

京都大学大学院 学生員 白土博通

京都大学工学部 正 員 白石成人

京都大学工学部 正 員 松本 勝

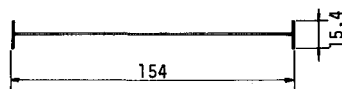
1. まえがき

本研究は、変動気流に起因する揚力ならびにピッチングモーメントについて各種橋梁基本断面に固有な実験的に得られた空力システム関数を時間過渡応答解析に用い、その振動応答特性を考察するとともに気流の非定常性を考慮した場合の時間過渡応答解析手法を述べ、これによる振動応答特性に基礎的考察を加えるものである。

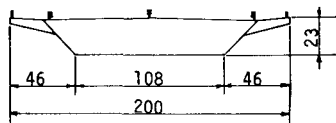
2. 風洞実験

図1に示すH型断面と偏平逆梯形断面を対象に、これらの二次元剛体模型を風洞内にバネ支持し、変動気流を発生させた状態で、主流および鉛直変動風速ならびに鉛直たわみ、ねじれ振動を測定した。

H型断面に対して主流風速を一定に保ち、場合と風洞動翼開度を人工的に変化させて主流風速を変動させた場合の二種類について、また偏平逆梯形断面に対しては前者のみについて実験を行なった。



H Section



Box Girder Section

図 1

3. 時間過渡応答解析

風洞実験より得られた結果をもとに、従来の時間過渡応答解析手法により数値計算を行なった。なお鉛直たわみおよびねじれの連成効果は無視した。H型断面および偏平逆梯形断面の空力インパルス応答関数は別に実験的に求められた空力システム関数の指数関数近似式を用いることにより次式のように表わせる。

$$\left. \begin{aligned} h_u(t) &= 0.39e^{-0.32t} - 0.09e^{-0.24t} \\ h_w(t) &= 5.0e^{-0.6t} + 9.0e^{-t} \\ h_u(t) &= 0.75e^{-0.5t} - 0.13e^{-0.25t} \\ h_w(t) &= 0.2e^{-0.4t} + 0.7e^{-1.14t} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{H型断面} \\ \text{偏平逆梯形断面} \end{array}$$

i) 主流風速一定の場合の数値解析

(鉛直たわみ振動、ねじれ振動)

図2は解析結果の一例であるが、 $t=0$ から最初のある時間幅では $t<0$ の入力の影響が含まれるために、この時刻以降の解析結果を示す。図3に示す応答のパワースペクトルでは空力減衰の影響が大きく反映されており、また両者がこれらの空力減衰特性に及ぼす効果に未だ明らかになっていない点も言われて

いるため減衰定数をパラメトリックに変化させた。

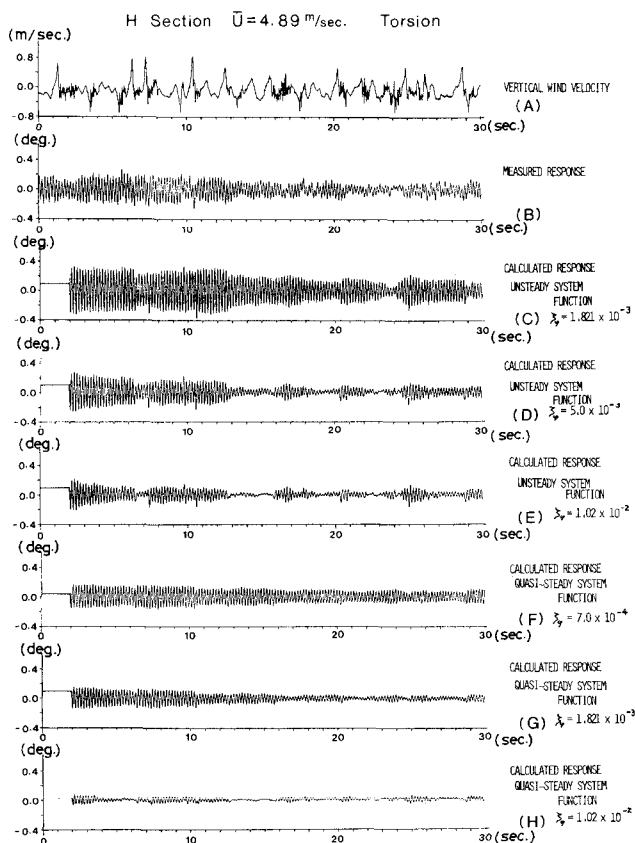


図 2

得られた応答波形の一例を図2(D)および(F)に示す。図4は偏平逆梯形断面の鉛直たわみ振動の解析結果であるが、この断面は準定常性の比較的強い揚力発生機構を有するものと考えられるため、一応 $\omega=0$ より解析された結果を示している。

ii) 主流風速変化の場合の数値解析 (鉛直たわみ振動)

