

東京大学	正員	伊藤 学
東京大学	正員	宮田利雄
日本鋼管	正員	○ 藤沢伸光

1. まえがき 近年、非流線形の物体の空力弾性問題に関する研究が盛んであるが、高風速におけるGallopingを除いては、未だに明確な答が得られていない。本研究では、代表的な非流線形断面の一つとして正方形断面をとり、流れに直角に並進振動する場合の揚力の特性を実験的に調べた。実験にあたっては、準定常的考え方が成立しない共振風速及びそれより低い風速域を対象として、非定常揚力とともに、後流渦の振動数成分についても考察を加えた。

2. 実験方法 150×150mmの正方形断面の模型を使用して、強制振動法によって揚力 $L(t)$ を測定した。慣性力の消去には通常用いられるダミーモデルによらず、空気抵抗のほとんどないカウンターウエイトを使用した。この方法によれば、無風時の揚力の虚部も測定できる。その結果、特に低風速域での現象を扱う場合には、必ずしも無視できるほど微小ではないように思われたが、今回は測定精度等に疑問が残ったので、従来と同様に計算上これを差し引き、無風時の揚力を0として結果を整理した。

模型に作用する揚力は、後流渦の振動数成分と加振振動数成分から成るが、後者については

$$C_{1R} = \frac{2}{\pi} \int_0^T L(t) \cdot X(t) dt / \frac{1}{2} \rho V^2 B L \quad C_{1I} = \frac{2}{\pi} \int_0^T L(t) \cdot \dot{X}(t) dt / \frac{1}{2} \rho V^2 B L \quad |C_1| = \sqrt{C_{1R}^2 + C_{1I}^2} \quad \beta_1 = \tan^{-1} \frac{C_{1I}}{C_{1R}} \quad X(t) = y(t)/a$$

として実部、虚部、絶対値、位相差を求めた。ここに a は加振振巾で、 $y(t)$ としては変位の測定値をそのまま用いた。後流渦の振動数成分については全揚力のR.M.S.値 $C_{1,rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T L^2(t) dt} / \frac{1}{2} \rho V^2 B L$ によっておよその傾向を推定することにした。

3. 実験結果 図1のa, b, c, dに $|C_1|$ 及び $C_{1,rms}$ を示す。図中、 $\zeta_0 = a/B$ 、 $V_r = V/NB$ であり、 N は加振振動数である。 $\zeta_0 > 0.053$ では $|C_1|$ は2個のピークを持つ。高風速側のピークは ζ_0 によらず $V_r \approx 8.3$ で生じ、これは静止状態で求めたStrouhal数の逆数と完全に一致する。これを V_{cr} で表わす。一方、低風速側のピークは ζ_0 の増加とともに V_{cr} に近づき、これは文献1に述べられている所と一致する。しかし、振巾の小さい $\zeta_0 = 0.013$ では低風速側のピークは明確でない。また V_{cr} 付近では測定値のパラッキが極めて大きい。これに対して $C_{1,rms}$ は $\zeta_0 = 0.013$ の場合、静止状態とほとんど変わらず、 V_{cr} においても特に変化は見られない。また $C_{1,rms}$ の方が $|C_1|$ より大きいので、この振巾では渦の同期現象は生じていないものと見られる。この場合、 V_{cr} においては、揚力が唯一の周波数成分しか含まないにも拘らず、変位と揚力のコヒーレンスが1でないことがあり得る。従って、変位と独立な成分(後流渦振動数成分に相当するもの)の位相が $|C_1|$ のパラッキの原因となることが考えられる。更に、このような場合には、空気力を周波数成分によって特徴づけることが妥当かどうかについても十分な検討が必要であろう。

$\zeta_0 = 0.053$ では V_{cr} において、 $C_{1,rms}$ が $|C_1|$ の約7割程度となっており、同期現象が生じているものと推定される。一方、 V_{cr} から充分離れた所での $C_{1,rms}$ は静止状態での値にほぼ等しいが、同期領域の近くで、これより高風速側に、 $C_{1,rms}$ が異常に小さくなる領域が認められる。この領域では、同期はしていないものの、後流渦振動数の成分が物体の振動に対して完全に独立ではなく、何らかの拘束を受けているものであろう。尚、低風速側では逆に $C_{1,rms}$ が増加しているように見える事も興味深い。振巾が更に大きい場合、高風速側での上記述べた傾向は強くなり、また同期領域も広がっているように見える。しかし、低風速側に関しては、 $C_{1,rms}$ による推定では同期、非同期の判別が困難である。図2のa, b, c, dは位相差 β_1 、図3のa, b, c, dは C_{1I} を示したものであるが、文献1に報告されている所とほとんど同じ傾向を示している。 β_1 は V_{cr} 付近で急変するが、符号が変化する又は V_{cr} より僅かに高風速側であり、 ζ_0 が増加すると多少高風速側へ移動する。同じ β_1 で C_{1I} の符号も変化し、高風速側では正、低風速側では

