

# PC斜張橋用斜材定着部振動吸収用防振ゴムの新機構に関する研究

及川 孝一\*1・木部 洋\*2・大橋 渡\*3

## はじめに

斜張橋は優美な景観をもち、またその景観を任意に選定できる自由度が高いところからも建設数が増加の一途をたどり、最大支間長も限界に迫るようになってきている。

その一方では、もともと振動しやすい斜材がますます長くなることで、振動による問題がよりクローズアップされてきた。

斜材定着部の構造は、風や走行車両による斜材の振動を十分に吸収できるものでなければならない。斜材の振動を吸収する緩衝装置としては防振ゴムを使用している例が多数あり、青森ベイブリッジにおけるように振動による斜材の二次曲げ応力度の減少を考慮した装置によって工夫されている例もある。

風による斜材の振動は、架設期間中、常に発生することが予想される。また斜材の張力調整も架設期間中に数回実施されることとなる。

以上の観点から斜材定着部の振動吸収用防振ゴムに次のような考えに基づく新しい機構を考案し、これの解析ならびに実証実験を行った。

- ① 防振ゴムは斜材架設時にすでに装着しておけるもので、かつ斜材の緊張に障害を起こさない。
- ② 斜材緊張後ただちに斜材に密着し架設期間中も十分に斜材定着部の振動吸収が行われる。また張力調整時には簡単に密着が解かれるものとする。
- ③ 防振ゴムのバネ定数は実用的範囲で簡単に計算できる。

このことにより、斜材定着部は架設中においても完成系と同様に斜材の振動を十分に吸収できることが可能となった。

## 1. 防振部と防振ゴムの構造

防振部の構造は、図-1のようになっている。ここでは防振ゴムが機能している最終形状を示す。

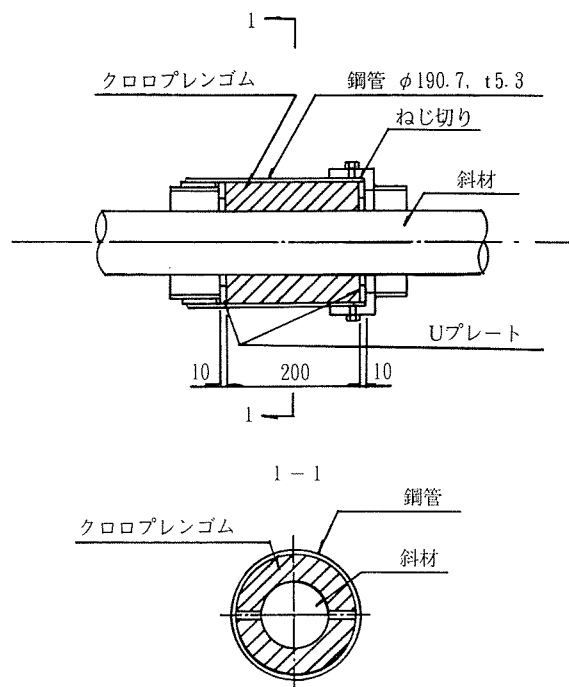


図-1 防振部の構造 (SEEE F 500 PH)

本件での斜材は、PC鋼より線複数本をさらに大よりによって束ね、これにポリエチレンコーティングを施し、末端にマンションと呼ぶ定着具を圧着加工しねじ切りされた工場製造の完全プレハブ製品である SEEE F-PH 型を想定している。

防振ゴムは図-2で示すように半割りになっており、その内径は斜材のコーティング外径より大きくし、長さは図-1の最終形状より長くしている。防振ゴムの軸方向両端面にはUプレートを取り付けているが、これは

