

東京大学工学部 正員 田中 宏
 同上 大学院 学生員 ○森光康夫
 日本国有鉄道 正員 根橋 輝

1. まえがき

一様空気流中に設置された構造物は、構造物自体が静止している場合と振動している場合とで、遠種の空気力を受けるといふことが、これまでの研究において明らかにされている。このことは、両者の状態における空気の流れ模様が全く異なっていることを予想させるものであるが、このような状態の空気の流れ自体に注目した研究は数少ない。本研究は、構造断面模型を静止および振動させ、その後流の状態を実験的に調査したものである。この結果、後流の風速変動の同期現象の有無、その発生条件、同期現象時における風速変動の変位に対する位相遅れ等についていくつかの成果を得た。なお、本実験に用いられた模型は、Fig. 1 に示されるような単純な断面を持つものである。

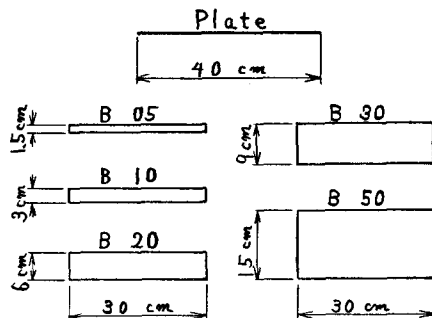


Fig. 1 模型の諸元

2. 実験装置および測定

実験は、 $0.7\text{ m} \times 1.8\text{ m}$ の測定部を持つ空力弾性試験用風洞で行なわれた。この風洞には、模型の加振装置がつけられて、 $1 \sim 24\text{ c/s}$ の上下振動および回転振動を別々に与えることができる。風速の測定は、一様風速 V については模型から十分離れて固定したピトー管で行なり、模型後流の風速変動については、2本の $25\mu\text{m}$ の白金熱線で行なった。この2本の熱線は、Fig. 2, Tab. 1 に示される位置にスタンドで固定され、これ等によって検出された風速変動は、全てペン書きオシロパーパーに記録された。

各模型について、(1)静止状態の場合、(2)上下振動（半振幅 $\gamma = 5, 10, 20\text{ mm}$ ）を強制した場合、(3)回転振動（半振幅 $\gamma = 2.0^\circ, 4.0^\circ, 7.5^\circ$ ）の場合、風速域 $2 \sim 24\text{ m/s}$ で測定された。オシロパーパーに記録された風速変動成分からは、変動の振動数 N 、風速変動の大きさ ΔV が求まり、又、同期現象が発生した場合には、2本の熱線の位置を考慮して、模型の後縁における風速変動のピークの模型後縁の変位に対する位相遅れ β を、次式によって計算した。

模型	$x\text{ (cm)}$	$y\text{ (cm)}$
Plate	2	40
B05	3	30
B10	6	30
B20	12	30
B30	18	30
B40	30	30

Table 1

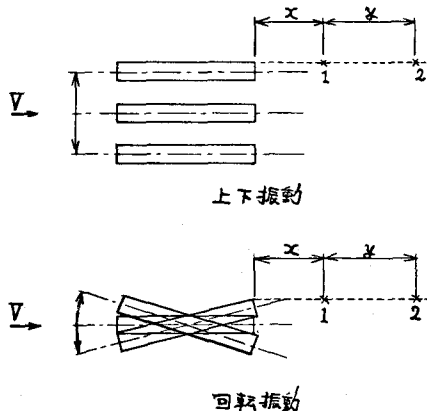


Fig. 2. 熱線の位置

$$\beta = (\beta_1 - \beta_{01}) - \alpha \frac{x}{y}, \quad \alpha = (\beta_2 - \beta_{02}) - (\beta_1 - \beta_{01})$$

但し x, y は Tab.1 に表示した熱線の位置を示す値で、 β_1, β_2 は 2つの熱線によって検出されたオシロペーパーに記録された風速変動のピークの 変位のピークに対する位相遅れの値である。

β_{01}, β_{02} は 又、電気的原因等による初期位相差を示す値で、これは予め無風状態の中で 模型に固定した支持棒の先に熱線を取り付け 強制振動を加えることによって検出される風速変動をオシロペーパーに記録したものである。

3. 風速変動振動数と同期現象

Fig. 3. は、模型が静止している場合の後流の風速変動の振動数 N と 一般風速 V に因りてプロットしたもので、この5のグラフから次の事が考えられる。

(i) 静止模型の後流の風速変動振動数は、これまでの研究で既に明らかにされていたように、風速 V と比例関係にあり Tab. 2 の無次元化 Strouhal 数を得られる。ここで得られた Strouhal 数の大きさは、文献(1)で中口氏等が提示した実験結果ともよく一致している。

