

V-243

PC斜張橋斜材定着部の振動対策について

J R 東日本東北工事事務所 正会員 〇 館 石 和 雄

J R 東日本東北工事事務所 正会員 石 橋 忠 良

J R 東日本青森工事区 正会員 竹 内 研 一

1. はじめに

現在施工中の青森大橋（仮称、PC斜張橋）は斜材定着にくさび定着を用いる計画である。しかし、くさび定着部の曲げ疲労耐力は十分明らかにされていないため、定着部付近に弾性支承（ダンパー）をいくつか設けることにより、風による斜材振動などで生じる定着部の曲げを母材部にて受ける構造とすることを検討した。さらに、母材の曲げの大きさもこの弾性支承の数などで制限することを検討した。

図1に青森大橋の全体図を、図2に斜材定着部の構造を示す。

2. 計算方法

例として2つの弾性支承（ダンパー）を設置したときの計算モデルを図3に示す。ケーブルに張力 T が作用し、定着部から無限遠の位置においてケーブルが θ の角度で保持されているとすると、 θ を微小であると考えると支配方程式は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} EI \cdot d^2 y / dx^2 &= M_0 + S_0 \cdot x + T \cdot y & \cdots (0 < x \leq x_1) \\ EI \cdot d^2 y / dx^2 &= M_0 + S_0 \cdot x + T \cdot y - k_1 \cdot y_1 \cdot (x - x_1) & \cdots (x_1 < x \leq x_1 + x_2) \\ EI \cdot d^2 y / dx^2 &= M_0 + S_0 \cdot x + T \cdot y - k_1 \cdot y_1 \cdot (x - x_1) - k_2 \cdot y_2 \cdot (x - x_1 - x_2) & \cdots (x_1 + x_2 < x) \end{aligned}$$

ここに k_1 ：ダンパー1のばね定数、 k_2 ：ダンパー2のばね定数

この支配方程式を解き、 M_0 、 S_0 、 y_1 、 y_2 を求めることにより、 M_1 、 M_2 を求めることができる。ダンパーが1つの場合、3つ以上の場合にも同様にして各モーメントを求めることができる。

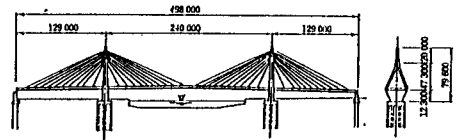


図1. 青森大橋全体図

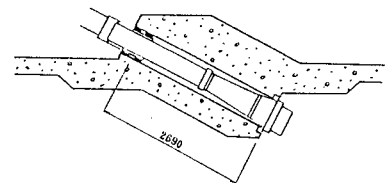


図2. 定着部の構造

3. 計算条件

計算は最大張力が生じる最外側のケーブル（S1）の桁側定着部について行った。張力と θ は活荷重載荷時に同ケーブルに生じると予想される最大値をとり、 $T=743.2t$ 、 $\theta=-0.208$ とした。ただし θ と各モーメントは比例関係にある。

また、1つめのダンパーは図2に示すように、ケーブルが桁内を通過して橋面上に現れる出口付近に設置するものとした。S1ケーブルの場合、この位置と定着点との距離 x_1 （図3参照）は2.69(m)となっている。

くさび定着点でのモーメントをなくすため、支配方程式は $M_0=0$ の条件のもとに解くものとする。

4. 計算結果

ダンパーが1つの場合、 $x_1=2.69(m)$ において $M_0=0$ の条件を満たすためには $k_1=2407(t/m)$ とすればよいことが計算により求められた。このときの母材のモーメント分布は図4(a)に示すようになる。定着部でのモーメントが0になり、その分がダンパー設置位置にシフトしている。また、最大モー

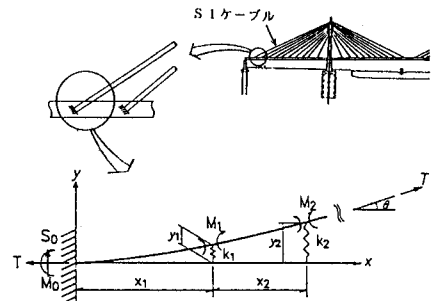


図3. 計算モデル

メントは、ダンパーが無いときの52%に低減されている。

ダンパーが2つの場合、モーメント分布はダンパーの強さ・配置の組合せにより変化するが、ケーブル全体についてみた場合、 $M_1=M_2$ となるようにモーメントを分散させるのが望ましい。そこで $M_0=0$ 、 $M_1=M_2$ の条件のもとに支配方程式を解いた結果を表1に示す。 x_2 が大きく k_2 が小さいほど、すなわち弱いばねを遠くへ設置するほど $M_1 (=M_2)$ の値は小さくなるが、実際に施工可能な範囲を $x_2 < 2\text{ m}$ とし表中の※を記した組合せについてみると、モーメント分布は図4(b)に示すようになる。

