

また、式(1)(2)より、運動方程式として次式が成立する。

$$\ddot{\delta}_j + 2\zeta_{nj}\omega_{nj}\dot{\delta}_j + \omega_{nj}^2\delta_j = \frac{w_j^2}{\omega_j^2} \{ (L_{nr} + iL_{ni}) \int \eta_j^2 d\bar{x} \cdot \delta_j + (L_{vr} + iL_{vi}) \int \eta_j \varphi_j d\bar{x} \cdot P_j \} \quad (5)$$

$$\ddot{P}_j + 2\zeta_{vj}\omega_{vj}\dot{P}_j + \omega_{vj}^2 P_j = \frac{w_j^2}{\omega_j^2} \{ (M_{nr} + iM_{ni}) \int \varphi_j \eta_j d\bar{x} \cdot \delta_j + (M_{vr} + iM_{vi}) \int \varphi_j^2 d\bar{x} \cdot P_j \} \quad (6)$$

この場合、運動方程式(1)(2)における振動モード間の連成項が消去されるため、たわみ振動とねじれ振動が、相互に同次の振動モードに関して、他次の振動モードとの連成を無視して耐風性を検討できることになる。したがって、例えば、最低次の振動として、たわみ対称1次とねじれ逆対称1次が相当するとしても、振動モードが異なるため、この組合せは考慮しなくてもよいことになる。

4. 気流特性が橋軸方向に変化する場合

3次元構造物のフラッター解析において、相互に対応する、たわみとねじれの振動モードだけに着目してよいのは、3章の冒頭に述べた仮定が成立している場合であり、一般的な条件のもとでは、他次の振動モードとの連成を無視することはできない。その例として気流特性が橋軸方向に変化する場合のフラッター振動について考える。対象とする3次元構造物は、スパン $l=100m$ の単径間吊橋で、質量 $m=42.41 kg \cdot s^2/m^2$ 、慣性モーメント $I_x=85.88 kg \cdot s^2$ 、振動数は、たわみ1次 $0.2 Hz$ 、2次 $0.3 Hz$ 、ねじれ1次 $0.4 Hz$ 、2次 $0.6 Hz$ とする。また、断面形は翼形であるとする。この吊橋に、傾斜角 α の風が中央部 $l/4$ を除いて一様に吹きつけるとする(中央部 $l/4$ では無風と仮定する) そのときの $V-S$ 関係を図-1に示す。実線が、振動自由度として、たわみ、ねじれ各2自由度(計4自由度)を考慮した場合で、破線が、たわみ、ねじれ各1自由度(計2自由度)の場合である。図より明らかのように、考慮する振動自由度により、フラッター限界風速は大きく影響を受けている。そこで、高次振動が、有風時 ($\bar{V}=13$) の振動モードに、どの程度、寄与しているか調べたのが、図-2、3である。たわみ、ねじれ各2自由度の場合の固有ベクトルは、図-2に示されているが、ねじれ1次とたわみ2次の連成が卓越して発現していることが、わかる。以上は、2次振動まで考慮した結果であり、今後さらに、高次振動の影響を検討する必要がある。

参考文献 (1) 白石、小川「非線形動的空気力を考慮した吊橋の耐風応答解析に関する一考察」、土木学会論文報告集 第244号

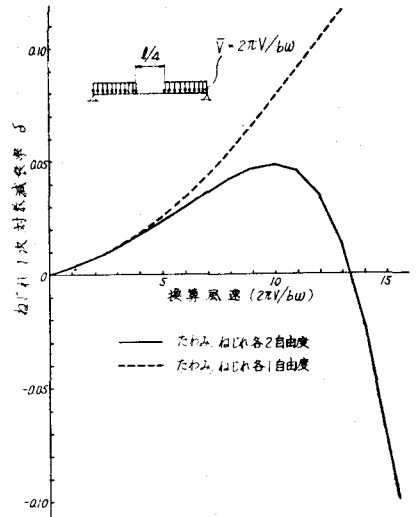


図-1 $\bar{V}-S$ 曲線

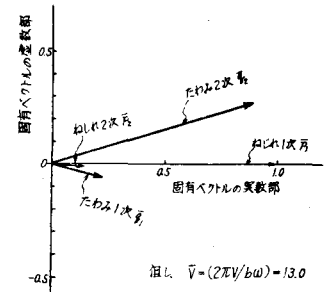


図-2 固有ベクトル
(たわみ、ねじれ各2自由度の場合)

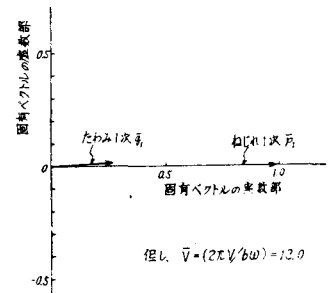


図-3 固有ベクトル
(たわみ、ねじれ各1自由度の場合)