

住友重機械工業 正員 武内 隆文
 京都大学工学部 正員 白石 成人
 京都大学工学部 正員 松本 勝

1. まえがき 渦励振動現象に関して、曲げ振動と捩れ振動の間に相互干渉が存在することが確認されていることや、橋梁断面に生ずる渦励振動に対する防振対策が、捩れ振動に対しては有効であっても、曲げ振動に対しては有効でないといった差異が場合によっては生ずることより、渦励振動現象における、曲げ・捩れ振動の発生機構が同じでないことが考えられる。従って本研究では、特に捩れ渦励振動に着目して、曲げ・捩れ間の渦励振動発生機構上の相違点を明らかにすること、及び2自由度振動系の空力干渉特性を調べることを目的とし、1:2矩型断面を対象に、圧力分布測定風洞実験及び水槽実験を実施し、その結果に考察を加えるものである。

2. 実験内容及び考察 圧力分布測定風洞実験は、図1に示す1:2矩型断面剛体模型を曲げあるいは捩れ1自由度にばね支持し、一様流中で自由振動時の断面まわりの圧力分布を図中の14測点において測定する。圧力変動は導圧管を経て、プレッシャー・マイク、トランスデューサーを通じペン書きレコーダにアナログ量として記録する。一方水槽実験は、水中にアルミニウム微粉末を混入したFlow-Visualization手法を用い、写真撮影により、曲げ・捩れ1自由度並びに2自由度強制加振させた場合の解析を行なった。なお、静止断面の S_L (ストロハル)数が R_L (レイノルド)数に依存するため、一般の風洞実験における静止断面の後流パターンと、低 R_L 数領域での水槽実験における静止断面の後流パターンとが異なることが、岡島により報告されているが、実験においては、風洞・水槽実験の間の相似条件としては、 S_L 数のみを考慮した。

1) 1自由度振動系実験 今回実施した捩れ1自由度系自由振動実験結果を図2に示す。図より分るように、従来より報告されている $\frac{1}{2}V_{cr}$ (V_{cr} :渦励振動限界風速)における渦励振動、 V_{cr} からのフラッターへと移行するものと考えられる渦励振動以外に、 $\frac{1}{4}V_{cr}$ における渦励振動の発現が認められた。これは、初期減衰がかなり小さかったことに起因するものと考えられるが、まず、この $\frac{1}{4}V_{cr}$ における渦励振動について考察を加える。図4は、 $\bar{P}_\phi = 2.74$ ($\bar{P}$:無次元換算風速)の場合の模型まわりの圧力分布を測定した結果であり、圧力定常成分 $\bar{C}_p$ を●印で、圧力変動振幅 $\bar{C}_p$ を○印で、位相 ϕ を●印でそれぞれ示す。なお位相 ϕ は、模型頭上げのピークに対する、負圧のピークの位相進みを示す。図4より、変動圧力の位相 ϕ が前縁から後縁へと流れ方向に大きく変化していることが分り、その変化は、 540° (模型振動の1.5周期分)に及んでいる。この風速付近に対応する流速($\bar{P}_\phi = 3.0$)での水槽実験結果を模式図により図3に示すが、これより模型頭上げの状態($\phi = 0^\circ$)において上側前縁より発生した側面渦が約1.5周期後($\phi = 540^\circ$)後に後縁に達することが分る。図3中●印は、圧力分布図4より求めた変動負圧力がピークをとる側面上の点を示すが、その位置と、水槽実験結果の側面渦の位置とは良い対応をみており、模型側面上の変動圧力は前縁より剝離した渦が流れ方向に側面に沿って流下することにより生ずるものと推測される。図5は $\bar{P}_\phi = 6.15$ ($\frac{1}{2}V_{cr}$ 近傍)の場合、図6は、 $\bar{P}_\phi = 9.39$ (模型に初期変位を与えた減衰過程のもの)の場合の圧力分布を示す。図5は $\frac{1}{2}V_{cr}$ における渦励振動発現域のものであるが、この場合 ϕ は前縁より後縁まで約 180° (模型振動の約半周期分)であり、この場合にも水槽実験の流体パターン(前縁からの剝離渦が模型振動の約半周期で後縁まで流れる)とよい対応をみた。また風速の増大に伴ない ϕ の流れの方向に対する変化が小さくなることも明らかとなり、図6より分るように、 $\bar{P}_\phi = 9.39$ においては圧力は流れ方向に一様化する。

一方曲げ1自由度渦励振動発現時($\bar{P}_\eta = 5.98 \approx \frac{1}{2}V_{cr\eta}$)の圧力分布を図7に示す。位相 ϕ は前縁より後縁まで約 360° 変化しており、前縁より剝離した渦が模型振動の1周期後にほぼ後縁に達するという水槽実験結果と対応しているものと考えられる。以上、 $\frac{1}{4}V_{cr\phi}$ の捩れ、 $\frac{1}{2}V_{cr\phi}$ の捩れ、 $\frac{1}{2}V_{cr\eta}$ の曲げの3つの渦励振動に関して、その圧力分布、剝離渦の特徴等における相違が明らかとなった。

