

I-327

矩形断面の防振装置に関する研究

川崎重工業(株) 正員 小川一志
川崎重工業(株) 正員 酒井洋典
川崎重工業(株) 正員 松田一俊

1. まえがき 矩形断面は構造物の基本断面形状としてよく用いられるが、構造物の剛性が弱いと渦励振やギャロッピング等の風による振動に悩まされることがある。著者らは先に正方形に近い矩形断面(断面比 $B/D=0.83, 1.0$)の対風防振に有効な『非対称円弧状導流板』を紹介したが、^{1)~3)}ここでは、もう少し横長の矩形断面(断面比 $B/D=2.0, 4.0$)にその導流板を適用した場合の防振効果について報告する。

2. 実験概要 風洞は川崎重工業㈱の構造物用風洞(高さ3.0m×幅2.5m×長さ20.0m, 気流の乱れ強さ0.2%以下)を使用した。供試模型は長さ2250mmの2次元剛体模型で、断面寸法は高さ150mm×幅300mmと高さ150mm×幅600mmの2種類である。検討の対象とした導流板の形状を表1に示すが、非対称円弧状導流板(ケース[2])の他に対称円弧状導流板(ケース[3])と角状導流板(ケース[4])を加えて、導流板の対風防振効果をより明らかにすることをねらった。模型振動実験は鉛直たわみ1自由度またはねじれ1自由度で行い、そのときの模型質量 m は $1.53\text{kg}\cdot\text{S}^2/\text{m}^2$ 、極慣性モーメント I_a は $0.0649\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{S}^2/\text{m}$ 、空気密度 ρ は $0.121\text{kg}\cdot\text{S}^2/\text{m}^4$ 、無風時対数減衰率 $\delta_\eta, \delta_\theta$ は0.011である。

3. 実験結果および考察 矩形断面に各種導流板を付設したときの防振効果を表2に示す。表中、 B は断面幅、 D は断面高、 η は鉛直たわみ1自由度振動、 θ はねじれ1自由度振動、 V は風速、 N は固有振動数を表し、実験風速は η に対して $V/N_\eta D=0\sim 50$ 、 θ に対して $V/N_\theta D=0\sim 43$ である。原断面では渦励振、ギャロッピング、ねじれフラッタと次々に振動を発生しているが、非対称円弧状導流板を付設すると、 $B/D=2, 4$ のねじれフラッタを除いて空力的に安定化することが認められる。

鉛直たわみ1自由度振動の耐風応答の例として、断面比 $B/D=2$ 、風の迎角 $\alpha=0^\circ$ のとき V - A 曲線を図1に示す。図中、 2η は鉛直たわみ倍振幅である。実線は安定な定常振幅、破線は不安定な定常振

表1 実験ケース

実験ケース	(1)	(2)	(3)	(4)
原断面	原断面	非対称円弧	対称円弧	角状導流板
概略図				
記号	○	◇	▽	△

表2 各種導流板の防振効果一覧

B/D	振動形	原断面		非対称円弧		対称円弧		角状導流板	
		0°	5°	0°	5°	0°	5°	0°	5°
1	η	○	○	○	○	○	○	○	○
	ギャロッピング	×	×	○	○	×	×	×	×
	θ	○	○	○	○	○	○	○	○
2	η	○	○	○	○	○	○	○	○
	ギャロッピング	×	×	○	○	×	×	×	×
	θ	○	○	○	○	○	○	○	○
4	η	○	○	○	○	○	○	○	○
	渦励振	×	×	△	△	×	×	△	△
	ねじれフラッタ	×	×	○	○	×	×	○	○

注) ○ 良, △ やや良, × 不良

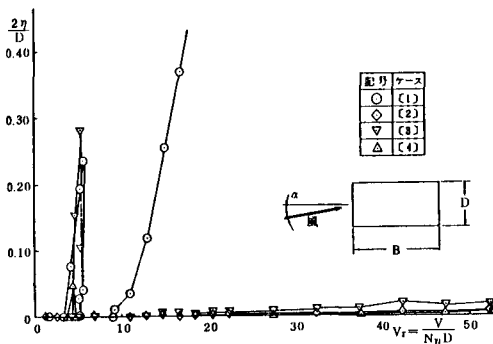


図1 V - A 曲線 ($B/D=2, \alpha=0^\circ$)

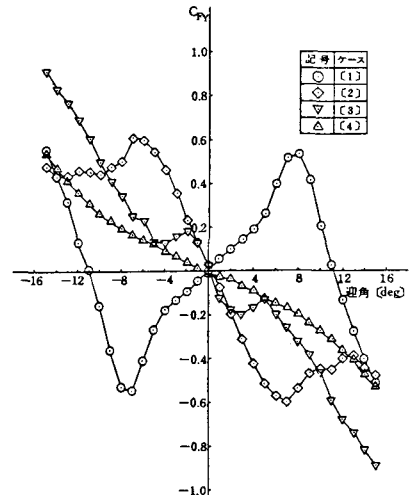


図2 CF_Y 曲線 ($B/D=2$)

