

九州工業大学 学生員 ○重広正治
 “ “ 島田嘉顕
 “ “ 正員 久保喜延
 “ “ 加藤九州男

まえがき

風の中に置かれた可撓性に富む構造物は、一般に風によって振動を誘起され易い。しかしながら、これらの構造物もその断面形状の違いにより振動発生の様相が異なる。橋梁に対して、最近行なわれている制振対策には、斜張橋におけるフラップやフェアリング、吊橋補剛桁における中央柵などがあるが、いずれも力学的に決定された断面を更に流体力学的に安定な断面にすべく種々の形状をした付属物を取り付けたものである。本報では、吊橋に上記のような付属物を取り付けることなく、トラス形状を変更することにより耐風制振効果を上げることができるとのではないかとこの観点に立ち、今までほとんど検討されたことのない、吊橋のトラス補剛桁における主橋幅の変更によって、耐風特性がどのように変化するかを検討し、若干の考察を述べる。

実験および結果

本実験は、南備讃瀬戸大橋の設計案として出されている主橋幅32m、高さ13mの補剛トラスを有する吊橋を対象とし、実験に使用された模型は、断面が $1/100$ 縮尺の2次元部分模型である。なお、この部分模型は、主橋幅の影響を見るために、その主橋幅32cmを30cmに変更できるようにしている。実験の諸元は、系の振り固有振動数3.22Hz系の極慣性モーメント $15428\text{ cm}^2\text{ sec}^2$ 、模型長 1060 mm 、模型重量 2360 g であり、実験は $1070 \times 1500\text{ mm}$ の矩形断面測定部を有する風洞で実施した。

主橋幅の異なるトラス補剛桁の上流側主橋におけるはく離流が高欄や地覆部分にどのような影響を与えるかを検討するために次の3つのタイプに分類し、各タイプについて迎角をつけて実験を行なった。

- ①高欄および地覆を閉塞しない原型(T-O)
- ②T-Oのグレーチングを閉塞する(T-C)
- ③T-Cの地覆を閉塞する(T-H)

実験は、設定迎角 α° 、模型の断面のセンターを固定し、振り1自由度のもとで初期振幅を与え、各風速毎(0~12m/secまで0.5m/sec刻み)にフラッター特性の観測を行なった。

上記の方法によって得られる無風時の構造減衰は、各タイプ毎、主橋幅毎に異なったため、次式(*)の成立を仮定して空力ダンピングを用いて結果を表示した。

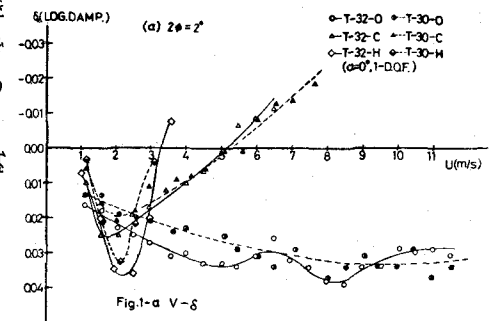


Fig.1-a V-δ

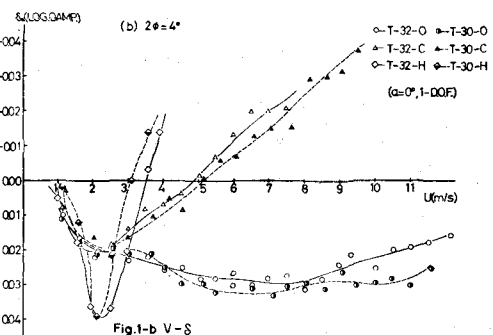


Fig.1-b V-δ

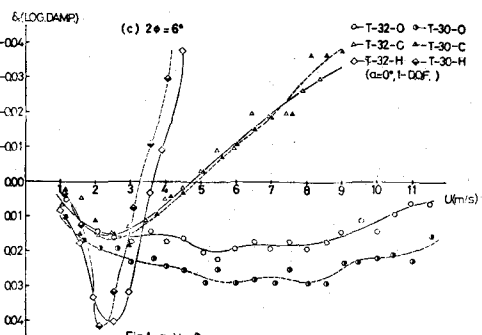


Fig.1-c V-δ

構造減衰率を ζ_s 、構造物の固有円振動数を ω_0 、ま 2θ (deg.)
た空気力の実部 F_R 、虚部を F_I とすれば、無次元化
した場合の系の運動方程式は次式で表現できる。

$$\ddot{x} + 2\zeta_s \omega_0 \dot{x} + \omega_0^2 x = F_s \dot{x} + F_R x \quad \cdots (*)$$

