

九州大学 正員 吉村 虎蔵
九州大学 正員 安藤 司
九州大学 学生員 吉村 健
九州大学 学生員 江村 康博

① ま え が き

近年 構造物の長大化、可撓性の増大、構造材料の軽量化、構造減衰の低下などにより従来の剛性の大きい構造物では問題にならなかつた。たゞ風に対する構造物の振動が取り上げられるようになった。本邦においても、いくつかのアーチ系橋梁の吊材が風による振動のためにガセットの溶接部に疲労破壊を生じたという報告がなされている。なかでもH型断面は橋梁の吊材として従来広く使用されているが、これまでH型断面の吊材に対しては曲げの渦励振が最も危険でありそれに注目していたが、台風時にトラスランガー橋のH型吊材が揺れ振動を起こしているのを観測し、その後の実験においても高风速域まで続くフラッターのあることが確認されている⁽²⁾。箱型断面の四面に孔をあける防振策も提案されているが⁽¹⁾、ここではH型断面吊材の防振の一法を検討した結果を報告する。一般に、構造物のフラッター防止の方法として次の三案が考えられよう。

- (1) 剛性をまし、発振风速を高くする。(2) 構造物の形状を流体力学的に改良し、*aerodynamic excitation* を受けないようにする。(3) 構造減衰をます。

揺れ振動に対してはH型吊材の上下両端にサイドプレートを取りつけて箱型断面にし、剛性をまして発振风速を上げる方法を、また曲げ振動に対してはH型断面のウェブに孔をあけ *aerodynamic excitation* を受けないようにする方法を提案したい。以下 防振の可能性を揺れ振動に関しては解析によって、曲げ振動に関しては二次元模型を用いた風洞実験によって検討した。

② 揺れ振動

揺れを解析するには単純ねじり理論と曲げねじり理論とがあるが、実橋の観測結果から曲げねじり理論の方がよく一致するので本論文では曲げねじり理論で解析を行う。

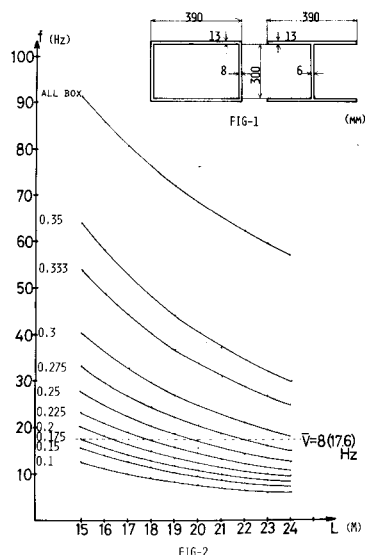
端部の箱型断面部の部材全長に対する割合 α をパラメーターにとってその割合を変化させた時の吊材のねじれの固有振動数を集中マス法で求めた。本論文で取扱った解析モデルの断面の諸元をFIG-1に示す。

部材長を15m~24mに、パラメーター α を0.1~0.35に変化させた時の各々の揺れ振動数をFIG-2のグラフに示す。

実风速と振動数の間には次の関係が成立する。 $\bar{V} = \frac{V}{fB}$
 $\bar{V}$: 無次元风速, V : 実风速, f : 振動数, B : 代表長。

ここで、 $\bar{V}=8$, $V=55\text{ m/sec}$, $B=0.39\text{ m}$ とれば $f=17.6\text{ Hz}$ となりこの振動数以上であれば揺れ振動は起こさないから、FIG-2からその割合を読みとればよいことになる。例えば部材長が20mの時には約0.25となる。上下両端に5mのサイドプレートを取りつければよいことになる。

また、箱型断面のサイドプレート厚を8mmから13mmに増した場合やH型断面に孔をあけた場合としてウェブ厚を無視した場合も検討したが、振動数はあまり変化しなかった。