角柱に置き換える

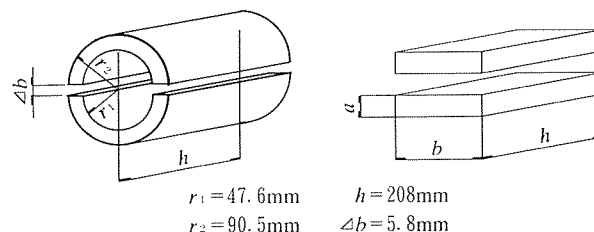


図-2 防振ゴム

\*1 Koichi OIKAWA : (株) エスイー 技術開発部

\*2 Hiroshi KIBE : (株) エスイー 技術開発部

\*3 Wataru OHHASHI : (株) エスイー 技術開発部

防振ゴムを軸方向に圧縮させるときの受圧部として機能するように考えたものである。

斜材定着部の防振ゴムは、斜材の振動を緩衝して、定着部に過大な繰返し曲げモーメントが発生しないようにするものである。従来この防振ゴムは、斜材に隙間無く密着する形状のものを用意して、斜材の架設時にシーブとしての鋼管と斜材との間に挿入することを理想としてきたのであるが、ゴムは性質上わずかの抵抗にあっても隙間を塞ぐよう変形してしまうので、鋼管への挿入作業は極めて困難なものであった。今回考案した防振装置は、以上の懸案事項を解消するために挿入しやすく、かつ防振ゴムと斜材への密着度を確保する目的で開発された装置である。

我々は SEEE F 500 PH 斜材を開発する過程で同様の防振装置を装備した供試体による曲げ載荷試験を行い、防振ゴムと斜材との隙間（クリアランス）が有るケース（キャップ回転数 3）と密着させたケース（キャップ回転数 4）について、斜材定着部の曲げ応力度を比較してみたが、密着させた場合は曲げ応力度が半減することが確認された。

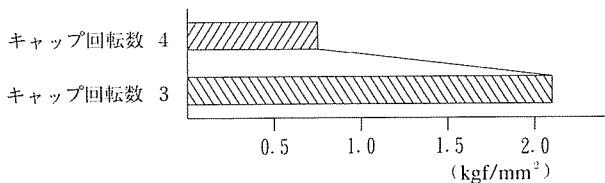


図-3 斜材定着部の曲げ応力度

この場合のキャップ 1 回転分の防振ゴムの軸方向変形量は 3 mm で、この時の直径方向の変形量は、ゴムの変形が体積変化を伴わないことからポアソン比 ( $\gamma$ ) を 0.5 として次のように計算できる。

$$\text{軸方向ひずみ } \varepsilon = 3/L = 3/200 = 0.015$$

$$\text{直径方向ひずみ } \varepsilon' = 0.5 \varepsilon$$

直径方向のゴムの変形量は、外径が拘束されているから

$$\begin{aligned} \Delta t &= 0.5 \varepsilon (D-d) \\ &= 0.5 \times 0.015 \times (180.1 - 96) \\ &= 0.63 \text{ mm} \end{aligned}$$

したがって防振ゴムの斜材に対する隙間は直径で 0.63 mm、ゴム厚で 0.32 mm となる。この数値をゴム加工品に製造公差として適用させることがほぼ不可能であることから、防振ゴムを斜材に密着させることは振動吸収の面からは重要であるが、実情はかなり困難であることに思いいたることができる。

## 2. 防振ゴムの施工性の確認

新装置の実用性を確認するためには、防振ゴムが装着可能なことを確認することが必要である。我々は、図

-1 に示すような実物大模型を作製し、実際に防振ゴムを装着してみることにした。実験に使用した防振ゴムは、筒型に成型したクロロプレンゴムを装着しやすいように軸方向に半分に割ったもので、内径を斜材の外径 ( $\phi 94$  mm の鋼管を代用) より 1.28 mm 大きいものを使用した。防振ゴムの長さは、最終の収まり長さより長くなっており、キャップを回転させることによって軸方向に圧縮し防振ゴムの内径を縮小するものである。防振ゴムが斜材に密着するために必要な軸方向圧縮力は、図-2 に示すように、筒型を角柱に置き換えて (1) 式で計算することができる。

$$P = E_{ap} \cdot A_L \cdot \varepsilon \dots \dots \dots (1)$$

$$E_{ap} : \text{見掛けのヤング率} = G \cdot (4 + 3.29 \cdot S^2)$$

ただし  $a/b < 1/3$

$$A_L : \text{受圧面積} = a \times b$$

$$a = r_2 - r_1$$

$$b = A/a$$

$$A = V/2/h$$

$V$  : ゴムの体積

$\varepsilon$  : 圧縮ひずみ =  $\Delta h/h$

$G$  : せん断弾性係数 =  $7.15 \cdot H_s / (100 - H_s)$

$H_s$  : ゴム硬度

$S$  : 形状率 =  $A_L/A_F$

$A_F$  : 自由表面積 =  $2(a+b)h$

これからキャップを回転させるのに必要な回転力（トルク）はねじ込み回転モーメント ( $M$ ) として計算することができる。

$$M = P \cdot r \cdot \tan(\alpha + \rho)$$

$P$  : 式 (1) の圧縮力

$r$  : ねじの平均半径 (この場合は  $= 190.7/2$  mm)

