

九州大学工学部 学生員 吉村 健, 同力学研究所 正員 中村泰治

1. まえがき 前論文⁽¹⁾では、ねじりフラッタが生じる橋梁断面模型のインディシャル応答を水槽実験により実測し、時間領域においてねじりフラッタの発生機構を明らかにした。本報告では、前論文に引き続き、過渡運動時における模型上下面の非定常圧力の測定と模型近傍の非定常流れの観察を行ない、インディシャル応答に対する流体力学的考察を加える。

2. 模型と実験方法 使用模型は、断面比が1/10の矩形断面の前縁と後縁に桁高10%のアレートカーブを付加したもの(図-1参照)である。模型に過渡運動を与える方法は文献⁽¹⁾と同様で、水槽実験による。模型上下面にそれぞれ9個の静圧穴を等間隔に施す、市販の小型圧力変換器を用いてこれらの点の非定常圧力を測定した。流れの観察にはアルミ粉法と水素気泡法を併用した。

本研究の目的からすると、模型に与えるステップねじり変位 $\Delta\theta$ は線型応答を示す微小なものでなければならぬが、その場合の流れの変化はきわめてわずかで、これを観察するのは困難である。そこで、本実験では、⁽¹⁾ $\Delta\theta$ が変化する比較的大きな $\Delta\theta = 4^\circ$ を模型に与え、⁽²⁾ 流れの観察と非定常圧力の測定を行った。図-1において、 θ とはそれぞれ無次元のモーメントと時間である。なお、微小変位 $\Delta\theta = 1^\circ$ に対する図の応答はねじりフラッタ発生条件式⁽¹⁾ $\int_0^T |y(t) - y_{eq}| dt > 0$ を満足し、本断面にはねじりフラッタが生じることを予想される。

3. 非定常圧力分布 模型の上下面の各点における非定常圧力の実測値より得られた非定常圧力分布を図-2に示す。こゝに $C_{PJ} = (P_j - P_0) / \frac{1}{2} \rho V^2$ ($J = U$ あるいは L) で、 P_j と P_0 および V はそれぞれ水の密度、流速、静圧および上面と下面の静圧である。以下では、姿勢変化以前の定常圧力分布(図中 $\tau = 0$ の曲線)を基準とし、これより変化した圧力の変化量に注目する。まず上面では、姿勢変化直後($\tau = 0.6$)に前縁近傍における大きな負圧の発生とそれより後方における圧力回復が見られる。これら負圧と圧力回復のピークは時間の経過と共に急激に後方へ移動する。 $\tau > 4.5$ における圧力分布の変化はきわめて緩慢で、 $\tau = 8$ では定常値に近い分布を示す(定常値は図中 $\tau = \infty$ の一様な負圧分布)。

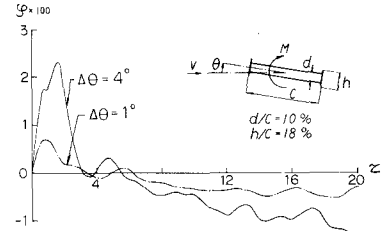


図-1. 過渡応答

$\tau < 4.5$ において上面で見られた上記圧力分布の変化は下面においても同様に生じる($\tau = 1.8, 3.0$ の圧力分布より、 $\tau = 0.6, 1.2$ において前縁近傍に負圧が生じていると推定される)。ただし、各時刻における下面の負圧と圧力回復のピークは、対応する時刻における上面のそれぞれピークより前縁方向にあることが上面とは異なる。

図-2より求めた差圧分布を図-3に示す。差圧分布の変化の特徴は、姿勢変化直後に前縁近傍に生じる大きな上向きの負圧が時間の経過とともに後方へ移動するところにある。この負圧の発生は、同一時刻における上面の負圧のピークと下面の圧力回復のピークがほぼ同一位置にあることに起因する。差圧分布より推定される応答モーメントが図-2に示した応答の実測値と定性的に対応することは明らかにあり、ねじりフラッタに特徴的な過渡応答は、つまり、上面の負圧と下面の圧力回

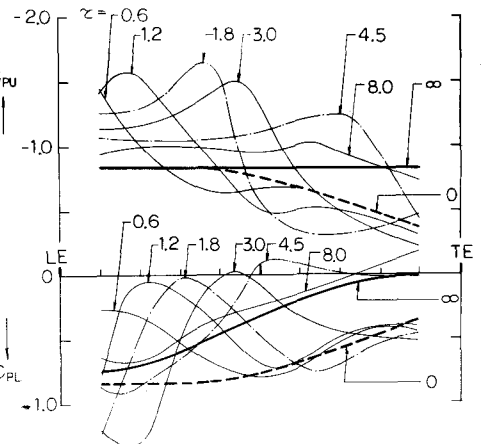


図-2. 上面と下面の非定常圧力分布

復の寄与によるものであるといえる。

4. 非定常流れ 図-4 に流れの観察結果を示す。本実験では、姿勢変化と同時に模型前方より水素気泡が発生し、姿勢変化後に形成された剥離せん断層が姿勢変化以前のそれに区別した。図に見られる白色のせん断層が姿勢変化後のせん断層である。

