1	風圧荷重 = $490 \times (h+2b) \times 10^{-3} / K_1$	風圧荷重 = $K_1 \times 490 \times (h+2b) \times 10^{-3}$



© 一般社団法人日本電線工業会 2015

技術資料 技資第147号A  
光ファイバケーブルの弛度計算について

委員会 通信ケーブル専門委員会  
光ケーブル小委員会

初版 2011年2月 発行

改版A 2015年2月 発行

発行者 一般社団法人日本電線工業会 技術部  
〒104-0045

東京都中央区築地 1-12-22 コンワビル 6F

TEL 03-3542-6035

FAX 03-3542-6037

複写禁止