$\alpha$  : ねじのリード角 =  $\tan^{-1}(h/2\pi r)$

$h$  : ねじのピッチ (この場合は、管用平行ねじ = 2.3091 mm)

$\rho$  : 摩擦角 =  $\tan^{-1}\{\mu/\cos(\beta/2)\}$

$\mu$  : ねじの摩擦係数

$\beta$  : ねじ山の角度 (管用平行ねじ =  $55^\circ$ )

軸方向圧縮によって防振ゴムの内径縮小量は、ゴムのポアソン比を用いて計算することができる。ゴムは体積変化を伴わないため、ポアソン比 ( $\gamma$ ) は 0.5 としてよい。これから内径縮小量 ( $\Delta\phi$ ) は軸方向ひずみ ( $\varepsilon$ ) がわかれば

$$\Delta\phi = 2 \cdot a \cdot \gamma \cdot \varepsilon$$

で計算できる。ただしゴムの隙間 ( $\Delta b$ ) が閉じた後は体積変化がないものとして筒型とした場合の内径計算によって求めなければならない。

実験は図-1 の部材に図-2 に示す形状のクロロプレンゴム (硬度  $H_s = 70^\circ$ ) を用いて行い、キャップの回転に

◇研究報告◇

よって防振ゴムの軸方向圧縮量に伴う内径縮小量を内径キャリパーで計測し、同時に回転力を計測して計算値との比較をした。図-4に示すように、計算値と計測値は比較的良く合致することが判明し、また実用範囲内の圧縮力でゴムが変形し斜材に密着させ得ることが確認できた。

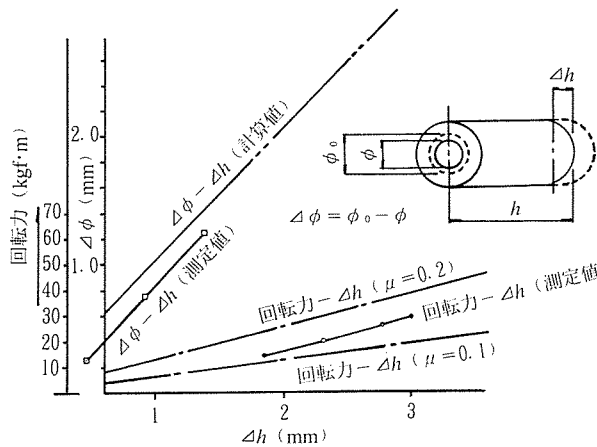


図-4 防振ゴムの挿入実験

### 3. 防振ゴムのバネ定数の計算方法および測定実験

#### 3.1 防振ゴムのバネ定数の計算

防振ゴムのバネ定数は、振動による斜材の曲げ応力度を推定する際に必要な数値であることから、これを計算によって求められることは意義が大きいものと考えられる。

##### (1) 角形防振ゴムのバネ定数の計算

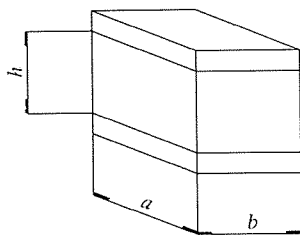


図-5 角形防振ゴム

① 通常の圧縮または引張りの場合  
バネ定数は式(2)で計算することができる。

$$k_c^{(0)} = E_{ap}^{(0)} (A_L/h) \quad (2)$$

$k_c^{(0)}$ : 初期圧縮(引張り)バネ定数

$E_{ap}^{(0)}$ : 見掛けのヤング率の初期値 ( $\varepsilon=0$ )

$A_L$ : 受圧面積

$h$ : ゴム部の高さ(自然状態), 筒形防振ゴムの絞り加工後のゴム部の高さ

$$E_{ap}^{(0)} = G (3 + 6.58 S^2)$$

ただし  $1/3 \leq a/b \leq 3$

$$G: \text{横弾性係数} = 7.15 H_s / (100 - H_s)$$

ただしクロロプレンゴムの場合

$H_s$ : JIS ゴム硬度

$S$ : 形状率  $= A_L / A_F$

$A_F$ : 自由表面積(内面も含む)

##### ② 変形による防振ゴムの弾性率の修正

次式で修正する。

$$G = (1 + \varepsilon_{ex})^2 G^{(0)} \quad (3)$$

$$E_{ap} = 1/3 \cdot \{1 + 2/(1 + \varepsilon_{ex})^3\} \cdot E_{ap}^{(0)} \quad (4)$$