過渡運動時の流れの変化は図に見る通りであって、姿勢変化後に形成されたせん断層が渦に巻き込み、これが成長して行くこと、すなわち、姿勢変化に基づく剥離バブルの発生と成長に特徴がある。このような剥離バブルの内部では大きな負圧が、また、せん断層が再付着する近傍では大きな圧力回復が生じる⁽²⁾。このことと図-4 の結果により、図-2 に見た姿勢変化直後における前縁近傍の負圧と圧力回復の発生、ならびにその後のこれら圧力変化の後方への移動現象は、上記剥離バブルの発生と成長に起因するものと考えられる。また、上面と下面における圧力分布の違いは、それぞれの面における剥離バブルの成長の非対称性によるものであることもわかる。

以上を要約すると、わいりフラッタに特徴的な過渡応答は、姿勢変化直後に上下面に見られる剥離バブルの発生と成長に起因するものと思われる。換言すれば、これら剥離バブルの発生と成長がわいりフラッタの原因と考えられる。

5. 結論 本研究で得られた結果は次の通りである。①わいりフラッタが生じる橋梁断面模型の過渡運動時における上下面の非定常圧力分布の特徴は、姿勢変化直後の前縁近傍における負圧と圧力回復の発生、ならびにこの圧力変化の後方への移動現象にある。②過渡応答が示す特徴あるモーメントの変化は、^(上縁)上面の負圧と下面の圧力回復の寄与により生じる。③非定常流れの特徴は、姿勢変化に基づく上下面の剥離バブルの発生と成長にある。上記圧力分布の変化の原因はこの剥離バブルにあるものと思われる。よって、わいりフラッタの発生原因はこのバブルにあるものと思われる。

参考文献

- (1). 吉村 達・中村 泰治：早稲断面のわいりフラッタについて、構造物の耐風性に関する第4回シンポジウム 論文集、1976.
- (2). N. D. Ham: Aerodynamic Loading on a Two-Dimensional Airfoil during Dynamic Stall, AIAA Journal, Vol. 6, No. 10, Oct. 1968.

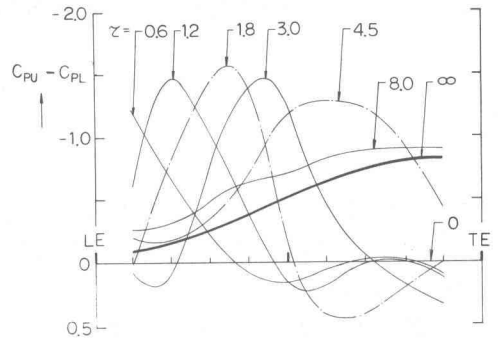


図-3. 差圧分布

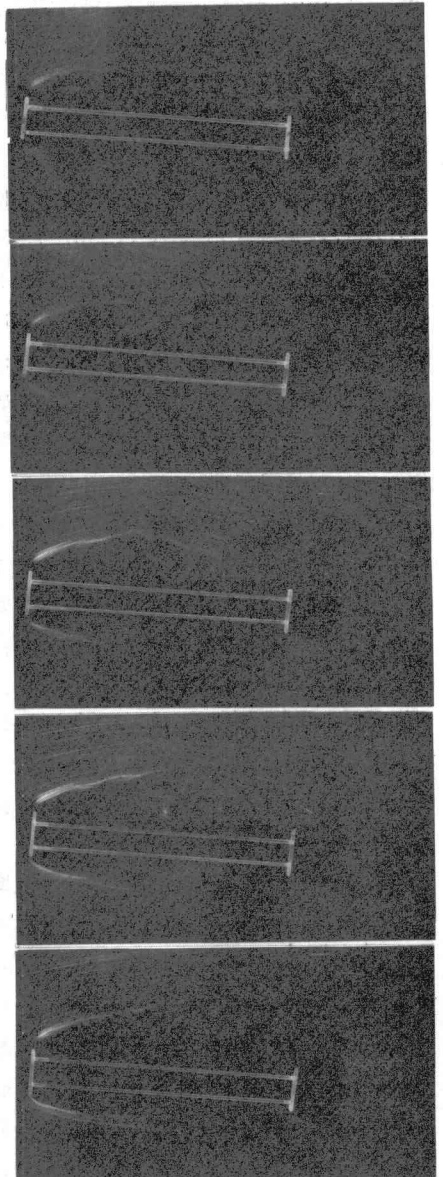


図-4. 非定常流れ
上より $z = 0.7, 1.6, 2.9, 4.6, \infty$