2) 2自由度振動系実験 風洞実験結果に対応させて振動数比を設定し、曲げ・捩れ2自由度強制加振時の模型まわりの流れの様子を観察した結果、全般的な流れの傾向は、 $f_\phi/f_\eta=1.0$ の場合は別とし、ほぼ風洞実験において卓越する方の振動モードに付随した流れのパターンが認められた。 f_ϕ/f_η の場合を例に取ると、曲げ無次元振幅を0.3に固定しておき、捩れ振幅を増大させて行くと、徐々に流れのパターンが捩れ振動に付随して行くという傾向が見られ、ほぼいずれかの振動に従い、曲げ・捩れ両者に伴う流れパターンの混在は認められず、風洞実験において曲げあるいは捩れ振動のいずれか一方が卓越し、2自由度応答が発現しなかったことと対応する。また $f_\phi/f_\eta=1.0$ の場合は、水槽実験では、曲げ振動に伴った流れパターンの発生が認められ、風洞実験結果と異なったが、風洞実験における捩れ振動は、付随的に発生した可能性もあるものと推測される。

3. 結び (1) 1自由度振動系において、対象断面の曲げ及び捩れ渦励振動発生機構上、両者の間に振動発現中の変動圧力・特に位相特性に大きな相違点があることが明らかとなった。

(2) 2自由度強制加振水槽実験より、全体の流れのパターンは、曲げあるいは捩れ振動のいずれか一方の振動に従い、曲げ・捩れ両振動に伴う流れのパターンの混在は認められなかった。

最後に本研究の遂行にあたり、御協力をいただいた京都市・佐伯英和氏、京都大学・塩谷智弘氏に謝意を表する。

〔参考文献〕1) 岡島厚、"一様流におかれた矩形断面構造物周りの流れ"、構造物の耐風性に関する第5回シンポジウム。

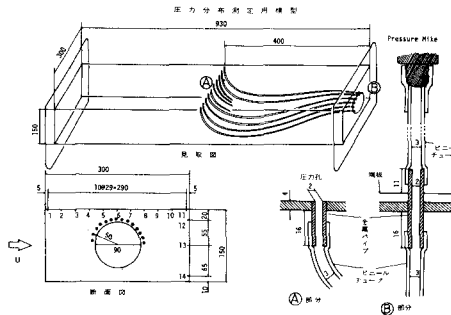


図1. 風洞実験2次元模型

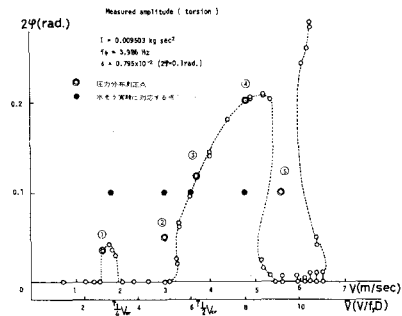


図2. 実験結果応答図(捩れ)

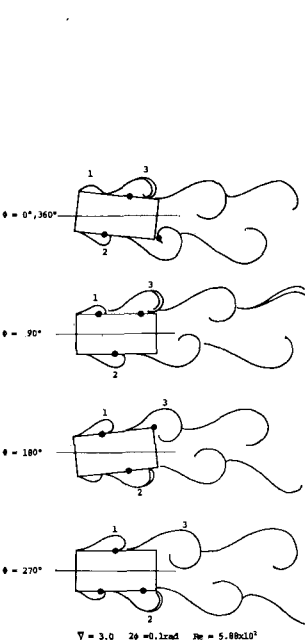


図3. 水槽実験模式図

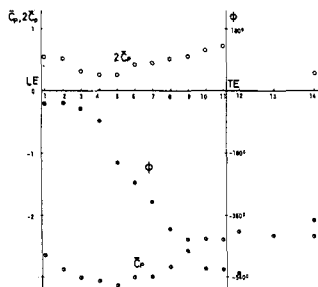


図4

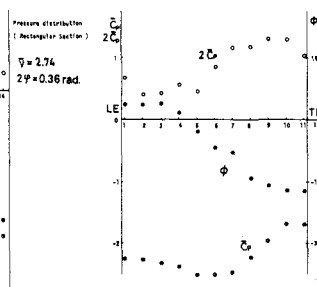


図5

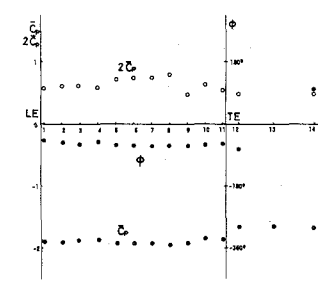


図6

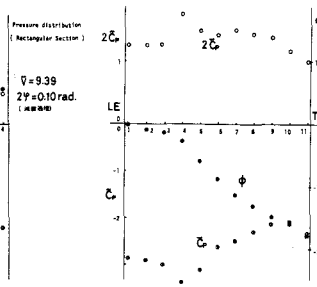


図7

圧力分布測定風洞実験結果