$G^{(0)}$ : 修正前の横弾性係数

$\varepsilon_{ex}$ : ひずみ率  $= (h - h_0) / h_0$

$h_0$ : 変形前のゴム厚

$h$ : 変形後のゴム厚

##### ③ 傾斜あるいはこじりの場合の補正

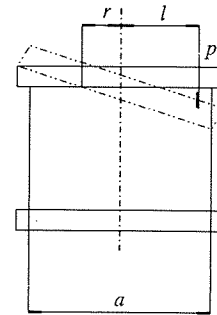


図-6 傾斜あるいはこじりの場合の防振ゴムの変形

図-6から、

$$k_l^{(0)} = k_c^{(0)} / [1 + 12 (l/a)^2]$$

したがって

$$k_c^{(0)} = k_l^{(0)} \times [1 + 12 (l/a)^2] \quad (5)$$

$k_l^{(0)}$ :  $l$ 点の見掛けのバネ定数

$a$ : 1

##### (2) 割りを入れて筒形に組み立てられている場合の近似計算

防振ゴムのバネ定数は、図-7のように半円筒を角柱に置き換えて(6)式で計算することができる。

角柱に置き換える

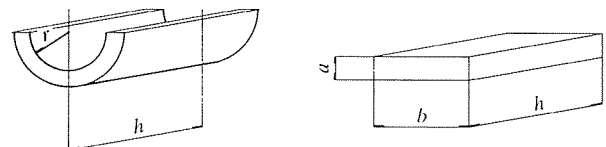


図-7 防振ゴム

$$k_c^{(0)} = E_{ap}^{(0)} (A_L/h) = E_{ap}^{(0)} \pi r b / h \quad (6)$$

$$S = \pi r b / \{2 (b + \pi r) h - A_s\}$$

$$A_F = \pi r b$$

$$A_L = 2 (b + \pi r) h - A_s$$

$A_s$ : 拘束断面積 (F-PH では U-Plate を使用)

変形による防振ゴムの弾性率の修正は、前述のように段階的に修正するのが順当であるが、次のように途中を省略して計算しても差し支えない。

$h_0$  の厚さのバネ定数  $k$  を持つゴムが  $\Delta h$  だけ縮んで  $h$  の厚さになった場合

$$\varepsilon_{ex} = (h - h_0) / h_0$$

$$k_c^{(0)} = k \cdot (1 + \varepsilon_{ex})^2$$

となる。

したがって変形後のバネ定数は式 (7) で計算することができる。

$$k = k_c^{(0)} / (1 + \varepsilon_{ex})^2 \dots\dots\dots (7)$$

$h_0$  : 圧縮前のゴム厚

$h$  : 圧縮後のゴム厚

ひずみ率  $\varepsilon_{ex}$  の計算は、ゴムが圧縮前後においてその体積変化が無いものとして求めることができる。

圧縮前のゴム体積は次のとおりである。

$$V_0 = (D^2 - \phi_0) l_0 \pi / 4$$

$D$  : ゴム外径 (鋼管内径)

$\phi_0$  : ゴム内径 (鋼管内径  $-2 \times t$ ,  $t$  : 圧縮前のゴム厚)

$l_0$  : ゴム長さ

一方、圧縮後のゴム内径は次のとおりである。

$$\phi = \sqrt{\{D^2 - 4 \times V_0 / (\pi l)\}}$$

$l$  : 圧縮後のゴム長さ

したがって、軸直角方向のゴムひずみ率は次のとおりとなる。

$$h - h_0 = (\phi - \phi_0) / 2$$

$$h = t$$

F-PH 斜材において防振ゴムは軸方向に圧縮して使用されるため、ゴムの変形過程を次のように仮定する。

- ① 斜材の外径までの防振ゴムの内径の縮小は、全長にわたって均一に行われる。
- ② 斜材の外径以下の防振ゴムの内径の縮小は、図-8 のように軸方向の載荷位置を底辺とする三角形に変形する。

