

トラス断面の空力特性に関する2・3の考察

京都大学工学部 正員 小西一郎
建設省 正員 ○谷口栄一
京都大学大学院 学生員 荻山弘文

京都大学工学部 正員 白石成人
京都大学大学院 学生員 小島治久

1. まえがき

長大吊橋補剛桁としてトラス断面がしばしば用いられるが、その空力特性(耐風特性)に関しては不明な点が数多く残されている。その中でも、ねじれ1自由度の不安定振動であるストールフラッターについては、重要な問題であるにもかかわらずほとんど解明されていないのが現状である。本研究においてはトラス断面のストールフラッターについての風洞実験結果を示し、準定常空力理論と比較検討を行ない若干の考察を加える。

2. ストールフラッターにおける振動諸特性の影響について

風洞実験に用いた二次元模型の断面を図1に示す。模型Bは模型Aの床版に地覆・高欄に相当する突起物(高さ1.5 cm)を取り付けたものである。模型A, Bともに長さは93 cm, 単位長さ当りの質量は1.61 kg・sec²/m², 質量慣性モーメントは0.0247 kg・sec²・m/mである。図2に模型A, Bの静的ピッチングモーメント係数 C_M と迎え角 α の関係を示す。図より知られるように模型Bの C_M 曲線は迎え角が約-7°から約1°の範囲において負の勾配を有しているが、模型Aの C_M 曲線は迎え角が-20°から

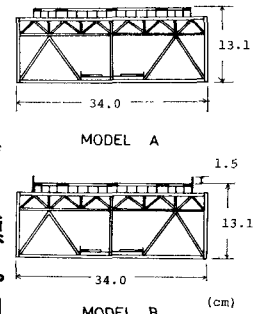


FIG.1 CROSS SECTION

20°の範囲において全て正勾配である。模型A, Bについてフラッター実験を行なってみると、模型Aにおいては、たわみ・ねじれ間に位相差(約35°~65°)が存在する連成フラッターが見られたが、模型Bにおいてはストールフラッターが生じねじれ振動が卓越し、たわみ・ねじれ間の位相差はほとんど0°であった。模型Bのフラッター実験においては、迎え角を-10°から10°まで2°毎に変化させたが、フラッターの発生したのは-6°, -4°, -2°, 0°の場合のみであり、これは C_M 曲線の負勾配の範囲と一致しており、この模型の断面についてはNegative Slope Theory が成立するものと考えられる。また模型Bにおいても、たわみ・ねじれの固有振動数比 f_p/f_n が1に近くなると、たわみ・ねじれ間に位相差が見られ、この場合にはストールフラッターと連成フラッターの中間的なフラッターが生じているものと考えられる。図3は模型Bについてのス

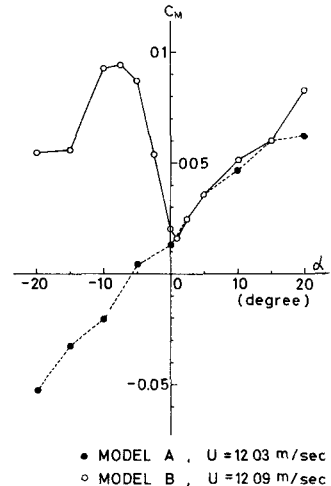
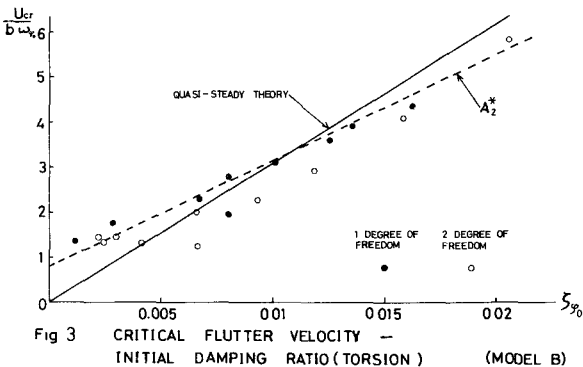


Fig 2 C_M —ANGLE OF ATTACK

ストールフラッターの限界風速(零振幅風速)とねじれ振動の初期減衰比 ζ_p の関係を示している。図より知られるように、限界風速と ζ_p の関係はほぼ直線で近似することができ

