

日本鋼管株式会社 正員 辻 松雄
同 上 正員 藤澤 伸光
同 上 正員 武田 勝昭

まえがき 吊橋断面を単純化した平板状構造物の耐風性については、これまでにも多くの研究があるが、その多くは応答または空気力に関するもので、表面の圧力分布、特に振動中に作用する非定常圧力について扱った例は極めて少ない。非流線形断面のフラッターの機構が完全には解明されていない現状では、断面形とその空力特性を対応づける資料として、圧力分布に関する情報は重要であるように思われる。本研究では、断面比3%の平板模型およびこれに2%高の地覆を設けた場合について圧力分布を測定し、フラッターとの関係について考察を加えた。

実験方法 図1に示した模型の片面に計22個の圧力孔を設け、静止模型に作用する定常圧力と平均迎角0°で強制振動中の模型に作用する非定常圧力を測定した。測定結果は動圧を用いて無次元化し、さらに非定常圧力については非定常空気力と同様に実部と虚部に分けた後、上下面の圧力差を求め、(上向き正)これを圧力係数として表示した。また定常圧力の測定結果から準定常値を求め、測定値と比較した。たわみ振動時の準定常圧力は周知の空気力の場合と同様にして求めた。ねじれ振動時の準定常圧力は、角速度の影響を無視し、併進速度 $\dot{x}$ (x は回転中心からの距離)によって有効迎角を生じると考えて導いた。なお、実験によれば、迎角と定常圧力の関係にはかなりの非線型性が認められたので、定常圧力係数 C_{ps} を迎角 α の3次式 $C_{ps}(\alpha) = \mu_1 \alpha^3 + \mu_2 \alpha^2 + \mu_3 \alpha + \mu_4$ で近似し、これより計算される変動圧力の基本成分をもって準定常圧力とした。結果だけ示すと、4個の圧力係数は

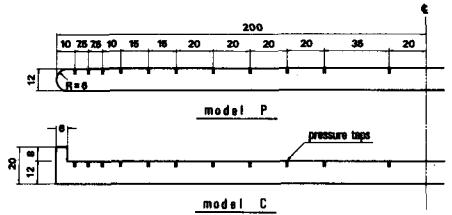


図1 模型断面と圧力孔の配置

$$C_{pR,R} = \frac{3}{2} \mu_1 \rho_a^2 (R^2 \zeta^2 + 1) + \mu_3 \quad C_{pR,I} = -\left\{ \frac{3}{2} \mu_1 \rho_a^2 \left(\frac{1}{2} R^2 \zeta^2 + 1 \right) + \mu_3 \right\} \frac{B \zeta}{V}$$

$$C_{pL,R} = 0 \quad C_{pL,I} = -\left(\frac{3}{4} \mu_1 \rho_a^2 R^2 + \mu_3 \right) \frac{B}{V}$$

ここに $R = \frac{B \omega}{V}$, $\zeta = \frac{x}{B}$, ρ_a , ρ_a はそれぞれねじれおよびたわみ振動の振幅、 $2B$ は弦長である。

定常圧力 図2は平板模型の定常圧力である。前縁近くで若干剥離していると思われる、また模型不整による変動が幾分認められるものの、全体的には流れはほぼ表面に沿っているものと想像される。ちなみに、測定値から揚力中心を計算した結果は前縁から24.4%であった。一方、地覆がある場合、(図3) 流れが上流端で剥離するため大きな負圧を示す。この負圧は $\approx 0.5 \sim 0$ でほぼ0まで回復しており、ここで再付着していると考えられる。再付着点は迎角によってかなり移動するので、迎角変化に伴う定常圧力変化はこの部分で最大と

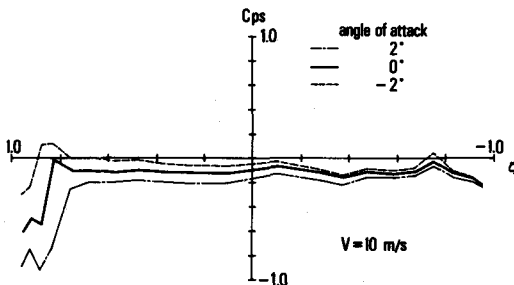


図2 定常圧力分布 (model P)

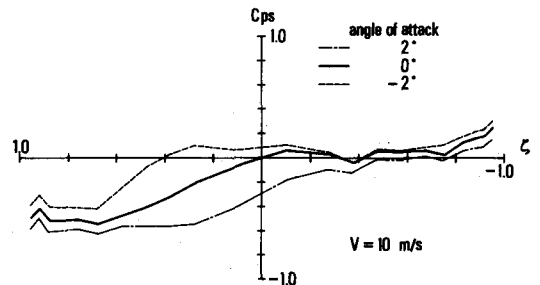


図3 定常圧力分布 (model C)