B10 以下のフラットな模型においても振動が記録されたが、高振動数である為 読み取りが困難でバラツキが大き。

模型	20	30	50
S	0.104	0.126	0.080

Table 2

Fig. 4 は 模型に上下振動をさせた場合の風速変動振動数 N と 一般風速の関係を示している。

Fig. 4 から あらうは Fig. 3, 4 を比較することによって、次のような差がみられる。

(ii) 振動模型に作用する空気力の測定結果から予測されたように、同期の現象が観察されたが、この領域は 模型の高さが高くなるに従って急速に狭くなっている。又強制振幅が大きくなるにつれて同期領域が 狭くなることと分かる。さらに注目されるのは、同期の領域にありては 一般に強制振動数と同振動数の風速変動の上に 模型を静止した場合に生ずる風速変動が重畳していることである。又、両者の振動数が接近している領域では、強制振動数と同振動数の風速変動が卓越している。

(iii) 上下強制振動をさせた時、同期の領域外にありては 模型を静止させた時と全く同じ振動数でしかも γ のよりはるかに規則的な風速変動をしていることと分かる。これは、模型の微小振動が、周期的風速変動を誘引している為であると思われる。

さらに上の比較を空気力について行なってみると次の様に見える。すなわち、B50, B30 のように物高が高い(流れに直角な面が広い)構造物が高風速を受けた場合、 γ の構造物の振動の有無にかかわらず γ 域に作用する空気力は、構造物が静止しているとして求めた空気力と同種のものである。

一方 模型が回転振動をしている時には、全ての模型について全測定風速域で同期現象が観察された。Fig. 5 に B50, B20 の場合を示しておく。

(iv) Fig. 5 から分かるように、上下振動の場合と同じく、強制振動数と同振動数の風速変動の上にさらに振動数の高い風速変動が重畳して γ の振動数は静止の場合のほぼ2倍の値をとっている。これは、模型の上下から交互に放出される渦を重ねて記録している為である。

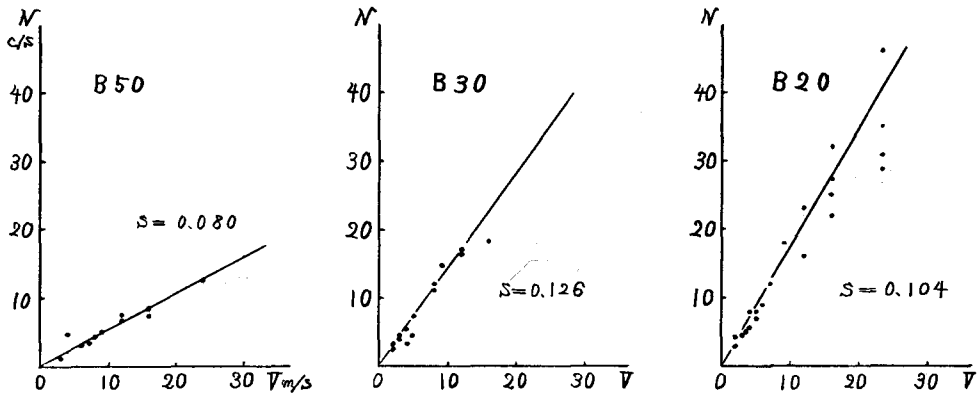


Fig. 3. 静止模型後流の風速変動振幅数

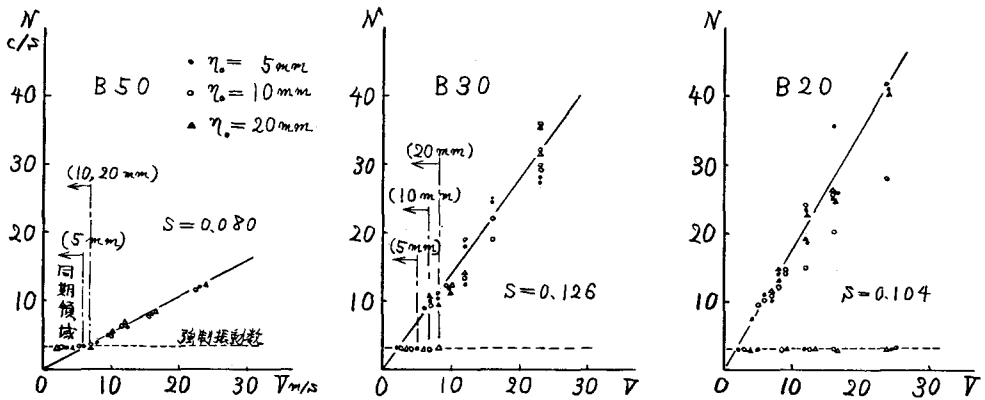


Fig. 4. 上下振動中の模型後流の風速変動振幅数

4. 風速変動の位相遅れ

Fig. 6 は 先に述べた方法で求めた位相遅れ β を 振動振幅数 $\phi = \omega b/V$ (但し, ω : 強制円振動数, b : 模型半幅) に 対してプロットしたものである。このグラフは次の事を意味する。
(1) Plate が上下振動を行なっている場合, β は非常に小さく, ほぼ 0 で一定である。このことは検出された風速変動が Plate の後流で発生する割離流によるもので