る。2自由度系の限界風速(図中の白丸印)は、ねじれ1自由度系(図中の黒丸印)の限界風速より低くなっており、連成空気力が模型に対して不安定化の効果を有しているものと考えられる。また図中の実線は準定常空気力理論より求められる限界風速を示しているが、換算風速が約3以上において実験値と比較的よく一致している。



3. 非定常空気力

ねじれ1自由度の振動方程式を

$$\ddot{\varphi} + 2\zeta_{\varphi}\omega_{\varphi}\dot{\varphi} + \omega_{\varphi}^2\varphi = A_2\dot{\varphi} + A_3\varphi$$

と表わした場合の非定常空気力係数 A_2 , A_3 を風洞実験より求めた。模型Bについての無次元化された値 A_2^* , A_3^* を図4, 図5に示す。 A_2^* の値は振動振幅によって変化しており、空

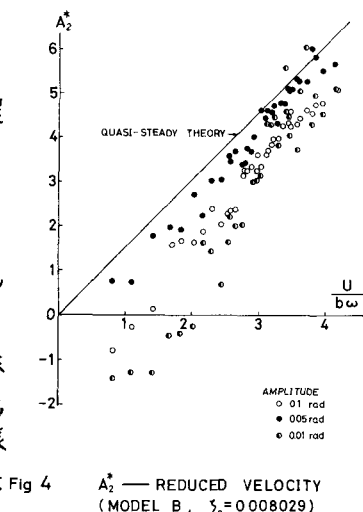


Fig 4 A_2^* — REDUCED VELOCITY (MODEL B, $\zeta_0 = 0.008029$)

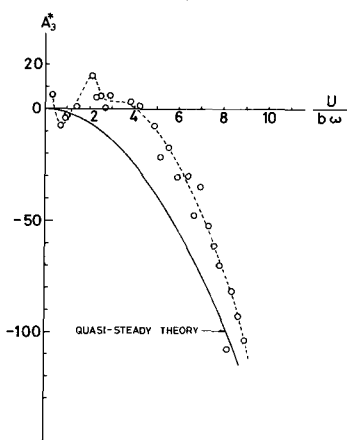


Fig 5 A_3^* — REDUCED VELOCITY (MODEL B, $\zeta_0 = 0.008571$)

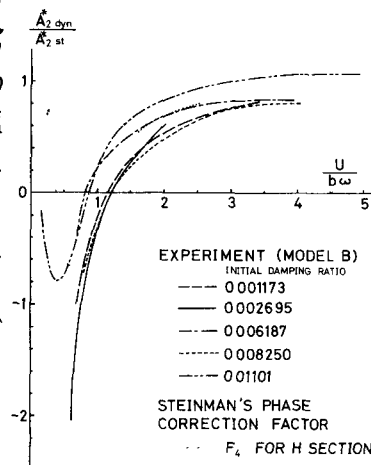


Fig 6 DYNAMIC CORRECTION FACTOR

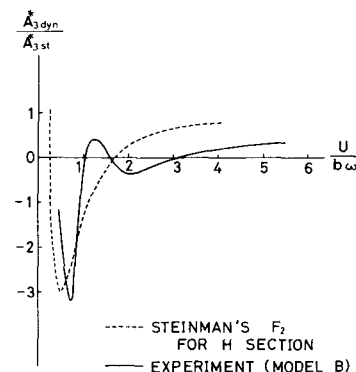


Fig 7 DYNAMIC CORRECTION FACTOR

がH型断面に対して、流れと空気力の間の位相差を考慮して

1) D.B. Steinman, "Aerodynamic Theory of Bridge Oscillations," Trans. A.S.C.E., Vol.115, 1950

