

京都大学大学院 学生員 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

橋梁等の構造物ならびにその構造部材に発生する渦励振動は、流れの中で、曲げおよび振れ方向の振動が顕著である。これまで主に、各々の最低次の振動モードを対象として二次元部分模型による一自由度支持系の応答解明が進められてきた。本研究では、矩形断面を対象とし、曲げ振動数比(f_{0y}/f_0)をパラメータとして、一連の二自由度支持系の風洞実験を行い、曲げ振動と振れ振動の間の相互干渉について考察を加える。同時に、後流渦性状態を調べるために、曲げ・振れ一自由度強制加振水槽実験を行い、この中で、合わせて報告するものである。

2. 実験内容および考察

1) 風洞実験：対象断面は、断面の主流方向方向の長さ、断面の主流方向の長さの比が1:2の矩形断面である。風洞実験に使用した部分模型の諸元は表-1に示す。

振動数比 $f_{0y}/f_0 = 2.16$ の二自由度実験では、図1に示すように、曲げ振動は $\bar{V}_{0y} = 12.5$ で発生が見られなかった。これに対して、振れと拘束した曲げ一自由度実験では図2にみられるように $\bar{V}_{0y}$ からの渦励振の発生が認められた。すなわち、 $\bar{V}_{0y}$ で発生した振れ振動により、 $\bar{V}_{0y}$ で発生すべき曲げ振動が抑えられ、けであり、そこには明らかに、曲げ・振れ間の相互干渉が存在する。以上の結果に基づき、曲げ・振れ間の相互干渉をより詳細に検討するために、振動数比を変化させ、その応答を調べる。図3に得られた結果を整理して例示する。この図は、振動数比 f_{0y}/f_0 が0.753, 0.856, 1.188, 2.222の結果と $V/\bar{V}_{0y}$ の換算風速と並べたものである。振動数比が0.753及0.856の場合、一自由度支持系で発生がみられる風速域で、振れの $\bar{V}_{0y}$ 付近の渦励振動は、曲げの $\bar{V}_{0y}$ 付近の渦励振動のために発生が抑制されている。しかしながら、曲げ応答も一自由度支持系の応答と異なり、曲げ応答も、振れ応答に影響されている。すなわち、この風速域では、非定常揚力・非定常ピッチングモーメントともに、振動系の他のモードの振動に依存する自励空気力であると仮定される。振動数比が1.188の場合、曲げ応答は、一自由度実験とはほぼ同じ応答を示すが、振れ応答は、 $\bar{V}/\bar{V}_{0y} = 6.3$ の風速に至って始めて応答が発生し、それ以下の低風速では、振れ一自由度系でみられる振れ応答が、曲げ振動により抑制されている。振動数比が1の近傍にあると($f_{0y}/f_0 = 0.753, 0.856, 1.188$ の場合)今回の実験結果からは、 $\bar{V}_{0y}$ の曲げ振動が、振れ振動よりも卓越する傾向にある。次に振動数比2.222の場合であるが、興味深い挙動を示すので、別に図4にその結果を示す。 $\bar{V}_{0y}$ 付近の振れ振動発生により、一自由度支持系で発生すべき曲げ振動が、抑制されるのが認められる。風速3~5 m/secの風速域では、模型の静止拘束を解除すると、まず曲げ応答が

MODEL	(ft) (mm) h x d	SPAN LENGTH (ft)	m (kg sec ² /m ²)	i (kg sec ² m/m)	St
RECTANGULAR 1:2	15 x 30	9.3	0.610	0.0260	0.08

表 1

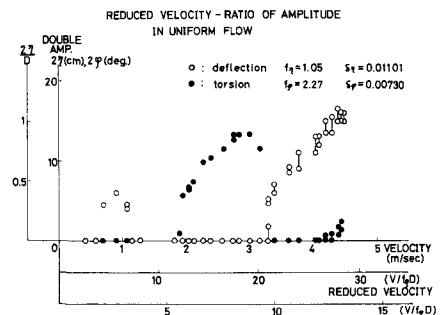


図 1

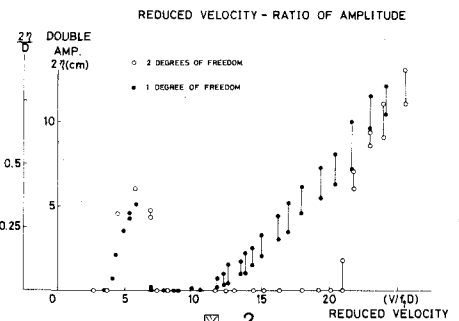


図 2

振動数比が1の近傍にあると($f_{0y}/f_0 = 0.753, 0.856, 1.188$ の場合)今回の実験結果からは、 $\bar{V}_{0y}$ の曲げ振動が、振れ振動よりも卓越する傾向にある。次に振動数比2.222の場合であるが、興味深い挙動を示すので、別に図4にその結果を示す。 $\bar{V}_{0y}$ 付近の振れ振動発生により、一自由度支持系で発生すべき曲げ振動が、抑制されるのが認められる。風速3~5 m/secの風速域では、模型の静止拘束を解除すると、まず曲げ応答が

