

箱型断面の空力弾性特性に関する実験的研究

京都大学工学部 正員 白石成人 京都大学大学院 学生員 ○斎藤恒範
 京都大学工学部 正員 松本勝 京都大学大学院 学生員 武内隆文

1. まえがき

構造物の耐風性状を検討するには、二次元部分模型および三次元空力弾性模型による風洞実験が考えられる。渦励振動現象は、その発生メカニズムに不明な点が多く、現在までにたわみおよびねじれ等の一自由度ばね支持系の応答特性の解明が主に進められてきた。

本研究の主目的は、渦励振動現象についての二次元部分模型実験による耐風性状の三次元構造物の空力挙動の評価への適用の第一段階として、たわみおよびねじれ振動モード間の相互干渉効果について風洞実験および水槽実験を行ない考察を加えるものである。

2. 実験内容および考察

対象断面として、1:2矩形断面(断面の主流方向長さ h と断面の主流直角方向長さ d の比が2.0である)を採用する。風洞実験に使用した部分模型の諸元は表-1に示す。

(1) たわみおよびねじれの一自由度自由振動実験

Strouhal数で規定される渦励振動限界風速 V_{cr} から始まる不安定域および $1/2 V_{cr}$ 付近の顕著な渦励振動領域について応答特性を調べる。(図-1. たわみA-V曲線)

さらに渦励振動の発生要因とされる後流渦の性状を調べる。第二の不安定域における後流渦周波数成分は系の応答振動数成分の他に、その2倍、3倍の周波数成分からなっている。(図-2. 後流渦測定)

(2) 水槽による流れの可視化

渦励振動の発生要因とされる後流渦に着目して断面まわりの流れの場を二次元的に観察する。模型を強制加振させ、風洞実験と換算風速を一致させる。 $1/2 V_{cr}$ の渦励振動時の流れの場は、静止時のそれと異なって模型の前縁ではく離した境界層が側面で渦となり、そのまゝ後流渦に成長する様子がみられる。

(3) $1/2 V_{cr}$ 付近の渦励振動に及ぼす乱流の効果

$1/2 V_{cr}$ 付近のたわみ渦励振動領域に着目して、可変翼による二次元不規則気流および格子による三次元乱流を与えた場合の応答特性を一樣流中の応答と比較を試みる。いずれの場合も一樣流中での応答特性とあまり変化がみられない。(図-3参照)

(4) 二自由度支持系におけるたわみおよびねじれの連成振動

MODEL	Span length $h \times d$	SPAN LENGTH m	I $(kg \cdot m^2)$	S_t
RECTANGULAR 1:2	15×30	9.3	0.610	0.0260

表-1

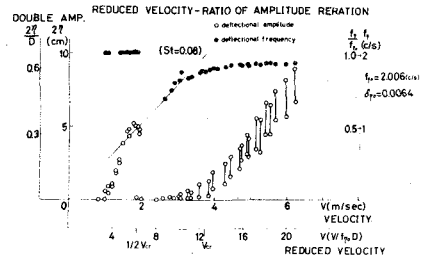


図-1

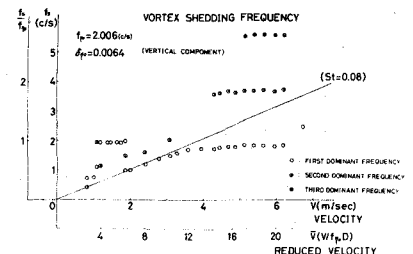


図-2

上述の1/2短形断面についてのたわみおよびねじれの各一自由度支持系における応答特性を把握して、次にたわみおよびねじれの二自由度ばね支持系において $1/2V_{cr}$ 付近および V_{cr} からの不安定域を対象としてたわみおよびねじれ振動間の相互干渉効果を調べる。

たわみおよびねじれの振動数比(f_y/f_z)を1および2を境として自由振動法に基づいて風洞実験を行ない、 $A-V$ 曲線、 $A-V-\delta$ 曲線を求める。二自由度系での $A-V-\delta$ 曲線と一自由度系でのそれとを比較してみる。

振動数比(f_y/f_z)=2.422の $A-V$ 曲線、 $A-V-\delta$ 曲線を一例として図-4～図-6に示す。この場合は、 $1/2V_{cr}$ 付近の渦励振動発生により、一自由度支持系で発生すべきたわみ振動が抑制されるのがみとめられる。

風速3～5m/secの風速領域において断面模型を静止拘束から放つとまず、たわみ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、ねじれ振幅が●印に到るまで成長するとたわみ振動は○印まで減衰し、最終的にねじれ振動が支配的(その到達振幅は●印)となった。さらに、たわみおよびねじれの連成振動も一部の領域で認められた。すなわち、この換算風速域では、一定振幅以上のねじれ振動がたわみ方向に減衰力として働くことが理解される。他方、たわみ振動は、ねじれ方向のモーメントに大きな励振力あるいは減衰力をも与えないことが理解できる。(ねじれの $A-V-\delta$ 図参照)。他の振動数比の場合については当日発表する。今回は、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たわみあるいはねじれ振動が支配的かどうかは確認できなかった。しかし、渦励振動時に作用する非定常空気力は、それと同一方向の振動モードばかりでなく、他の振動モードの振動系の動きに依存する自励的な空気力であることが理解できる。

3. 今後の課題

(i)たわみおよびねじれ振動モード間の干渉効果の実験についてたわみおよびねじれの初期減衰比をパラメーターに導入すること。(ii)さらにたわみおよびねじれの二自由度系の強制振動実験を行ない、連成振動時の非定常空気力を測定すること等が挙げられる。

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京都大学工学部岡南博夫、佐伯英和両氏に深く感謝の意を表します。

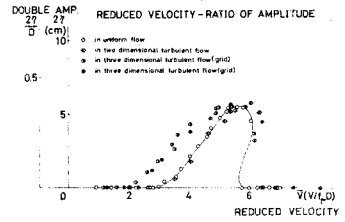


図 - 3

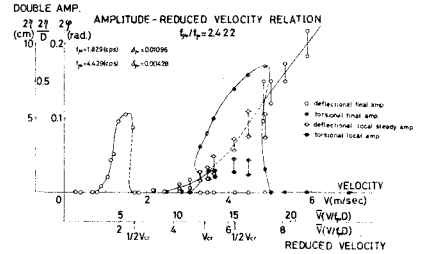


図 - 4

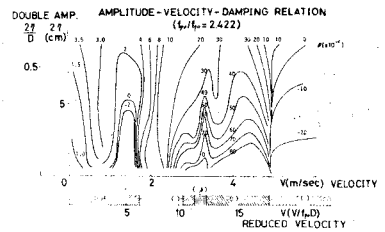


図 - 5

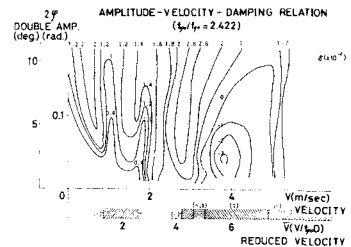


図 - 6