4. 流れの遅れについて

ストールフラッターにおける流れの遅れについて調べるために、振動している断面(模型B)より生ずる剥離流中の変動風速を図8の各点において熱線風速計

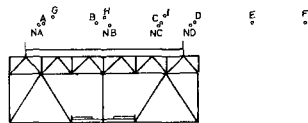


FIG.8 REFERENCE POINT

を用いて測定した。図9に実験より得られた模型の応答と剥離流中の変動風速(主流方向)の位相差 ϕ を示す。 ϕ の値は換算風速の増大とともに減少する傾向が見られる。図10は模型前縁からの距離と ϕ の関係を表わしており、 ϕ の値は前縁からの距離に比例して直線的に増大している。(なお図中の $\diamond$, $\bullet$ 印は前縁からその点に主流風速で到達するのに要する時間に相当する位相差を引いた値を示す。)このようにコード方向に流れの遅れが存在してい

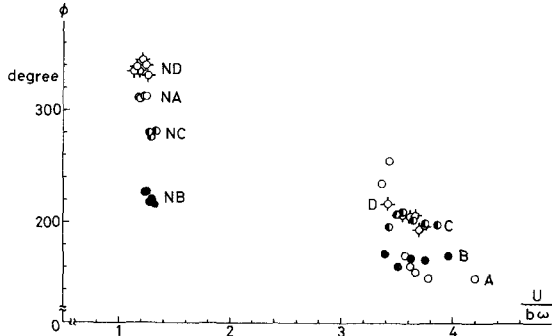


Fig 9

PHASE ANGLE BETWEEN TORSIONAL OSCILLATION AND LONGITUDINAL WIND FLUCTUATION IN WAKE

ることが、断面が振動している場合に非定常空気が作用する原因となっているものと考えられる。図11は模型のねじれ変位(上段)と点A(図8参照)における変動風速の主流方向成分 u (中段)、鉛直方向成分(下段)を示している。図より知られるように、模型が頭上げの状態から頭下げの状態に移る過程においては u , v の変化はゆるやかであるが、頭下げから頭上げに移る過程においては u , v は急激に加速されている。しかも u , v のピークは模型の頭上げのピークよりも位相が約45°早く現われている。すなわち、ねじれ角の増大する過程と減少する過程において流れの剥離の状態が異なり、このことによって断面に作用する空力モーメントと断面のねじれ角の間に位相差が生

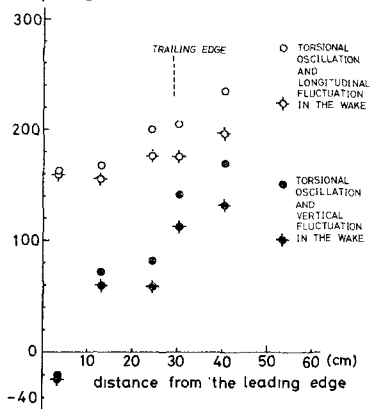


Fig 10

PHASE ANGLE — DISTANCE FROM THE LEADING EDGE ($U/bw = 3.60$, $U = 7.88$ m/sec)

じ、1サイクル毎にエネルギーが蓄積されてストールフラッターが発生するものと考えられる。

最後に、本研究を進めるにあたり多大の御協力をい

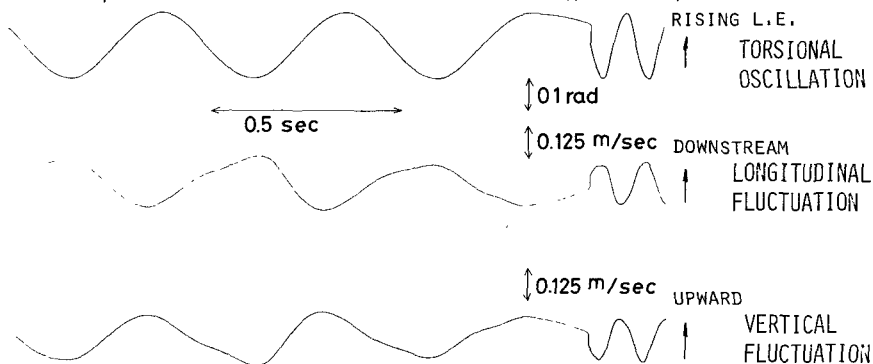


FIG.11 RECORDS OF OSCILLATION ($U=7.97$ m/sec, $U/bw=3.66$)

工学部松本勝講師をはじめとする橋梁研究室の諸氏に深く感謝の意を表します。