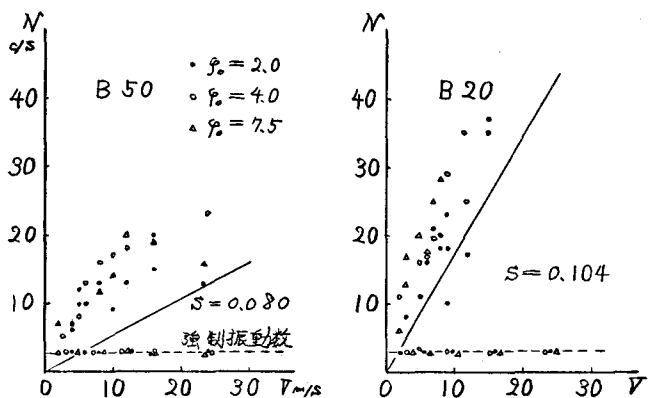


Fig. 5. 回転振動中の模型後流の風速変動振幅数

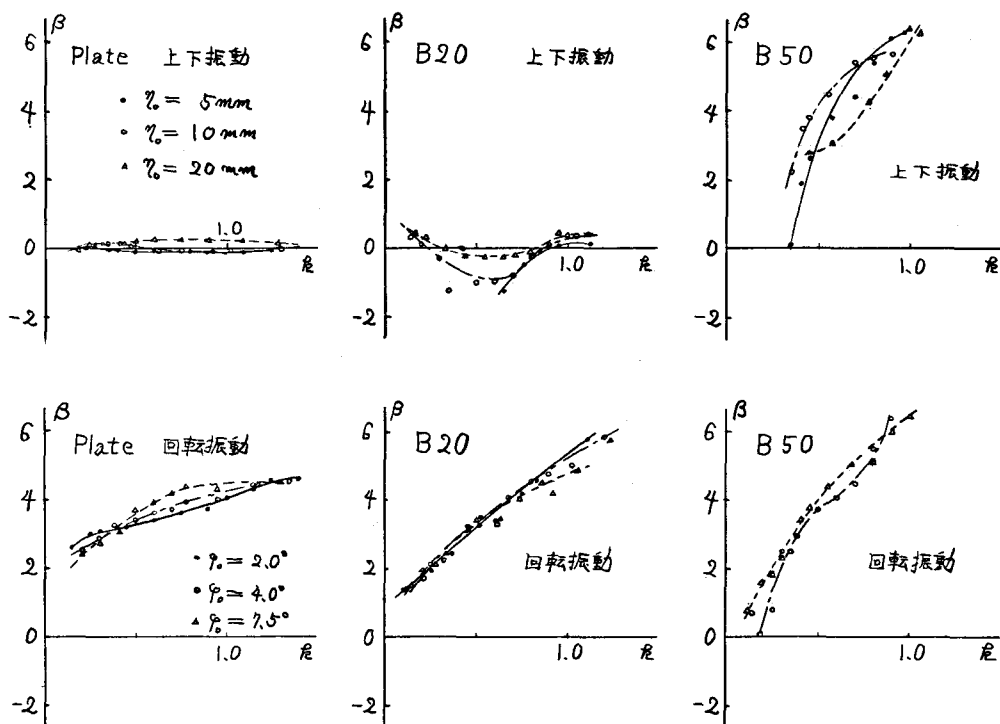


Fig. 6 模型の変位に対する模型の後縁での風速変動の位相遅れ

あり、この剝離流の Plate 後縁における速度の最大値は、Plate が最高位置になった時に生ずるのであると解釈される。このような傾向は B20 以下のフラットな模型においてもみられる。

(ii) B50 のような高さの高い模型が上下振動をしている場合の位相遅れ β は、風速が減少する (すなわち $U \rightarrow 0$) と共に大きくなっている。これは、模型の前縁で剝離が発生し、この剝離流が後縁に流れてくるまでの時間差によって、位相遅れの大いなるものがあると考えられる。最も妥当である。

(iii) 回転振動の場合は、全ての模型が上下振動中の B50 と同様の傾向を示している。前縁での剝離を観測されていると考えれば、この風速変動が後縁まで要する時間は、高さが高くなるほど長くなる。

5. むすび

静止および振動模型の後流の風速変動の観察から次の事項に関する成果を得た。

- (1) 静止物体後流の周期的変動
- (2) 振動物体後流の同期現象
- (3) 剝離流に関係する 風速変動の位相遅れ

これらの初歩では、空気力と風との関係も説明するにはまだ不十分ではあるが、今後の研究の参考となる。

文献(1) 中口 博・橋本貴久・武蔵 真理 矩形断面の柱の抵抗力に関する実験 1967. 4.