

I-19 薄肉空間曲線桁の振動解析

早稲田大学大学院 学生会員○平林 隆
早稲田大学理工学部 正会員 平嶋 政治
早稲田大学理工学部 正会員 依田 照彦

1. まえがき

最近、電子計算機や数値解法の発達により、曲線桁の力学的挙動が、明確に解析されるようになってきた。しかし、それらの解析のほとんどが、静的荷重を受ける平面曲線桁についてであり、空間曲線桁の静的解析、あるいは動的解析に関する報告は、比較的少ない。

本報告では、薄肉空間曲線桁を板の集合体と考え、今までの振動解析に見られるような、面内振動のみ、面外振動のみといった限定をせずに、一般的な形で自由振動解析を行った。さらに、同じ自由振動問題を、折れ線近似モデルを用いて解き、このモデルによる単純化の有効性についても考察した。

2. 振動問題の定式化

基礎方程式

$$M\ddot{V} + C\dot{V} + KV = P(t)$$

M: 質量マトリックス

C: 減衰マトリックス

K: 剛性マトリックス

V: 変位ベクトル

$\dot{V}$: 速度ベクトル

$\ddot{V}$: 加速度ベクトル

P: 外荷重ベクトル

$$C=0, P=0$$

$$M\ddot{V} + KV = 0$$

$$V = (a \sin \omega t + b \cos \omega t) X$$

ω : 固有角振動数, t : 時間

X: 変形モード, a, b : 定数係数

$$KX = \lambda MX \quad (\lambda = \omega^2)$$

最小固有値 λ_1

固有ベクトル X_1

$$\omega^2 = (2\pi\nu)^2$$

固有振動数 ν

第1次モード

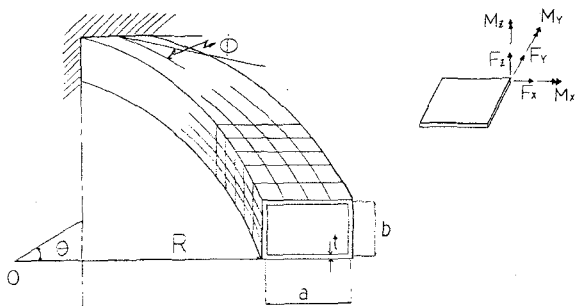


図-1 薄肉空間曲線桁の全体図と使用した二次元要素

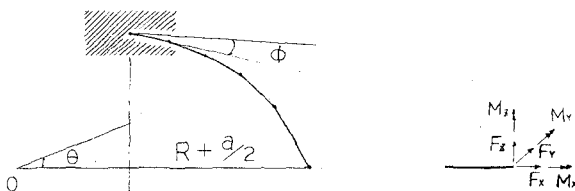


図-2 折れ線近似モデルと使用した一次要素

3. 固有振動数の計算

材料定数

ヤング率 $E : 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$

ポアソン比 : 0.3

単位重量 : 7.58 t/m^3

形状寸法

曲率半径 $R : 30 \text{ m}$

中心角 $\theta : 90^\circ$

全長 $l : 47 \text{ m}$

断面幅 $a : 4.5 \text{ m}$

断面高 $b : 3.0 \text{ m}$

ピッチ角 $\phi : 0^\circ, 6^\circ, 20^\circ$

肉厚 $t : 20 \text{ cm}$

ダイヤフラム厚さ $t' : 0.5 \text{ cm}$

計算方法

変位法
固有値計算

結果

図-3

ピッチ角 ϕ	ダイヤフラム 0枚		ダイヤフラム 1枚		ダイヤフラム 2枚	
	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 30^\circ$
0°						
	0.753		0.935		1.477	(1.592)
6°						
	0.716		0.888		1.422	(1.575)
20°						
	0.596		0.661		1.005	(1.412)

図-3 一端固定桁の断面変形と固有振動数 [1/s]

ただし、() 内は折れ線近似モデルによる値である。

(1) ダイヤフラムを2枚設置すると断面変形の様子が変化する。

(2) ダイヤフラムを2枚設置すると、 $\phi = 0^\circ, 6^\circ$ のとき、折れ線近似モデルによる固有振動数の計算が可能である。

4. ダイヤフラムの有効性

表-1 両端固定桁の固有振動数 [1/s]

曲線桁(図-1) 両端固定

曲線桁の中央部にダイヤフラム設置

結果

表-1

ピッチ角 ϕ	ダイヤフラム設置せず	ダイヤフラム厚さ0.5cm	ダイヤフラム厚さ1.5cm	孔あきダイヤフラム厚さ0.5cm
0°	4.292	3.767	4.427	4.425
6°	3.770	3.752	3.915	3.914
20°	3.833	3.755	4.093	4.092

(1) 厚さ0.5cmのダイヤフラムを設置すると、それ自身の振動のため、固有振動数が低下する。

(2) ダイヤフラムの中央部に孔をあけることにより、ダイヤフラム自身の振動を防ぐことができる。

5. あとがき

本報告の結論 (1) ピッチ角 $\phi = 0^\circ, 6^\circ$ のもとで、ダイヤフラム2枚設置した場合の固有振動数は、折れ線近似モデルにより、近似可能である。

(2) 薄肉空間曲線桁の固有振動数をあげるには、薄いダイヤフラムを設置するよりも、補剛材(孔あきダイヤフラム)を設置する方が効果的である。

おわりに、計算には東京大学大型計算機センターのM-200Hを用い、汎用プログラムISAS.IIを利用した。

参考文献 1) 川井忠彦; マトリクス法振動および応答, 培風館。

2) Heins, C.P. 他; Natural Frequency of Curved Box Girder Bridges, Proc. ASCE. No. ST12, 1979.