すなわちゴムは斜材が無いとした場合、あたかも傾斜あるいはこじりを受けたかのような変形をするものと仮定し、斜材があるためにこのような変形が拘束されると

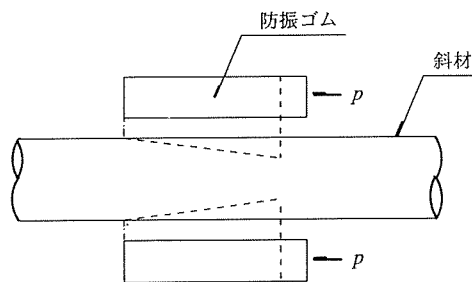


図-8 防振ゴムの変形

考える。

したがってバネ定数は、前述の式 (5) で補正することができる。

$k_l^{(0)}$  は次のように求める。

圧縮後のゴム内径を斜材が無いとした場合に、図-9 から次のように計算する。

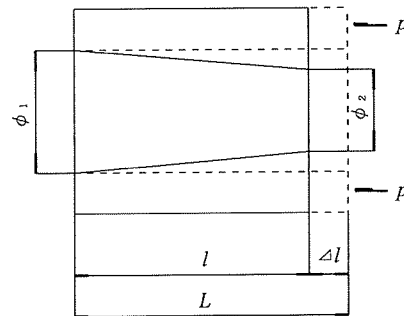


図-9 防振ゴムの変形

$$V_0 = \pi D^2 / 4 \cdot l - \pi / 12 \cdot l \cdot (\phi_1^2 \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 + \phi_2^2)$$

したがって

$$\phi_2 = -\phi_1 \pm \sqrt{(\phi_1^2 - 4C) / 2}$$

ここで

$$C = (V_0 - \pi D^2 / 4 \cdot l) \cdot 12 / \pi l + \phi_1^2$$

$\phi_1$  : 斜材の外径

$\phi_2$  : 斜材が無いものとしたときの、圧縮後のゴム内径

$\phi_1$  側のバネ定数は次のとおりである。

$$k(\phi_1) = k^{(0)} / (1 + \varepsilon_{ex})$$

$$\varepsilon_{ex} = (h - h_0) / h_0$$

$$h - h_0 = (\phi_1 - \phi_0) / 2$$

$$h_0 = (D - \phi_1) / 2$$

また  $\phi_2$  側のバネ定数は、同様に次のとおりになる。

$$k(\phi_2) = k^{(0)} / (1 + \varepsilon_{ex})$$

$$\varepsilon_{ex} = (h - h_0) / h_0$$

$$h - h_0 = (\phi_2 - \phi_0) / 2$$

$$h_0 = (D - \phi_2) / 2$$

したがって

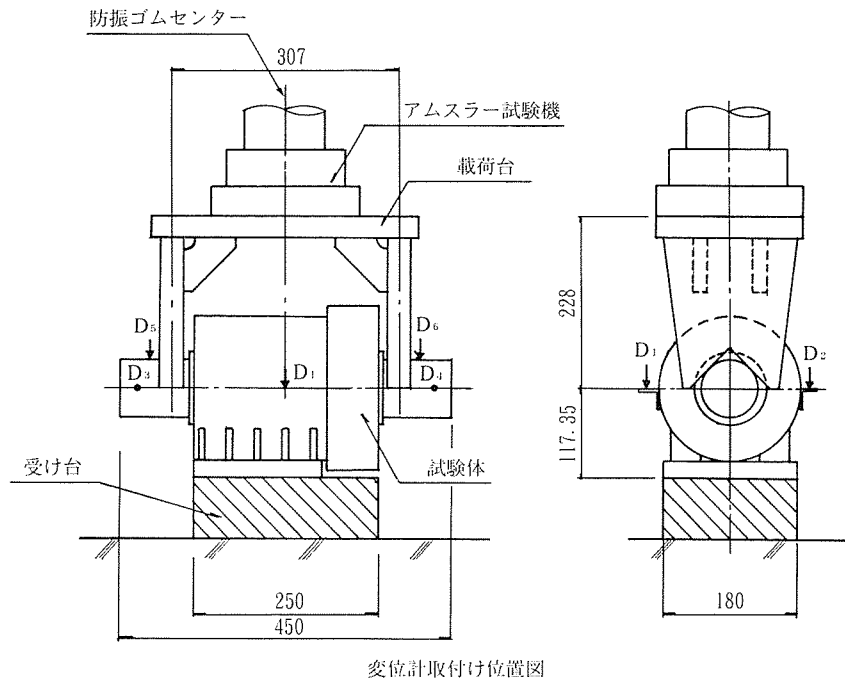
$$k_l^{(0)} = k^{(0)} + \{k(\phi_2) - k(\phi_1)\} \times 2/3$$