これより

$$\ddot{x} + 2(\zeta_s - F_I/\omega_0) \omega_0 \dot{x} + (1 - F_R/\omega_0^2) \omega_0^2 x = 0 \quad \cdots (**)$$

(**)の解は

$$x = x_0 e^{-(\zeta_s - F_I/\omega_0) \omega_0 t} \sin \omega_0 t$$

送風時における系の対数減衰率を δ_{sta} とかけば、

$$\delta_{sta} = 2\pi (\zeta_s - F_I/\omega_0)$$

ゆえに、過渡応答時の空力ダンピングは、

$$\delta_a = \delta_{sta} - \delta_s = -\pi F_I/\omega_0$$

で与えられる。また、定常振動においては、主構幅30cmか32cm(以後単に主構幅30, 32と記す)のいずれか小さい方の構造減衰率に一致するように、減衰率の線形性を仮定して双方の差異の分だけ定常振幅の補正を行なった。

Fig.1の(a)~(c)は、迎角 $\alpha=0^\circ$ における倍振幅 $2^\circ, 4^\circ, 6^\circ$ に対する $V-\delta$ 曲線で、縦軸は前述の δ_a であり、横軸は風速である。図に示されているように、T-O, C, Hにおいて主構幅の影響はわずかなからあらわれている。T-Hを除けば傾向として主構幅30の方が、耐風安定性が良いようである。T-Hにおいては、他の2つのタイプと異なる結果を得たが、これは高欄とグレーチングを閉塞することにより、上流側主構におけるはく離流の挙動が変化したために空力特性が逆転したものと思われる。またFig.2は $V-A$ 曲線で、縦軸は倍振幅(度)横軸は風速を示している。図中の右側(T-C)の主構幅30を示す破線は構造減衰の補正を行なっていないものであり、太い点鎖線はそれを主構幅32の構造減衰に対して補正を行なったものである。左側のT-Hも同様に、実線が補正を行なっていないものを、太線がそれを主構幅30の構造減衰に対して補正を行なったものである。T-HはFig.1で考察したものとはほぼ同一の傾向を示しているが、T-Cの場合、風速が定常振幅を発生させる領域に入ると主構幅の差による影響が顕著となることがわかる。

あとがき

T-Oについて、上述の迎角 $\alpha=0^\circ$ の観測結果をみると、実験に使われた風速域では定常振動は発生していないが、正の迎角をつけた場合(当日発表する)のT-Oは迎角 $\alpha=2^\circ$ で7~8 m/sの風速から定常振動域となる。この発振風速は主構幅32と30とでは明確な差があり、風洞実験において発振風速を1 m/s前後の差があっても、この断面においては実風速が10 m/s前後の差となるわけであるから、より好ましい主構幅を選ぶことにより、耐風特性を良くすることは、安全性、経済性という工学的観点も検討すべき重要な点となり得る。また、このような主構幅の違いによる応答特性の差について議論する場合、流体力学視点からそのメカニズムを知る必要があるとなる。このことについてはスモークワイヤ法等の流れの可視化により、主構幅からのはく離流を追跡することによって可能となると考えている。次にT-C, T-Hについてみると、定常振動は高欄を閉塞するか否かによって主構幅32と30とでは、風速に対する応答特性は全く逆の傾向を示している。このことは単に主構幅の差によるものではなく、高欄および地覆との相対的位置関係によるものであることを示しており、これらについて更に検討することとしている。

本研究は、文部省の科学研究費にもつづくものであり、東京大学工学部伊藤学教授、宮田利雄助教授からの助言に負うところが大きい。ここに深甚の謝意を表す。

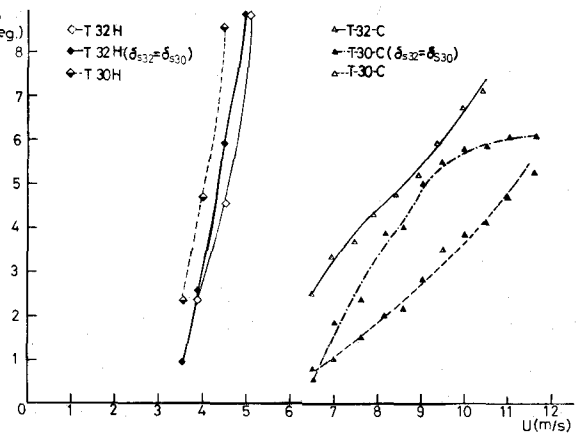


Fig.2 V-A