

日本鋼管株式会社 正員・藤澤 伸光
同 上 正員 武田 勝昭

まえがき 剥離を伴う断面のまわりの流れは複雑なため、ねじりフラッタに関する研究は専ら実験的方法によっている。本研究では、ねじりフラッタを生じる典型的な断面の1つであるH型に作用する非定常圧力を測定し、その特性について考察を加えた。

実験概要 フランジ高が桁幅の7.5%のH型断面をねじり振動させて床版(ウェア)上下面の差圧(上向き正)を測定し、圧力の変動を調和的とみなしてその振幅を動圧で除した係数 C_{ps} および圧力変動のねじり振動変位に対する位相差 β を求めた。実験は換算風速 $V_r=5\sim20$ の範囲で行ない、ねじり加振振幅は 1.5° に固定した。

定常圧力分布 図1にこの断面の定常圧力分布を示す。 $\zeta=-1.0$ が前縁、 1.0 が後縁である。定常圧力については上下面の差圧でなく、上面の圧力を動圧で除した係数 C_{ps} を示した。 $\zeta=-1.0\sim-0.4$ では迎角 α によらず C_{ps} は常に低い値を示しており、流れは剥離していると見られる。一方、 $\zeta=0.8$ より下流では、 $\alpha=2^\circ$ の場合でも圧力が回復しており、再付着状態と考えて良いであろう。この間の $\zeta=-0.4\sim0.8$ では迎角によって剥離状態になったり、再付着状態になったりする。換言すれば、この領域は再付着点の移動する範囲である。仮にこの3領域を上流側から順に領域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと呼ぶことにする。定常圧力は剥離状態と再付着状態では大きく異なるので、 C_{ps} の迎角に対する勾配は図示したように領域Ⅱで大きくなる。

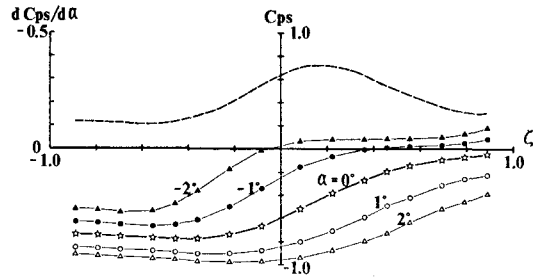


図1 定常圧力係数 C_{ps} の分布

圧力変動の振幅 C_{pa} の測定結果を図2に示す。モード P_0, P_1, P_2 は各々ねじり軸が $\zeta=0$ (断面中心)、 $\zeta=-0.5$ 、 $\zeta=-1.0$ (前縁)にあることを意味する。H型断面の C_{pa} の分布は平板のそれと著しく異なり、領域Ⅱで大きな値を示すことが特徴である。また、この分布はねじり軸の位置にはほとんどよらない。ところで、この C_{pa} の分布は図1の $dC_{ps}/d\alpha$ の分布と極めて良く似ている。このことは、H型断面のねじり振動時の C_{pa} には、振動による物体の迎角の変化の寄与が大であることを示唆するものと考えられる。厳密に言えば、吉村らが指摘しているように、⁽¹⁾有効迎角を考えるのが妥当であろう。そこで、ねじり振幅を 1.5° に保ちながら、有効迎角 $\hat{\alpha}=0$ となるようにたわみ振動を連成させてみた結果、図2に $\hat{\alpha}=0$ として示したように C_{pa} は著しく小さくなることを確認された。逆にねじり振幅を0としてたわみ振動によって

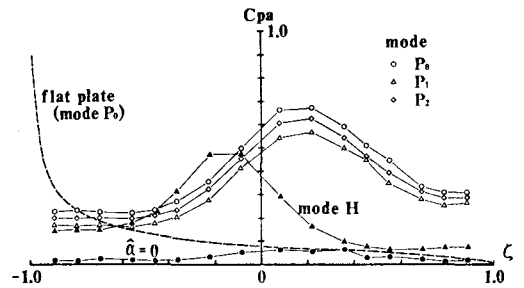


図2 非定常圧力係数 C_{pa} の分布

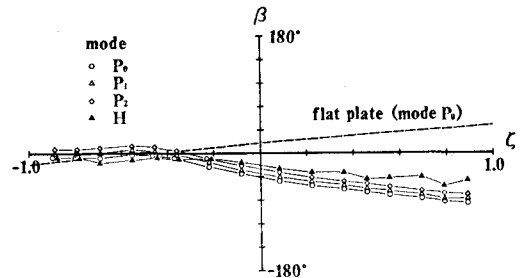


図3 位相差 β の分布

有効迎角を生じさせた場合、(図2のモードH)値はかなり異なるもののねじり振動時の C_{pa} 分布の特徴は保存されていると認められる。なお、今回実験した範囲では、ねじり軸の位置による α の変化は高々数%以内であったので、モード P_0, P_1, P_2 における結果にほとんど差が生じなかったものと思われる。