となる。

### 3.2 防振ゴムのバネ定数測定

本実験では、防振部を実物大で造り、斜材をとおして伝わる防振ゴムへの荷重と変位量との比をバネ定数として求めたもので、これを計算値と比較してみたものである。

実験供試体は、図-1 に示すように防振ゴムの軸方向に圧縮して防振ゴムの内径を縮小させ疑似斜材に密着させた。これを図-10 で示すようにアムスラー試験機で疑似斜材に載荷し、それぞれの荷重時における防振ゴムの



変位計取付け位置図

図-10 防振ゴムのバネ定数の測定

軸直角方向圧縮量を変位計で検出した。

防振ゴムのバネ定数は、荷重間隔 0.2 tf とし 2 tf まで載荷し、各々の載荷点におけるゴムの変位を測定して荷重-変位曲線を描き、これの平均勾配を求めて算出した。

変位の測定は、疑似斜材の左右 2 点を平均することとし、防振ゴムを挿入している鋼管本体の変位も測定してこれを疑似斜材の変位から差し引き防振ゴムそのものの変位を取り出すものとした。

載荷は防振ゴムの各タイプごとに 3 回繰り返す、各々についてバネ定数を算出した。

それぞれの防振ゴムの仕様と計測結果および計算値を表-1 および表-2 に示す。計算値と測定値は比較的良好

表-2 防振ゴムのバネ定数

(単位: kgf/cm)

	TYPE-A		TYPE-B	TYPE-C
	ゴム硬度 45°			
	ゴム硬度 70°			
縮付け回数	4.0 回転	3.0 回転	3.0 回転	3.5 回転
測定値	1 回目	1.57 × 10 <sup>4</sup>	1.11 × 10 <sup>4</sup>	2.29 × 10 <sup>4</sup>
	2 回目	1.75 × 10 <sup>4</sup>	1.25 × 10 <sup>4</sup>	2.71 × 10 <sup>4</sup>
	3 回目	1.76 × 10 <sup>4</sup>	1.25 × 10 <sup>4</sup>	2.77 × 10 <sup>4</sup>
	平均	1.69 × 10 <sup>4</sup>	1.20 × 10 <sup>4</sup>	2.59 × 10 <sup>4</sup>
計算値	1.43 × 10 <sup>4</sup>	1.01 × 10 <sup>4</sup>	2.95 × 10 <sup>4</sup>	4.03 × 10 <sup>4</sup>

合致することが判明し、計算方法の実用性が確認された。

表-1 防振ゴムの仕様

	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
H <sub>s</sub> (度)	45°	70°	70°
D (cm)	18.01	18.01	18.01
φ <sub>0</sub> (cm)	10.09	10.03	10.05
h (cm)	4.205	4.205	4.205
l <sub>0</sub> (cm)	21.73	21.90	21.92
r (cm)	4.8	4.8	4.8
A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	111.1	111.1	111.1

記号の説明

- H<sub>s</sub>: JIS ゴム硬度
- D: ゴムの外径 (鋼管内径)
- φ<sub>0</sub>: ゴムの内径 (鋼管内径 - 2t, t はゴムの厚さで実測)
- h: ゴムの厚さ = (D - φ) / 2, φ は斜材の直径
- l<sub>0</sub>: ゴムの変形前の長さ
- r: ゴムの内半径 = φ / 2
- A<sub>s</sub>: U プレートの支圧面積 (SEEE F 500 PH の場合は = 111.1 cm)

#### 4. 防振ゴムのバネ定数と斜材の二次曲げ応力

##### 4.1 二次曲げ応力の計算

斜材は防振ゴムの部分で、振動によって発生する定着部の二次曲げ応力を緩和することができる。

バネ支承を有する、軸力を受けたケーブルの二次曲げモーメントは次の式を用いて計算することができる。

$$M_{0 \leq X \leq l_0} = EI\lambda \{ K\delta e^{-\lambda l_0} e^{\lambda X} / 2T + (K\delta e^{-\lambda l_0} e^{\lambda X} / 2T - K\delta / T + \phi_0) \times e^{-\lambda X} \} \dots \dots \dots (8)$$

$$M_{l_0 < X \leq l} = EI\lambda (K\delta e^{\lambda l_0} / 2T + K\delta e^{-\lambda l_0} / 2T - K\delta / T + \phi_0) \times e^{-\lambda X} \dots \dots \dots (9)$$

