

長大鉄道吊橋の設計に関する一考察

京都大学 工博 小西一郎
 京都大学 工修 北川貴一

京都大学 工博 白石成人
 神戸市 工修 角田尚志

1. 概説

吊橋を鉄道橋とする場合、その橋梁規模に比して剛性が低いことを考えると、列車の高速走行による動的影響が大きく、その為鉄道吊橋の設計においてはある程度の衝撃係数を考慮する必要があると思われる。そこで平滑走行荷重による鉛直たわみ振動を Modal Analysis を用いて解析し、動的増幅率に影響を及ぼすパラメータを見出し、また鉄道吊橋の設計にはどれ位の衝撃係数を採用すべきかを提案するものである。

2. 数値計算

減衰を無視して、モードを $\sum a_i \sin(i\pi x/l)$ と仮定し、対称5次、逆対称3次までを考慮した。計算に用いた吊橋は本四連絡橋の道路・鉄道併用吊橋として提案されている4つの吊橋のデータである。列車荷重は1軸15tの単一荷重を図1に示す車軸間隔(新幹線実働荷重)として重ね合わせたが、これは等分布荷重の計算結果とほとんど同じであった。

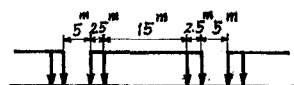


図 1

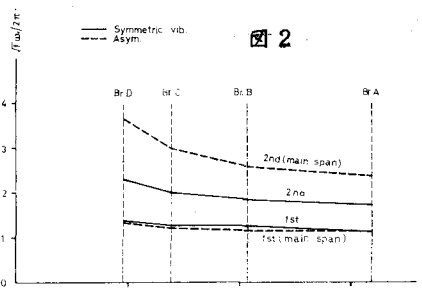


図 2

3. 考察

(a) input data の比較

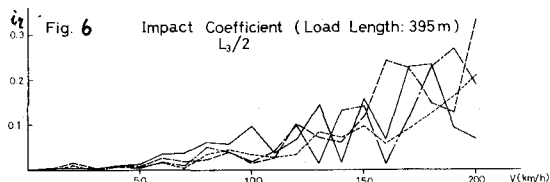
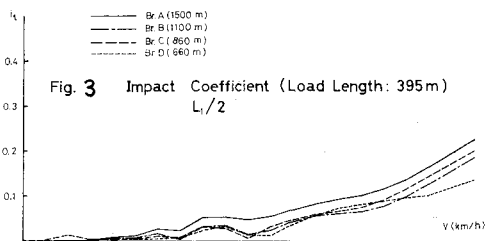
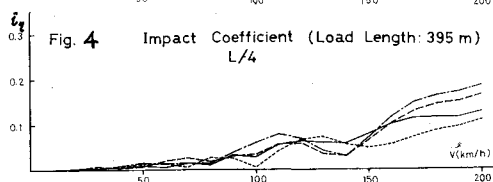
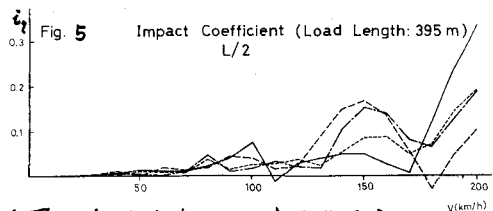
固有円振動数を無次元パラメータ $\lambda (=l\sqrt{Hw/EI})$ に対してプロットしたのが図2で、この図から Br. D (660 m) が他の吊橋より剛性が高く、また図には示していないが、剛性比 I_1/I が一番大きい。

(b) 衝撃係数

ξ 点の衝撃係数 $i(\xi)$ を次式で定義する。

$$i(\xi) = \frac{z_{d,max}(\xi)}{z_{s,max}(\xi)} - 1$$

図3～6は営業荷重長(395 m)の列車走行による i を示したもので、初期振動の影響が現われる $l/2$, $l_3/2$ 点の i が大きいということ以外に

Fig. 6 Impact Coefficient (Load Length: 395 m) $L_3/2$ Fig. 3 Impact Coefficient (Load Length: 395 m) $L/2$ Fig. 4 Impact Coefficient (Load Length: 395 m) $L/4$ Fig. 5 Impact Coefficient (Load Length: 395 m) $L/2$

(図の i はたわみの i である)

は、Br.Dを除くと、各吊橋間で一般的傾向はない。これは荷重長効果と各吊橋固有の効果が含まれているためだと思われる。

(c) 荷重長効果 ($K = \text{荷重長} / \text{スパン長}$)

図7~10はBr.C (860m) に対して荷重長が ℓ にどのように影響するかを示したもので、 K の値が小さい程 ℓ が大きくなることからわかる。従って、荷重長が一定の時にはスパンが大きい程 ℓ は大きくなるはずである。

(d) 各吊橋間の ℓ の比較 (半無限長荷重)

図11は荷重長効果が現われないようにする為に半無限長荷重走行による ℓ を比較したもので、スパンの大きい吊橋 (ℓ の大きい吊橋) の方が ℓ が小さくなる傾向がある。

(e) 理論的衝撃係数 (速度パラメータ表示)

単一荷重に対する $\ell(l/4)$ を理論的に求めると、

$$\ell(l/4) = \frac{1}{1/\alpha - 1} \quad (\alpha: \text{速度パラメータ})$$

ここで、 $1/\alpha = 1/\sqrt{gl^2/8f \cdot \{1 + (2\pi/\rho)^2\}}$ となるので、 $\ell(l/4)$ を小さくするには、地理的制約より ℓ が定まるとすると、 ω (死荷重) を小さく、 EI を大きくすればよい。(詳しい経過は略してある。)

4. 結論

- 吊橋の衝撃係数 ℓ は、 $\ell = \text{func}(\nu, K, \rho)$ の関数で、 ℓ を小さくするには、 ν を小さく、 K を大きく、 ω を小さく、 EI を大きくすればよい。
- 現段階の計算結果によると、設計に用いる ℓ は走行速度が 150 km/h 以下では、主径間で 0.15、側径間で 0.2 をとれば充分であろう。
- 折れ角は上記の速度で約 10 % の増加が予測される。
- 複線の場合には ℓ は低減させるべきであろう。

5. 今後の課題

ℓ は荷重長に大きく依存することがわかったが、これを定量的にとりえる為、 $K-\rho$ 図を導入する必要があると思われる。