なる。図は省くが、下面でも再付着点が上流へ寄ること、下流端の圧力上昇がないことを除いて、ほぼ同様な分布が得られた。迎角を正の方向へ変化させた場合、上下面の圧力差は断面全体において増加し、ギャロッピングの発生する断面に見られるような圧力の負勾配傾向は全く認められない。

非定常圧力 図4.5はねじれ振動時の平板模型の非定常圧力の実部および虚部である。平板に対しては周知の非定常翼理論があるが、ここでは地層を設けた場合と比較するための準定常値を示した。測定値と準定常値は、 $V_R (=V/2NB)$ が大きい場合は比較的良好に一致しており、特に実部は定量的にも極めて良く一致する。しかし虚部ではかなりの差が認められ、特に V_R の小さい場合に一致しない。この模型はバネ支持実験で、ねじれ自由度ではフラッターを生じないことが確認されているが、図5の結果から非定常空力モーメントの虚部を求めると負となって、上の結果と一致する。地層を設けると非定常圧力の分布も一変し、(図6.7) 実部、虚部とも再付着点付近で大きな絶対値を示す。これは、この部分で迎角変化に対する定常圧力変化が最大となることに対応している。 V_R が大きい場合の実部の測定値は、定性的には準定常値と同様な傾向を示しているが、ピークでの値は2割程小さい。一方、虚部については、曲線の増減の傾向は似ているものの符号さえ一致しない部分があって、定性的にも測定値と準定常値の差が著しい。特に測定値の中で、図中斜線を施した部分は正のモーメントを作るので、ねじれ自由度フラッターを生じさせる要因となっており極めて重要と考えられるが、この部分の準定常値はいずれも測定値と符号が逆になっていて、この不安定要因が準定常的考え方で説明できないものであることを示している。この符号の不一致は平板模型では認められなかったものであり、流れの剝離と密着関係があるように思われる。これが一般にねじれ自由度フラッターを生じるような断面に共通した現象であるかどうかは不明であるが、非流線形断面のフラッターを考えるうえで重要な事実であると言えよう。

なお、たわみ振動時の圧力についても測定を行なっているが、紙面の都合で割愛する。

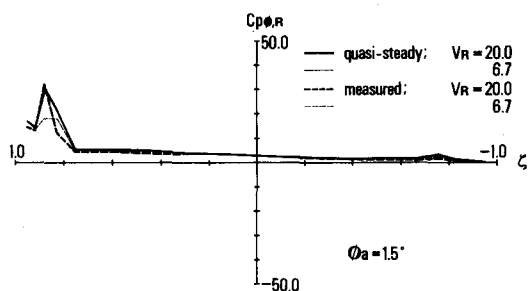


図4 非定常圧力の実部 (model P)

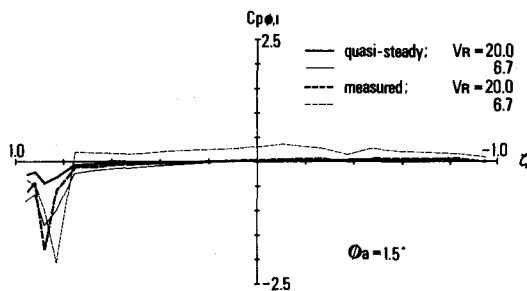


図5 非定常圧力の虚部 (model P)

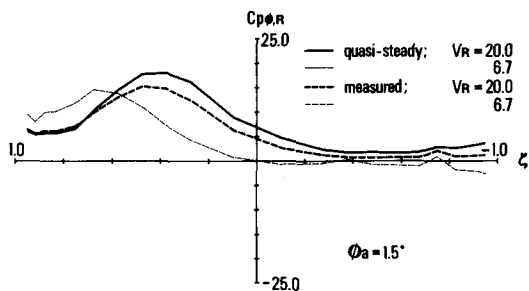


図6 非定常圧力の実部 (model C)

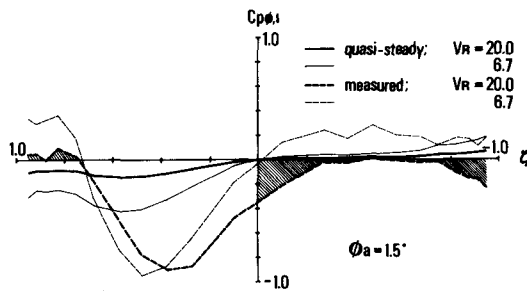


図7 非定常圧力の虚部 (model C)