

京都大学大学院 学生員 佐伯 英和
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

本研究は1:2 矩型断面を有する空力弾性模型に一様流を作用させ、その渦励振動が各種モードによってどのように影響されるかを実験的に調べ、その結果を二次元剛体模型実験結果と比較検討すると共に、二次元剛体部介模型実験結果から解析的に得られた三次元構造物に対するV-A-δ図を空力弾性模型実験結果と比較検討したものである。

2. 二次元剛体模型実験

渦励振動現象における、曲げ・捻れ間の相互干渉を検討するため、断面の主流直角方向の長さ l と、主流方向の長さの比が1:2の矩型断面を有する二次元剛体模型を曲げ・捻れの二自由度にバネ支持し、振動数比 f_y/f_x を種々に変化させ風洞実験を行ない、その振動特性を調べた。その結果を図-1、図-2に示す。図-1は $f_y/f_x=2.422$ の場合の応答図の例であり、図-2は結果を整理したものである。図-2の縦軸は振動数比 f_y/f_x 、横軸は曲げに関する無次元風速であり、斜線部および点線領域はそれぞれ捻れおよび曲げ応答の発現領域を示す。結果として、捻れの $1/2 V_{cr}$ での渦励振動よりは曲げの $1/2 V_{cr}$ での渦励振動の方が卓越し、ギャロップングよりは捻れの渦励振動が卓越し、ギャロップングよりはフラッタが卓越するものと考えられるが、卓越すべき振動が小さい場合は、この結果に従わない場合も生じうると思われる。

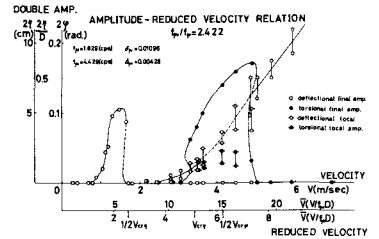


図-1

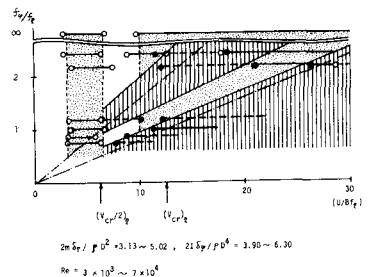


図-2

3. 空力弾性模型実験

渦励振動現象に対する三次元振動系における高次モード間の影響および二次元剛体模型実験結果との関連性を調べるため、最低一次モードの振動数比を2.418に設定した図-3に示す三次元空力弾性模型を使用し、風洞実験を行ない、その振動特性を調べた。実験条件は上述の二次元剛体模型実験での $f_y/f_x=2.422$ の場合に対応させて表-1のように設定したが、初期減衰、特に捻れの初期減衰は所要値と大幅な差を生じた。実験結果を図-4、図-5に示す。図中応答値はスパン中央付近の値であり、×印は振動モードを知るために検出された応答振動数を示す。以下に振動特性を二次元剛体模型実験結果と比較しながら検討する。

(1) 曲げ対称一次モードの $1/2 V_{cr}$ 付近における渦励振動発現風速域および応答曲線の傾向は二次元実験の結果と

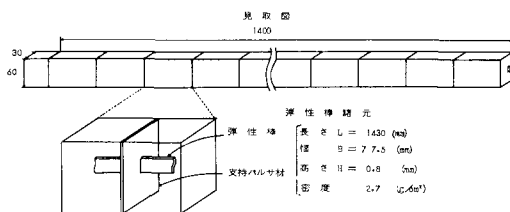


図-3

物理量	単位	記号	縮尺率	部分模型	空力弾性模型	高橋達
スパン長	m	l	1/n	0.93	1.4	1.4
厚み	m	b	1/n	0.13	0.06	0.06
高さ	m	h	1/n	0.15	0.03	0.03
単位長さ当りの質量	kg-sec ² /m ³	m	1/n ³	0.610	0.0244	0.02717
単位長さ当りの質量 (慣性モーメント)	kg-sec ²	I	1/n ³	0.260	0.0000416	0.0000410
固有振動数	cps	f _{n,SY.1}	$\sqrt{n}$	1.829	4.030	3.401
	cps	f _{n,SY.2}	$\sqrt{n}$	—	—	8.292
	cps	f _{n,SY.3}	$\sqrt{n}$	—	—	13.550
	cps	f _{n,AS.1}	$\sqrt{n}$	—	—	5.102
	cps	f _{n,AS.2}	$\sqrt{n}$	—	—	10.526
	cps	f _{y,SY.1}	$\sqrt{n}$	4.429	9.904	8.224
振動数比	—	f _{y,SY.1} /f _{n,SY.1}	—	2.422	2.422	2.418
初期減衰率	—	δ _n (at 16mm)	1	0.0167	0.0167	0.03654
	—	(at 12mm)	—	0.0159	0.0159	0.03621
	—	(at 8mm)	—	0.0149	0.0149	0.03547
	—	(at 4mm)	—	0.0137	0.0137	0.03180
	—	(at 2mm)	—	—	—	0.02850
	—	δ _g (at 0.20rad.)	1	0.00785	0.00785	0.11367
	—	(at 0.15rad.)	—	0.00683	0.00683	0.11700
	—	(at 0.10rad.)	—	0.00564	0.00564	0.12922
	—	(at 0.05rad.)	—	0.00436	0.00436	0.15217