ここで、

$$\delta = (l_0 \tan \phi_0 - \phi_0 / \lambda + \phi_0 e^{-\lambda l_0} / \lambda) / \{ 1 - K(-2 e^{-\lambda l_0} / P\lambda + 3/2 T\lambda - l_0 / T + e^{-2\lambda l_0} / 2 T\lambda) \}$$

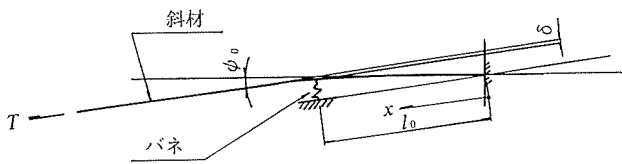


図-11 二次曲げ応力概念図

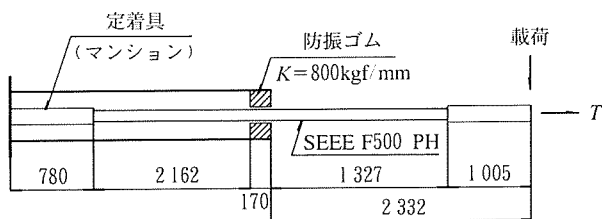
- $E$  : 弾性係数
- $I$  : 断面二次モーメント
- $K$  : バネ定数
- $T$  : 緊張力

部材の曲げ応力度  $\sigma$  は曲げモーメント ( $M$ ) から次のように算出される。

$$\sigma = M/I \times y/2 \dots\dots\dots (10)$$

$y$  : 部材の高さ

図-12 のような F 500 PH の曲げ載荷実験ケースについてストランドの二次曲げ応力を防振ゴムのバネ定数のみを1倍から1/4倍まで変えたときの計算をし、軸方向の応力分布図を描くと図-13 のようになる。



$T=232.5\text{tf}$        $I=951343\text{mm}^4$   
 $K=800\text{kgf/mm}$        $\phi_0=0.01201\text{rad}$  (曲げ角度)

図-12 曲げ載荷実験モデル (SSEE F 500 PH)

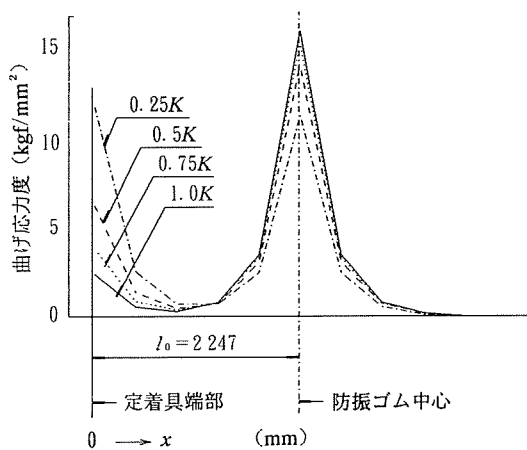


図-13 ストランド応力度の分布

図-13 からは防振ゴムのバネ定数を小さくしていった場合に防振ゴム部でのストランド曲げ応力度の減少率は小さいが、定着具端での応力度の増加率が大きいことがわかる。すなわち防振ゴムのバネ定数を小さくすると防振ゴム部でのストランドの曲げ応力度を多少小さくでき

るが、定着具端部でのストランドの曲げ応力度がより大きくなることを示しており、斜材の振動を十分に吸収できなくなる可能性を示している。

#### 4.2 防振ゴムの最適バネ定数の設定に関して

一般に防振ゴムのバネ定数は、定着具端部と防振ゴム部とのストランドの二次曲げ応力度が等しくなるように設定される。一方、長大斜長橋になるほど斜材の長さはまちまちとなることから定着具と防振ゴムまでの距離 ( $l_0$ ) も同様に様々混在することとなる。防振ゴムのバネ定数は前述のように硬度と形状によりほぼ決定される。また防振ゴムはプレハブ製品の場合、高価な金型が必要であることからその種類を多くすることははなはだ不経済なこととなる。したがって適当な範囲内で同一形状のものを数多く適用していくことになる。

図-14 は定着具端 ( $x=0$ ) と防振ゴム中心部 ( $x=l_0$ ) のストランドの二次曲げ応力度を図-12 の諸元を基本として  $1 \cdot l_0$  と  $2 \cdot l_0$  の2ケースを防振ゴムのバネ定数を変えていった場合について計算し、その変化を示したものである。  $2 \cdot l_0$  の場合の定着具端と防振ゴム中心部の曲げ応力度が等しくなる点 (交点) のバネ定数は  $K=100\text{kgf/mm}$  で、  $1 \cdot l_0$  の場合は  $K=210\text{kgf/mm}$  と示される。