一自由度支持系の応答振幅に相当する○印まで成長した。その後振れ振幅が●印に到るまで成長すると、曲げ振動は○印まで減衰し、最終的に振れ振動が支配的となり、●印の振幅に到達して定常振幅となった。さらに、 $V=3.0\sim3.5\text{ m/sec}$ の風速域では、曲げ・振れ両方の振動の共存も認められた。すなわち、この風速域(3~5 m/sec)では、一定振幅以上の振れ振動が、曲げ振動に対して、減衰力として働くことが理解される。一方、曲げ振動は、振れ方向のモーメントに大きな励振力あるいは減衰力を与えないと理解できる。なお今回の実験では、系の初期減衰比を考慮できなかったため、いずれの振動数比においても、曲げあるいは振れ振動が支配的であるかどうかは確認できなかった。しかし、滑動振動時、断面に作用する非定常な空力負荷は、それぞれ自身の振動モードばかりでなく、それと異なるモード(曲げモードに対しては振れモード、振れモードに対しては曲げモード)の振動にも依存する自励的の空力負荷であることが理解できる。本二次元部分模型実験においては、他の振動モードの影響度は、それぞれの振動数比に依存するものと考えられる。従って実験・実部材の空力挙動を推定する際には、設計風速以下で数種の振動モードで滑動振の発現がみられる場合、単に同次振動モードの組合せのみでなく、発現する振動モード群(対称あるいは反対称2次の曲げ振動)・斜め(対称あるいは反対称2次の振れ振動)〔但し、 α/β 〕の組合せをも考慮することがより現実的であると考えられる。

2) 水槽実験：風洞模型の縮尺模型を使用し、滑動振動発生的重要要因とされる後流渦性状態を調べるために、曲げ・振れ一自由度強制加振水槽実験を行ない、流れの場を二次元的に観察した。風洞実験結果とは、換算流速(風速)で対応づけた。図4は曲げ方向強制加振実験(加振振幅 $\alpha/D=0.3$)で得られた写真であり、上は滑動振の発生していない流速($\bar{V}_0=2.94$)での、下は滑動振が発生している流速($\bar{V}_0=4.15$)での状態を示す。滑動振が発生している場合には、発生していない場合と異なり、模型の前縁で剥離した境界層が側面で滑となり、そのまゝこわれずに存続して、後流付近にまで渦が剥離するときはほぼ同時に、これを取り込み(あるいは取り込まれ)後流渦に成長する様子がみられる。

3. 今後の課題

1) 2次元断面では、曲げおよび振れの滑動振動、ギャロッピング、振れフラッターに、それぞれの振動数比($f_{\alpha 0}/f_{\beta 0}$)に応じて、相互干渉が存在することが認められた。今後このような結果と、実験・実部材等の空力挙動の評価に適用する際に、どのように、これらの結果を定量化するかについては、今後に残された大きな課題の一つといえよう。

最後に、本研究を進めるにあたり、多大の御協力をいただいた、斎藤恒範・佐伯英和両氏に深く感謝の意を表します。

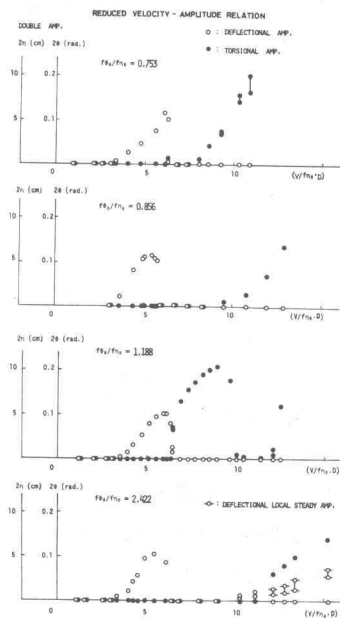


図 3

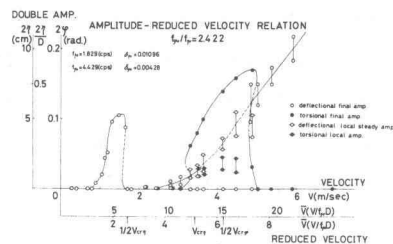


図 4

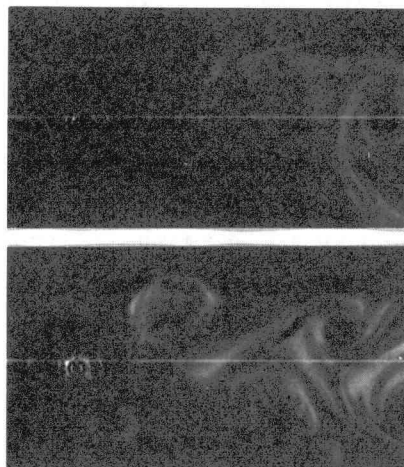


図 5 (写真1)