表-1 1:2 矩型断面模型 縮尺条件 (二次元剛体模型および三次元空力弾性模型)

表-1

大体一致している。(2) 曲げ対称一次モードの $2V_{cr1}$ 以下の風速域においては、曲げ対称三次モードまでのそれぞれの $1/2V_{cr1}$ における渦励振動が順次発現するが、それにより曲げ対称一次モードの V_{cr1} からの第二の渦励振動が抑制されているものと考えられる。(3) 曲げ対称一次モードの $2V_{cr1}$ 付近よりギャロップングと思われる不安定振動が発現しており、この振動モードは $2V_{cr1}$ 以上の風速域においては、他のどの曲げの振動モードよりも卓越するものと考えられる。(4) $V=3.5\text{ m/sec}$ より $V=3.6\text{ m/sec}$ までは、曲げのギャロップングと接れフラッタの干渉領域であり、初期条件の場合により、どちらか一方が他方より大振幅値をとる領域である。(5) $V=3.6\text{ m/sec}$ 以上の高風速域においては、二次元実験でもみられるように、接れフラッタが他のどの振動モードよりも卓越してその発現が認められた。

以上本実験においては、従来行なわれている曲げ・接れ最低次モードの組み合わせによる二次元実験では評価できない曲げ振動同志の間に存在する各振動モード間の干渉、あるいは、ギャロップングと接れフラッタとの間に存在する干渉などの三次元的空力特性が明らかになった。

4. 数値計算による三次元空力特性の検討

二次元模型挙動から三次元構造物挙動を評価することは、対象振動モードに他の振動モードが影響をおよぼさない領域においてはある程度可能と思われるが、そのためには三次元構造物の振動モードを考慮に入れねばならない。本節においては非定常空力係数を振幅の関数として評価し、二次元実験結果における非定常空力係数を、三次元系の対称一次モードに関する振動モードで補正することにより、三次元系の $V-A-S$ 曲線を求めた結果について述べる。曲げについての結果を図-6に示す。(A)は使用した $f_p/f_n=2.422$ の場合の二次元実験結果、(B)はそれによる計算結果、(C)は三次元弾性模型実験における曲げ対称一次モードに関する結果である。(B)、(C)には、モードシェアの存在により曲線の立ち上がりが鋭くなる傾向がみられる。曲げの $1/2V_{cr1}$ における渦励振動に関しては、三次元実験結果(C)の方が(B)より応答値が小さいが、これは後流渦放出のスパレ方向の位相差がその一因として考えられる。 $\bar{V}=6.5$ 付近より $\bar{V}=24$ 付近までは、図-4に示すように、曲げの高次モードの渦励振動が発現している領域であり、(B)、(C)の傾向にはかなりの差異がみられる。

5. おわりに

1) Z型断面に関して、二次元剛体模型実験における、曲げおよび接れモード間の相互干渉の他に、三次元弾性模型実験において、曲げ振動同志のモード間の干渉や、ギャロップングとフラッタの干渉など、二次元剛体模型実験から予測できない空力特性が明らかになった。また数値解析によると、対象とする振動モードに他の振動モードが影響をおよぼす場合には、三次元空力弾性挙動は二次元結果より予測される挙動と大きく異なることが明らかになると共に、その他の領域ではある程度、三次元空力弾性挙動を二次元結果より評価しうるものと思われる。

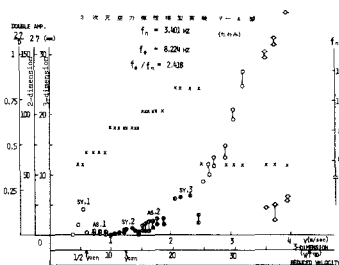


図-4

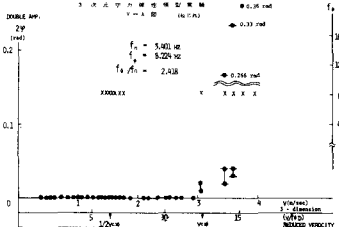
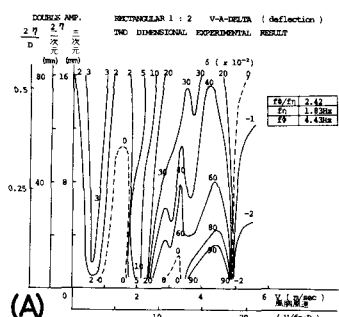
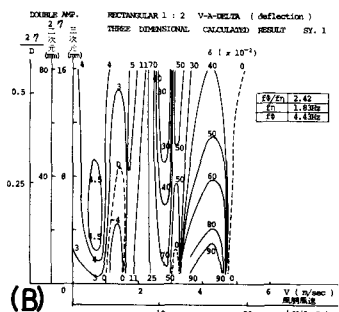


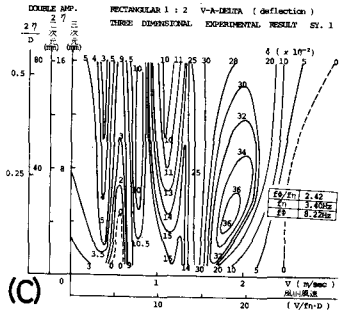
図-5



(A)



(B)



(C)

図-6