幅を表す。渦励振はケース〔2〕(非対称円弧状導流板)を除く全ケースで発現し、特に、前縁はく離渦が強いと思われるケース〔1〕と〔3〕の応答値が大きい。渦励振開始風速は各ケースで $V/N_0 B = \frac{1}{0.5} \sim \frac{1}{0.6}$ となり、白石・松本による前縁はく離渦励振の開始風速 $\frac{V}{N_0 B} = \frac{1}{0.6}$ とほぼ一致する。⁴⁾ ギャロッピングはケース〔1〕(原断面)だけに発生しているが、その結果は図2の C_{FY} 曲線(C_{FY} の定義は文献2)を参照)に示すようにケース〔1〕のときだけ迎角 $\alpha = 0^\circ$ の近辺で C_{FY} 曲線が正勾配となることと対応する。また図3に定常圧力分布を図示するように、下面後縁側の圧力回復(前縁からはく離せん断層の再付着)がギャロッピングの防振に貢献している。

次に、ねじれ1自由度振動の耐風応答の例として、断面比 $B/D=4$ 、迎角 5° のときの $V-A$ 図を図4に示す。図中、 2θ はねじれ倍振幅である。ケース〔1〕(原断面)の場合、渦励振が低風速側(前縁はく離渦励振)と高風速側(カルマン渦励振)にあるが、導流板の付設により高風速側の振動は収まり低風速側だけとなる。その際、低風速側の応答振幅が導流板付設によって大きくなる傾向にあるのは興味深い。低風速側の渦励振の開始風速は各ケースで $V/N_0 B = \frac{1}{0.8} \sim \frac{1}{0.9}$ となり、白石・松本による前縁はく離渦励振の開始風速 $V/N_0 B = \frac{1}{0.9}$ とほぼ一致する。⁴⁾ ケース〔2〕

(非対称円弧状導流板)のとき、渦励振の応答振幅は一見大きいように見えるが、倍振幅 4° 以上の初期撓乱を与えて初めて励振される運動付随型であり、しかも発生風速域が極狭い範囲に限られているため実用上はほとんど問題ないと思われる。ねじれフラッタは全ケースにおいて発生し、その発生風速はケース〔1〕(原断面) < ケース〔3〕(対称円弧) < ケース〔4〕(角状導流板) < ケース〔2〕(非対称円弧)の順に高くなっている。図5の C_M 曲線において上記のねじれフラッタ発生風速の順番は迎角 $\alpha = 0^\circ$ のときの C_M 曲線の勾配と対応するが、迎角 $\alpha = 5^\circ$ のときのねじれフラッタの特性を十分に説明するものではない。 $B/D=4$ のときの定常圧力分布は紙面の都合上省くが、図3に示す $B/D=2$ の状態とほぼ同様である。上面後縁側の圧力回復の強さ(はく離せん断層の再付着の強さ)とねじれフラッタ風速の高さとは相関があり、前縁からはく離流をどこまで再付着させることができるかによってねじれフラッタの発生風速が決まっているように思われる。この点については今後さらに検討を進める予定である。

- 〈参考文献〉 1) 戸田, 山崎, 酒井, 小川; 土木学会年講, I-293, PP 585~586, 1984
2) 小川, 酒井, 松田; 昭和60年度日本風工学会年次研究発表会, PP 59~60, 1985
3) 酒井, 小川, 松田; 土木学会年講, I-229, PP 457~458, 1985
4) 白石, 松本; 昭和59年度日本風工学会年次研究発表会, PP 103~127, 1984

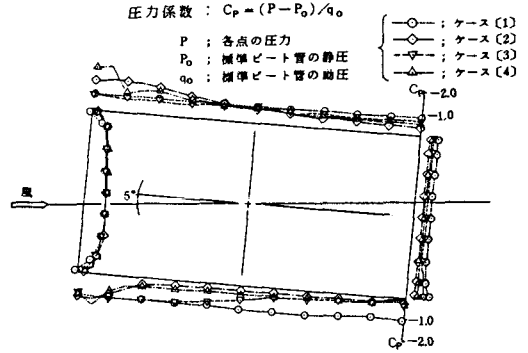


図3 定常圧力分布 ($B/D=2$)

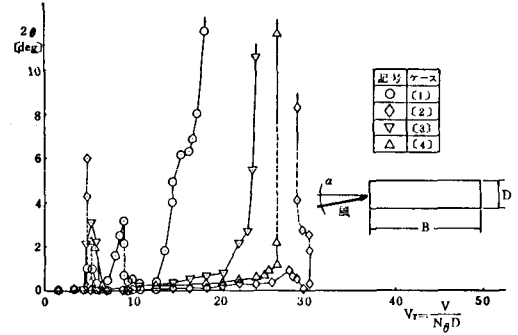


図4 $V-A$ 曲線 ($B/D=4$, $\alpha=+5^\circ$)

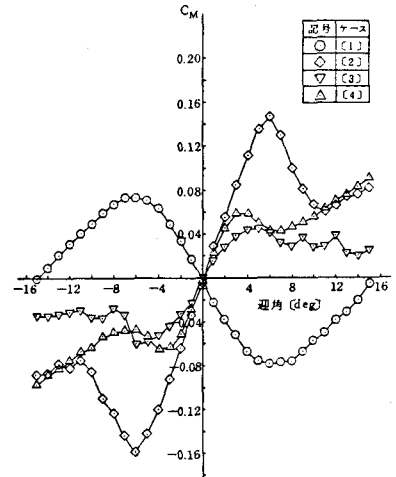


図5 C_M 曲線 ($B/D=4$)