有効評価時間として、空力インディシャル応答関数の値が0.99になるまでに要する時間(T_{e1})と、単位衝撃応答関数の包絡線が $\frac{1}{2}$ に減衰するまでに要する時間(T_{e2})を考えた。図5に解析結果の一例を示すが図中解析手法1に描かれた直線は移動平均をとる関係上解析不可能な区間を表わす。解析手法1は、揚力計算、準定常空力減衰にそれぞれ T_{e1} 、 T_{e2} による主流風速の移動平均を用い、解析手法2は全評価時間内での平均主流風速を用いて解析を行なった。解析手法1に用いた揚力ならびに準定常空力減衰の計算式を以下に示す。

$$L(t) = \rho b \int_{t-T_{e1}}^t \tilde{U}_{Te1}(t) C_F(\alpha(t)) h_U(t-t_1) dt,$$

$$\dot{\delta}_a = \rho b \tilde{U}_{Te2}(t) \frac{dC_F}{d\alpha} / 2m\omega.$$

ただし、 ρ : 空気密度、 b : 半弦長、 m : 単位スパンあたりの質量

ω : 固有円振動数、 $\tilde{U}_{Te1}(t)$ 、 $\tilde{U}_{Te2}(t)$: 主流方向移動平均風速、 $C_F(\alpha(t))$: 静的空気力係数(揚力)。

$\frac{dC_F}{d\alpha}$: 静的空気力係数勾配

$T_{e1} = 0.9 \text{ sec.}$ 、 $T_{e2} = 8.12 \text{ sec.}$

4. おわりに

以上の研究を通じて得られた結果をとりまとめれば次のようである。

- ・ H型断面のねじれ振動については、非定常空力システム関数によるものと準定常空力システム関数によるものとの解析結果に差がみられた。
- ・ H型断面、偏平逆梯形断面の鉛直たわみ振動については、非定常空力システム関数、準定常空力システム関数による解析結果に大きな差は認められなかった。
- ・ 主流方向風速が大きく変化する非定常流での振動応答では風速の平均時間により、得られる応答特性に差がみられた。

風洞実験ならびに数値解析にあたり、御協力いただいた、大阪府 小川善治氏ならびに広島県 岡淳一氏に対し、深く感謝の意を表する。

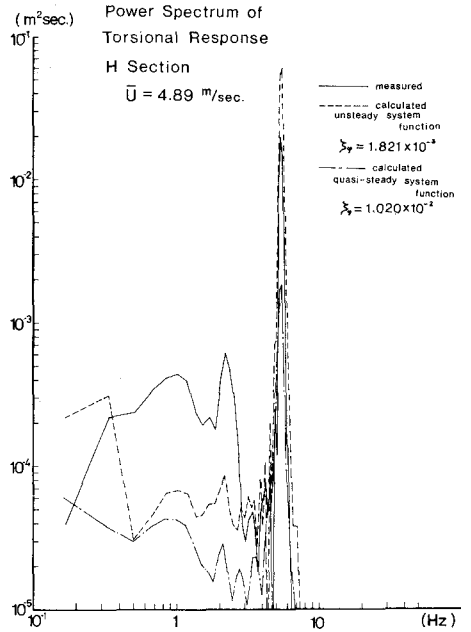


図 3

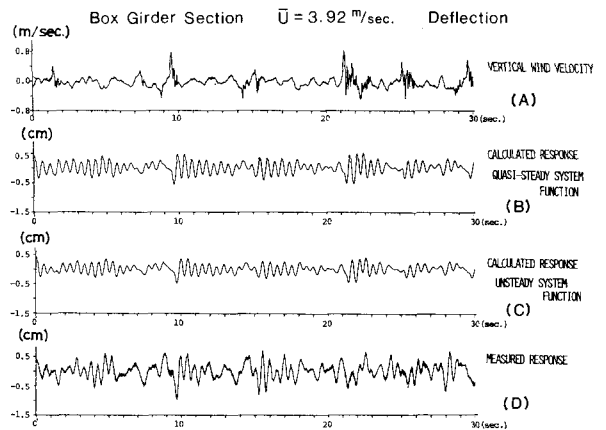


図 4

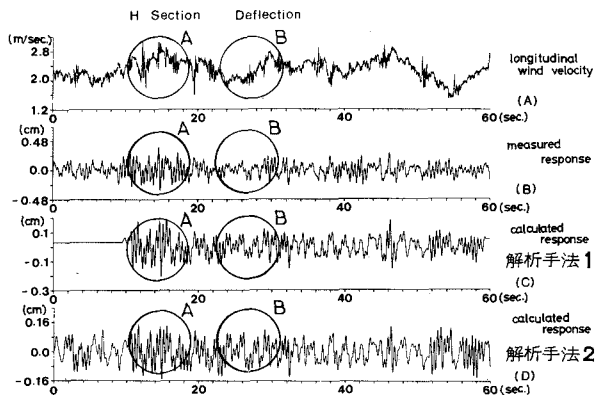


図 5