③ 曲げ振動

本実験で使用した風洞は九州大学応用力学研究所所属小型風洞であり、測定部は縦×横×長＝3m×0.7m×2mで、風速の測定はゲッチェンマンメーターで行なう。模型はFIG-3に示すように1:1の断面比の二次元剛体模型である。模型の両端には二次元的な流れを得るために直径40mmの端板をとりつけた、H型断面のウエブに50×100mmの矩形孔を100mmピッチで配したものをMODEL-1とし、次に矩形孔を大きくしタイアラート型にしたものをMODEL-2とした。迎角の設定は風向きとフランジとが直角である時を迎角 $\alpha=0^\circ$ とした。また模型の運動は流れに直交方向に運動する。本実験での空気力は自由振動法により求めた。二次元構造物の単位幅あたりの付加揚力を $F(y)$ とする。 $F(y)$ を次式のように分解する。

$$F(y) = H_a y + K_a \dot{y}$$

y , H_a , K_a を無次元化すると次式のようになる。

$$\eta = \frac{y}{B}, h_a = \frac{H_a}{\rho f^2 B^2} = \frac{4\pi^2 m}{\rho B^2} \left(1 - \frac{f_0}{f}\right), k_a = \frac{K_a}{\rho f^2 B^2} = \frac{2m}{\rho B^2} \delta_a \quad (\delta_a = \delta - \delta_0)$$

m は単位幅あたりの構造物の質量、 f_0 は固有振動数、 δ は流れにおける系の対数減衰率、 δ_0 は静止空気中の系の対数減衰率。

振動振幅 $\eta=0.05$ にしてその時の空気力を求めた。

MODEL-1の $\alpha=0^\circ$ の時の無次元風速と空気力の関係をFIG-4に、振動振幅の関係をFIG-5に示す。なお他の実験結果については当日示す予定である。MODEL-1の迎角 $\alpha=90^\circ$ では $\bar{V}=11$ 付近で空気力は $k_a=-75$ でかなり小さくなる。ているが、 $\alpha=0^\circ$ では $\bar{V}=7\sim 8$ で空気力は $k_a=-40$ 近くになりウエブに孔をあけてもまだ空気力は大きい。高風速域ではともにギャロピングが発生している。次にMODEL-1の矩形孔を大きくしてタイアラート型にしたMODEL-2に関しては $\alpha=90^\circ$ では全風速域で正減衰となり安定であり、 $\alpha=0^\circ$ についても $\bar{V}=7$ 付近で $k_a=-35$ くらいとなり、MODEL-1の場合の半以下になって良好であるが、迎角を増して $\alpha=10^\circ$ では $k_a=-20$ 以上になっている。 $\alpha=20^\circ$ では $k_a=-20$ くらいになりかなり大きくなっている。このようにウエブの孔を大きくしたタイアラート型にしても迎角が 20° 付近になると空気力が大きくなるのは、渦による圧力をフランジで受けるようになるためだと思われる。

④ 結語 および 謝辞

換気振動に関しては数値解析によって上下両端の箱型断面の割合を求めた。それによれば箱型断面部のモードは微小であるので箱型断面部はほぼ固定端と考えてよく、H型断面部の長さによって振動数が規定される。

曲げ振動に関しては風洞実験より空気力を求めたが、ウエブに孔をあけると孔をあけない場合に比べて空気力は小さくなるが迎角が 20° 付近になるとかなり大きくなって防振効果が得られないが このモデルについては構造の対数減衰率 $\delta=0.04\sim 0.05$ であれば全風速域で正減衰となり防振効果が期待できるものと思われる。

最後に、この研究にあたり九州大学応用力学研究所の中村泰治教授にはいろいろ有益な御助言を賜わったことをしるし、謝意を表したい。

参考文献

- (1) 中村、吉村；橋梁部材の耐風安定性について 第28回年次学術講演 概要集 201
- (2) 吉村、吉村、水田；H型断面橋梁部材の風による振動の観測と風洞実験 第28回年次学術講演 概要集 195

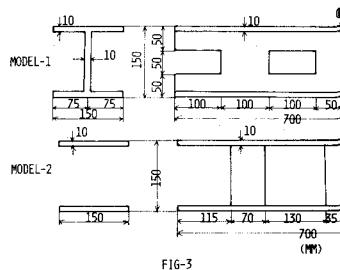


FIG-3

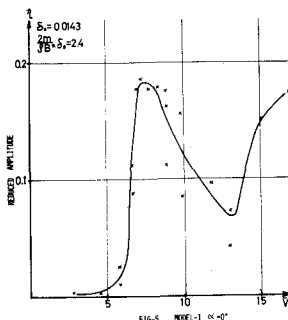
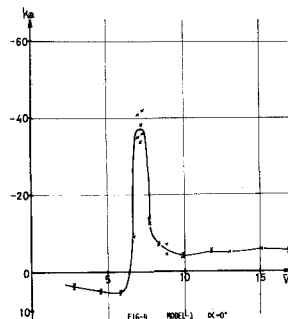


FIG-5 MODEL-1 $\alpha=0^\circ$