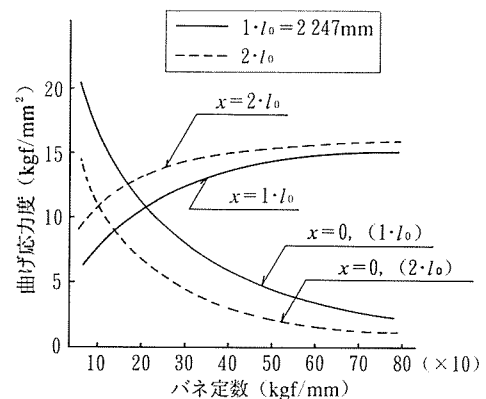


図-14 二次曲げ応力度

防振ゴムのバネ定数を  $1 \cdot l_0$  (実) 線の交点の  $K=210\text{kgf/mm}$  とした場合はストランドの二次曲げ応力度は  $\sigma_x=13\text{kgf/mm}^2$  であるが、  $2 \cdot l_0$  (点) 線の交点の  $K=100\text{kgf/mm}$  とした場合、  $1 \cdot l_0$  での定着端部が  $\sigma_0=17\text{kgf/mm}^2$  とかなり大きな値となってしまふ。このことから防振ゴムのバネ定数はグループ内の最大値を採っておく方が適当であるといふことができる。

#### 5. まとめ

以上の検討結果をまとめて、次のように記すことができる。

- 1) 斜材の定着部近傍には斜材の振動を吸収するため

◇研究報告◇

に防振ゴムを装着する必要があるが、これの装着を簡易にかつ確実なものにする方法について確認することができた。

- 2) 斜材の二次曲げ応力推定のために必要な防振ゴムのバネ定数の算出方法が確認できた。
- 3) 防振ゴムの最適バネ定数から決定される防振ゴムの設計が容易となった。

あとがき

斜材そのものを振動から完全に制御するためには、剛性の高い構造とする必要があるであろう。しかしながら斜張橋が本来持っている優美な景観と任意性を一方的に犠牲にすることは今後も取り得ないものと考えられる。

また経済性から考えるとき、斜材に要求される機能として、製造の確実性、品質保証、運搬、架設、緊張および再緊張の難易など多方面の事柄が総合的に検討されなければならない。

本文は、斜材の振動による定着具の二次曲げ応力緩和

の対策の一方法である防振ゴムの設置方法に関する新機構についての紹介とこれの実用化についての研究を報告したもので、一応の成果を得たものである。

本報告が今後の斜張橋建設計画の参考になれば幸いであると考えている。

参 考 文 献

- 1) 館石, 石橋ほか: PC斜張橋斜材定着部の振動対策(ダンパー)について, コンクリート工学年次論文報告集 11-1 (1989)
- 2) 横山, 日下部: 斜張橋ケーブルの風による振動と対策, 橋梁と基礎 (1989. 8)
- 3) 日本道路公団: 名港西大橋工事誌
- 4) 佐賀県: 呼子大橋工事誌
- 5) T. A. Wyatt: Secondary Stress in Parallel Wire Suspension Cable, ASCE, ST 7, pp. 37~59, 1980.
- 6) 桜井豊三: 固定梁の軸張力実用計算法, 土木学会誌, 26巻, 5号, pp. 573~597, 1940.
- 7) (社) 日本鉄道車両工業会: 防振ゴム
- 8) OIKAWA, K., OHHASI, W. ほか: Development of a Prefabricated Stay Cable with Vibration Absorber Rubber in its Anchorage.

【1993年5月13日受付】

---

◀刊行物案内▶

PC 技術の役割と発展

<第 20 回 PC 技術協会講習会テキスト>

(平成 4 年 2 月)

頒布価格: 4 500 円 (送料: 450 円)

内 容: プレストレストコンクリートの国際動向と役割 [池田尚治] / プレストレス導入理念の拡大と応用 [六車 熙] / 最近における PC 構造の展開と新材料 [山崎 淳, 近藤真一, 石橋悦治, 材寄 勉] / 都市内 PC 橋計画の手引—PC 橋のフォーム— [池田尚治] / 各地における注目すべき構造物 [各開催地域の講師] / PC 連結げたの設計・施工について [西川和廣, 箕作光一, 杉山 純, (社) プレストレスト・コンクリート建設業協会]