

ケーブル制振ダンパーの簡便設計法

九州大学工学部	学生員	○諸富正和
九州大学工学部	正員	鳥野 清
九州大学工学部	正員	堤 一
福岡北九州高速道路公社	正員	井上朝登
三菱重工(株)	正員	中谷真二

1. まえがき

福岡都市高速道路に建設された荒津大橋における、ケーブル振動の制振対策として、ダンパーを用いた結果、確実な制振効果を発揮することが実験より確認された。ケーブルにダンパーを設置した場合の減衰付加効果は初期の概略検討段階やダンパーの設計時に必要となるが、この値は複素固有値解析を行うことによって求められる。しかし、この解析をスパン長、張力、ダンパーの設置位置の異なる各ケーブルについて、粘性減衰係数を数多く変化させて計算しなければならず、多大の労力を必要とする。したがって、各ケーブルのダンパーによる減衰付加効果を簡便に推定できる方法が確立されれば、ダンパーを設計する上で非常に有効と考えられる。本研究ではダンパーを設置したケーブルの構造対数減衰率と粘性減衰係数の推定式を提案し、既存の推定式および荒津大橋のケーブルの複素固有値解析によって得られた結果と比較することにより、その精度および妥当性の検討を行った。

2. 減衰付加効果の推定式

いま、ケーブル設置位置までのケーブル長 X_1 、全ケーブル長 L 、無次元量 $\eta = X_1/L$ 、ケーブル張力 T 、ケーブルの単位長さ当り重量 w 、 S 次のケーブルの振動において固有振動数 f_s ($=s\sqrt{gT/w/2L}$)、最大構造対数減衰率 λ_s^0 、その λ_s^0 を与える最適粘性減衰係数を C_s^0 とする。

(1) 既存の推定式¹⁾

$$\lambda_s^0 = 6.25 \eta (0.45 + \eta) \quad (1)$$

$$C_s^0 = 6.25 \frac{\eta}{g} \times \frac{w \times L \times f_s}{\sin^2 s \eta \pi} \quad (2)$$

$$\lambda_s^0 - C_s^0 \text{ の関係} \cdots \text{図-1}$$

(2) 著者らの提案式

$$\lambda_s^0 = 3.3 \eta \quad (3)$$

$$C_s^0 = C_1^0 / S \quad (C_1^0 \text{ は (2) 式より得る}) \quad (4)$$

$$\bar{\lambda}_s - C_s \text{ の関係} \cdots \text{図-2}$$

$$\left. \begin{aligned} &(\bar{C}_s \leq 1.2) \\ &\bar{\lambda}_s = 0.08 \bar{C}_s^2 - 1.16 \bar{C}_s + 2.08 \\ &(\bar{C}_s \geq 1.2) \\ &\bar{\lambda}_s = -0.0012 \bar{C}_s^2 - 0.0373 \bar{C}_s + 0.3614 \bar{C}_s + 1.3460 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\bar{C}_s = (C_s / C_s^0), \quad \bar{\lambda}_s = (\lambda_s / \lambda_s^0) \quad (6)$$

