

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 江村 康博

① ま え が き

最近、構造物の長大化、構造材料の軽量化に伴ない従来の剛性の大きい構造物では問題になうなか、た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。いくつかのアーチ系橋梁の吊材が風による振動のため、ガセットの溶接部に疲労破壊が生じたという報告がなされている。橋梁の吊材としてH型断面は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、台風時にランゲル橋のH型吊材の揺れフラッターを観測し、その後の実験においても揺れフラッターの存在が確かめられた⁽²⁾。そこでこの論文では、細長いH型吊材の耐風安定性に関する一提案を試みたい。

② 耐 風 対 策

橋梁吊材の耐風策として、断面を箱型にしてその両面に矩形穴を明けると穴列を持たないものに比べ、曲げ、揺れいずれのモードに対しても耐風性が向上すると、貴重な報告がなされているが⁽¹⁾、既存のH型吊材を有する橋梁にこれを適用することは困難が伴うと思われる。実橋のH型吊材の補修策として次の三案が考えよう。

(1) 発振風速を高くする。

(2) 部材の形状(例えば、孔を明けたり、突起をつけたり)を変えフローパターンを変えることにより風のかを変化させる。

(3) 構造減衰を大きくする。

ここでは、(1)、(2)を結合した耐風案を発表する。

H型吊材の断面比が $b=0.83$ では、ウェブに孔を開けない場合、曲げ振動は無次元風速 $\bar{V} \approx 8$ で、迎角 $\alpha=0^\circ$ と 90° 付近で渦励振をうけ、揺れフラッターは $\bar{V} \approx 8$ で、 $\alpha=75^\circ \sim 80^\circ$ の狭い範囲で生じる。次に同じ断面比でウェブに孔を開けた場合は、曲げの渦励振は迎角の全域においてほとんど消失する。揺れフラッターは $\alpha=75^\circ \sim 78^\circ$ と $\alpha=26^\circ \sim 36^\circ$ と二つのフラッター域があることが実験的に確かめられ報告されている⁽²⁾。

以上のことから、既存のH型吊材の耐風策として揺れ振動に対しては吊材の上下の部分で箱型断面にして、吊材のねじれ剛性を大きくしねじれ振動数を高くし、発振風速を高くしようとするものである。曲げ振動に対しては中央部のH型のウェブに矩形穴を設けて曲げの渦励振を防ごうとするものである。箱型断面の全体に対する割合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求め、その中で安全かつ経済的な最小の値をみつけた。以下その解析方法とその数値計算の結果を示す。

③ 解 析 方 法

実風速と構造物の固有振動数の間には次のような関係が成立する。

$$\bar{V} = \frac{V}{fB} \quad \bar{V}: \text{無次元風速}, V: \text{実風速}, f: \text{構造物の固有振動数}, B: \text{代表長}$$

実験によれば $\bar{V} = 8 \sim 10$ で揺れの渦励振、揺れフラッターが生じるので、 V 、 B が与えられれば固有振動数がわかり、その限界の振動数以上になるような箱型断面の割合を求めればよい。揺れを解析するには、単純ねじり理論と断面のそりを考慮した曲げねじり理論とがあるが、本論文では曲げねじり理論で解析を行った。

箱型断面の吊材全体に対する割合を α とし、箱型断面をM等分、H型断面をN等分してそれぞれの1部材の剛性マトリックスを作成し、それを全体の剛性マトリックスに重ね合わせて両端固定という境界条件を入れて逆マトリックスすなわち撓性マトリックスを求めた。その中からねじれ再の項だけを抜き出してねじれ再の影響線マト

リッスを作成した。それから各節度に集中マスを作用させて自由振動の方程式をつくった。

$$FM\ddot{X} + X = 0$$

$$X = \phi \sin \omega t \text{ において}$$

$$(FM - \lambda I)\phi = 0 \quad \frac{1}{\omega^2} = 2$$

FM は対称であるとはかぎらないので次式のように一般化変形する。

$$(M^{\frac{1}{2}}FM^{\frac{1}{2}} - \lambda I)M^{\frac{1}{2}}\phi = 0$$

上式のオ1項は対称行列で、振動数方程式は次式となる。

$$\det | M^{\frac{1}{2}}FM^{\frac{1}{2}} - \lambda I | = 0$$

上式にヤコビ法を適用し、固有値を求め振動数を求めた。このとき固有ベクトル $M^{\frac{1}{2}}\phi$ が求まるが、 $M^{\frac{1}{2}}$ を左よりかけて ϕ を求めることができる。

4 計算例

H型断面と箱型断面の諸元をFig-1に示す。

吊材の長さを15mから24mまで1m毎に、箱型断面の全体に対する割合を0.1から0.333まで変化させて各々の振動数を求めた。それをFig-2に示す。

$\bar{V} = 8$, $V = 55 \text{ m/sec}$, $B = 0.39 \text{ m}$ にとれば $f = 17.6 \text{ Hz}$ となりこの振動数以上になる割合をFig-2から求めると20mでは約0.25となる。このときの振動モードをFig-3に示す。

次に、箱型断面部の側板厚を8mmから13mmに増して振動数を求めてみたが、さほど振動数の増加は望めなかった。H型断面部に孔をあけた場合として、ウェブ厚を無視して振動数を求めたが、あまり変化しなかった。また、曲げ剛性の面から曲げ振動に対して検討したが、上下端を箱型断面にしても曲げ振動数の増加はほとんどのぞめないで、曲げ振動に対してはH型のウェブに孔をあける方法がよいと思われる。

5 わすび

曲げに対しては腹板に孔をあけ、捻れ振動に対しては上下端を箱型断面にすることによって、防振の可能性を解析によって検討した。Fig-3に示す捻れ振動のモードからわかるように、箱型断面部のモードは微小である。ここで取扱、本モデルでは各長さに対するH型断面部の長さは約10mである。すなわちH型部が10m位になるように箱型断面部を設けるか、あるいは10m以下のH型吊材では発振の可能性がないように思われるが、なお実験によって確かめたいと考えている。

参考文献

- (1) 中村, 吉村; 橋梁吊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
- (3) 川井 忠彦著; トリックス法振動および応答 培風館

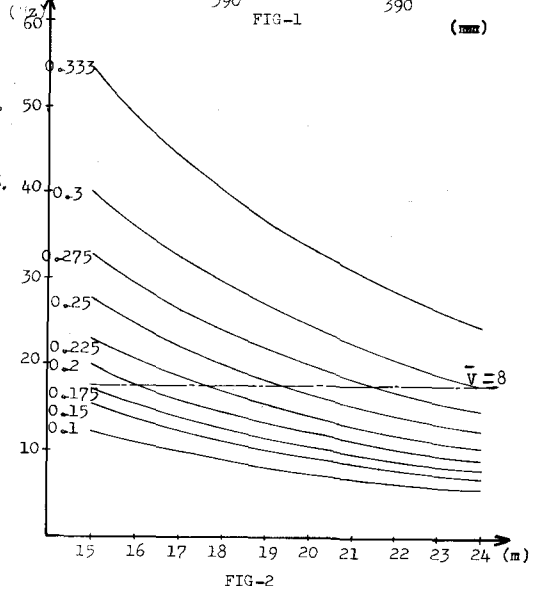
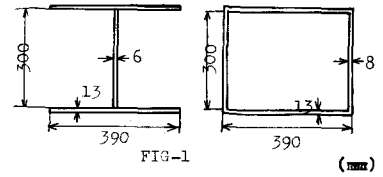


FIG-3 $\alpha = 0.25$ の曲げ振動モード