負値であるが、極く低風速で再び正值をとることもある。このことは文献1)にも報告されているが、多少 V_r が異なるようであり、また前ばの無風時の値も加えた真の空気が正になるかどうかについては、より精密な実験によって確認する必要がある。

図1-a

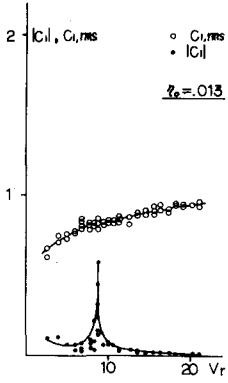


図1-b

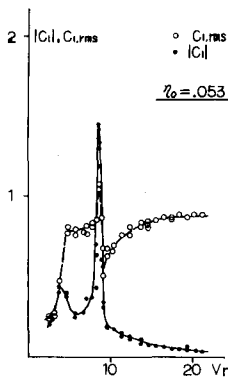


図1-c

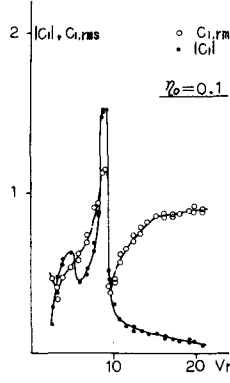


図1-d

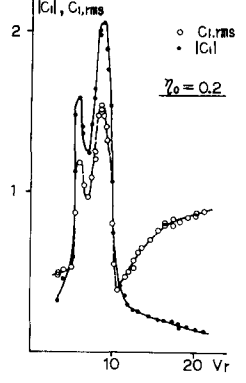


図2-a

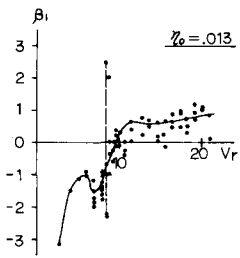


図2-b

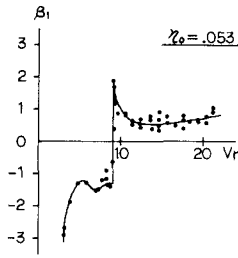


図2-c

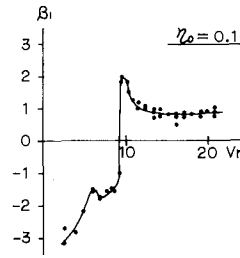


図2-d

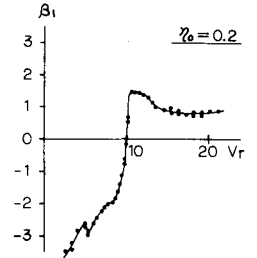


図3-a

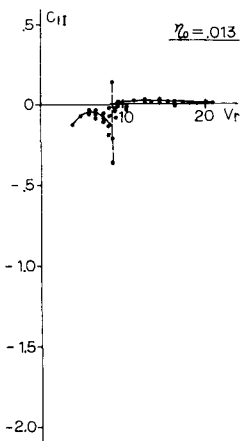


図3-b

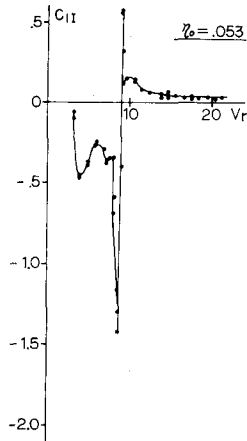


図3-c

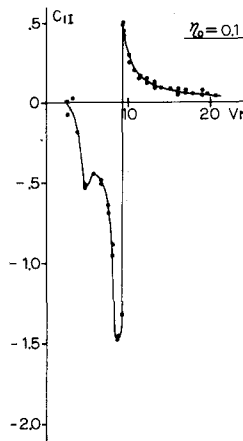
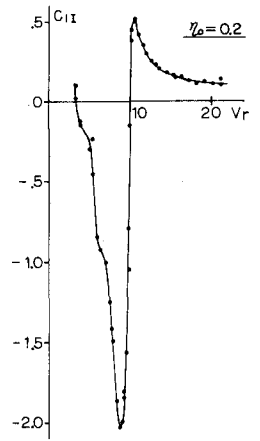


図3-d



参考文献1) 矩形断面柱の非定常揚力と後流の速度変動について 溝田 中村

構造物の耐風性に関する第3回ランパゼウム論文集