このように、ダンパーの数を増すことによりくさび定着部でのモーメントをなくすとともに、母材に生じる曲げモーメントを広く分散させてその最大値を小さくすることができる。

ダンパーを3つ設置した場合の計算結果の例を図4(c)に示す。計算は $M_0=0$ 、 $M_1=M_2=M_3$ の条件のもとに行った。ダンパー2つの場合と同じように、弱いダンパーを遠くに設置するほど母材のモーメントは小さくなるのが確かめられたが、ここでも施工可能な範囲を $(x_2+x_3) < 2\text{ m}$ とし、最もモーメントが小さくなるケースについて示した。 $(x_2+x_3) < 2\text{ m}$ の範囲では、ダンパーを3つ設置する効果はあまり大きくないといえる。

5. 実橋への適用

図5に示すモデルを仮定し、 θ とケーブル中央部での振幅 Δy との関係を求めることにより、定着部のモーメントを振幅 Δy により表わすことができる。図6にS1ケーブルの応力と振幅 Δy の関係を示す。ここではケーブルのグラウト材の剛性は無視した。

鋼線の疲労に対する許容値を 10 kg/mm^2 、 15 kg/mm^2 と仮定すると、ケーブルの許容振幅は表2のようになる。ケーブルの振幅の実測値が表に示す許容振幅以上になっている場合には、その程度に応じて適宜ダンパーの数を増やすことにより、母材の発生応力を一定のレベルに抑えることができる。

6. 結 論

斜材の定着部から2～5 mの橋面付近あるいは塔の付近で斜材を弾性体で支持することにより、定着部への曲げをほぼなくすることができるとともに、弾性支承の数、配置、強さを適切に選ぶことにより斜材そのものの曲げ応力も制御できることがわかった。

また定着部から5 m程度の範囲内では、ダンパーを2つ設置する効果は大きいが3つ以上設置してもそれ以上の効果は小さいことがわかった。

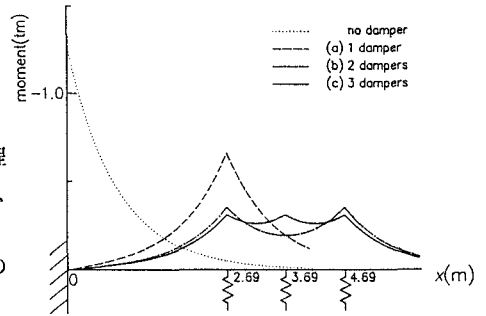


図4. 母材のモーメント分布

表1. $M_0=0$ 、 $M_1=M_2$ となるばね定数、配置の組合せ

$x_1(\text{m})$	$x_2(\text{m})$	$k_1(\text{t/m})$	$k_2(\text{t/m})$	モーメント ($\text{t}\cdot\text{m}$)
2.69	1.00	1855.9	549.2	$M_0 = 0.000$ $M_1=M_2=-0.423$
※ 2.69	2.00	2211.6	329.4	$M_0 = 0.000$ $M_1=M_2=-0.354$
2.69	3.00	2345.5	232.0	$M_0 = 0.000$ $M_1=M_2=-0.333$

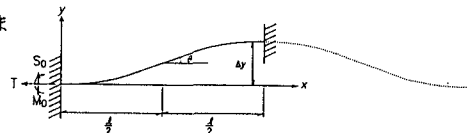


図5. 計算モデル

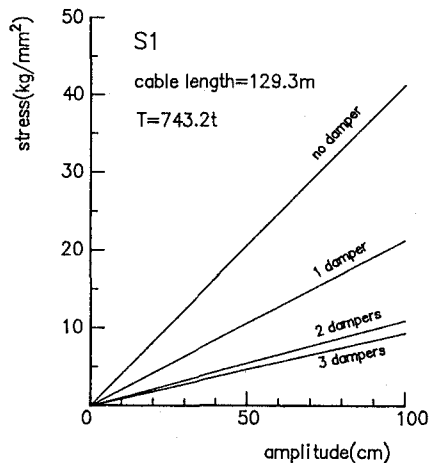


図6. 応力と振幅の関係

表2. S1ケーブルの許容振幅（単位 cm）

許容応力度 (kg/mm^2)	ダンパーの個数			
	0	1	2	3
10	24.2	46.9	90.9	103.8
15	36.3	70.4	136.4	155.7