圧力の位相遅れ 図3に β の分布を示す。位相差 β は前縁から後縁に向って平板では進み、H型では遅れとなっていて全く逆の傾向を示す。位相は一様に遅れるわけではなく、 $\zeta = -0.4$ 付近から、すなわち領域IIから遅れ始め、これより上流側の領域Iでは位相はほぼ一定である。この β と前述の C_{pa} から、図7に示すような速度と同相成分 $C_{pi} = C_{pa} \sin \beta$ が計算される。ねじり軸が断面中心にある場合を考えると、上流側半分では正の C_{pi} が、下流側では負の C_{pi} が正のモーメントを作り自励振動を発生させることになるが、図7によれば、この断面の場合は下流側の負の C_{pi} の作用が支配的であると言える。ところで $-180^\circ < \beta < 0^\circ$ の場合に C_{pi} が負となるのであるから、結局、 $\zeta = -0.4$ 付近から始まる位相遅れによって下流側で β が負となることがこの断面のフラッタの原因と言える。この位相遅れは、流れの剥離と密接な関係にあるものと想像されるが、剥離バアルの下にある領域Iではなく、領域IIから遅れが始まっていることは極めて興味深い事実と言えよう。なお、 β についてもねじり軸の位置の影響はほとんど認められない。また、モードHの場合も、有効迎角すなわちねじり振動速度との位相差を β とすれば、ねじり振動時とほとんど同一の分布を示す。 $\alpha = 0$ の場合は圧力が微小で測定値がばらついたので図は省いた。図4は V_r の影響を示したもので、当然予想されるように、 V_r が低いほど位相遅れも著しい。

センターバリヤー フラッタに対する安定性を増す方法の1つにNewportと橋で用いられたセンターバリヤーがある。⁽²⁾ このバリヤーの作用を調べるために、桁幅の1/30のバリヤーを設けて実験した結果を図5, 6, 7に示す。図から明らかなようにバリヤーを設けても β の分布はほとんど変らない。一方、 C_{pa} の分布は著しく変化し、領域IIより下流側での値がほぼ半減している。バリヤーは再付着した或いは再付着しなかった流れを再び剥離させ、その背後に新たに剥離バアルを形成させるものと考えられるので、領域Iと似たような状態となり、圧力変動が小さくなるものであろう。このような C_{pa} の変化に伴って、図7に示すようにバリヤーを設けた場合の下流側の負の C_{pi} は、その絶対値がかなり小さくなる。これによってフラッタの原因となる正のモーメントも小さくなるので、断面の特性はより望ましい方向へ変化していると言える。すなわち、少くとも今回実験した断面に関する限り、バリヤーの効果は、 C_{pa} を抑制する作用によるものであった。

参考文献

- (1) 吉村健、中村泰治 "インディシャル応答による橋梁断面のねじりフラッタの研究" 土木学会論文報告集, No. 264, 1977
- (2) Hedifine, A. & Silano, L.G. "Newport Bridge Superstructure" proc. ASCE, No. ST11, 1971

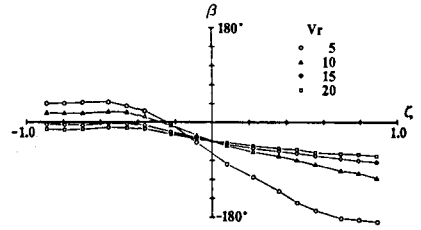


図4 β に対する V_r の影響

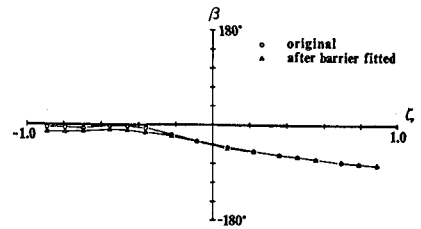


図5 バリヤーによる β の変化

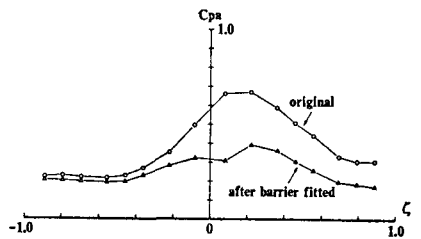


図6 バリヤーによる C_{pa} の変化

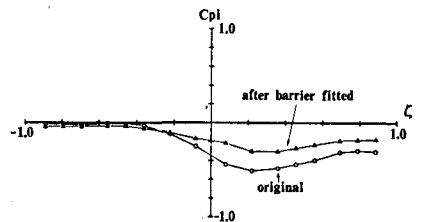


図7 バリヤーによる C_{pi} の変化