3. 推定式の検討

荒津大橋のケーブルに対して行った複素固有値

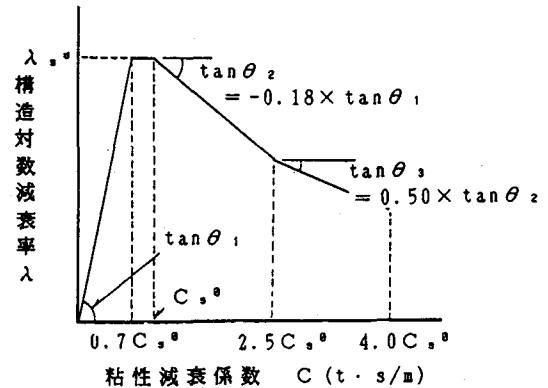


図-1

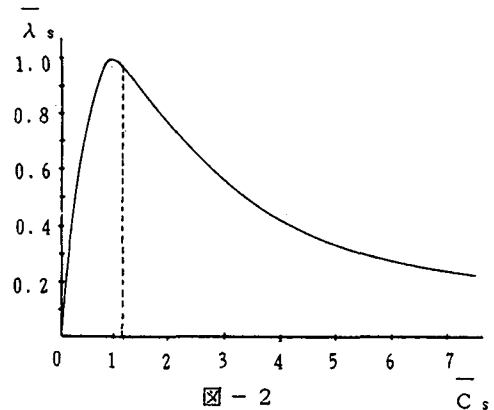


図-2

解析の厳密解と推定式により求めた λ_2^0 を比較して図-3に示す。図より、(3)式が厳密解と高い相関性を示しており、同様の結果が他の次数でも得られたことから、最大構造対数減衰率 λ_s^0 の推定式としては、(3)式の方が有効性が高いと言える。図-4は荒津大橋で最も長いケーブルに対する解析結果を、各次数の最大構造対数減衰率 λ_s^0 と最適粘性減衰定数 C_s^0 を用いて基準化した図である。 λ_s/λ_s^0 と C_s/C_s^0 をパラメーターにとると次数に無関係にほぼ一定の形状を示し、(4)式で提案した実線はこの形状をよく近似している。ケーブルの各次数ごとに λ_s^0 と C_s^0 が(3)式と(4)式より得られることから、(5)式を用いて簡単に λ_s-C_s の関係図を求めることができる。上記の λ_s-C_s の関係を提案式と減密解を比較して図-5に示しているが、提案式の精度が良いことがわかる。ケーブルの振動の制振としてダンパーを用いる場合、各次数の振動に対して有効に制振できる設計減衰係数を決定しなければならない。この図より荒津大橋ではダンパーの設計減衰係数として7.5ts/m(★印)が用いられたが、図-5より、特に低次における λ_s-C_s 曲線の精度が要求されることがわかる。

4. まとめ

荒津大橋のケーブルに関しては、著者らによる提案式が複素固有値解析による厳密解に非常に近い値を推定でき、有効であると思われる。しかし、この推定値と厳密解との比較の範囲は荒津大橋のケーブルに関して行っているために、 η の範囲で表わすと $0.0378 \leq \eta \leq 0.0545$ に限られている。したがって、今後の課題として、この範囲外の η をとる斜張橋のケーブルについて複素固有値解析を行い、推定式の妥当性を検討してゆく必要がある

〈参考文献〉

- 1) 米田、前田：ケーブル制振ダンパーの粘性減衰係数設定に関する一考察
土木学会論文集第410号/I-12 1989年10月

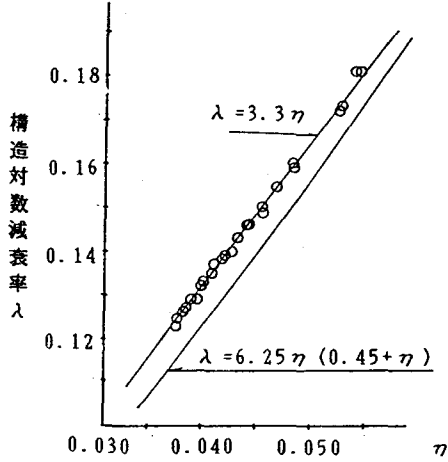


図-3 λ_2^0 (荒津大橋)

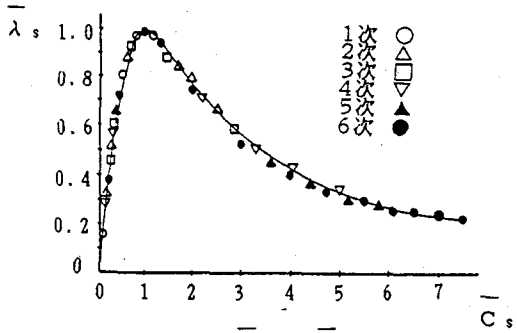


図-4 λ_s-C_s の関係

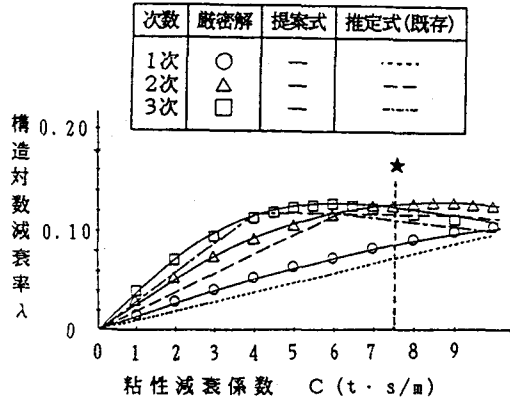


図-5 λ_s-C_s の関係