

九州大学応用力学研究所 正員 中村泰治

〃 〃 〇吉村 健

1. まえがき

ランカ-橋等のアーチ橋の長大化に伴い、それらに使用されているH型断面材の風による振動が問題となっている。本研究は断面比が1:1と1:2のZ字元H型断面材の耐風安定性、特に揺りモードのフラッタについて風洞実験で調べたものである。

2. 模型と実験装置

模型はアルミニウムの角組と溶接スチール板で作った $h \times d \times t = 340 \times 340 \times 1.8 \text{ mm}$ (1:1) と $170 \times 340 \times 1.8 \text{ mm}$ (1:2) のH型断面材で (Fig-3参照), フランジセウエスは共に約 10° の角である。この模型を高さ $\times$ 幅 $\times$ 長さ = $4 \times 2 \times 6 \text{ m}$ の大型風洞に入れ、その両端を十字バネで支持し水平にセットした。(Fig-1, 2)

模型および想定した実構造の慣性モーメント、減衰減衰率等を Table-1 に示す。模型は想定実構造に比べてダンピング・パラメータ $\frac{Z^2}{\rho d^4} \cdot \delta_0$ が小さいので、要減ダンパで系の減衰率を増加させた場合についても調べた。

なお Fig-3 に示す位置に熱線フローブを置いて流速の風速変動も同時に検出した。

3. 実験結果

1:1 断面 最初に代表的な平均迎角に対する割合を述べる。Fig-4 に示すように、 $\alpha = 0^\circ$ では $\bar{V} \approx 7.8$ 付近で渦励振が生ずる。その最大振幅はダンピング・パラメータの値によって変化するが、実構造相当の他 $\frac{Z^2}{\rho d^4} \cdot \delta_0 = 2.94$ のときでも $\theta \approx 6^\circ$ に達する。模型の振動数 f は $\bar{V}$ で換えて $\bar{V} < \bar{V}_c$ で最大 -2.3%, $\bar{V} > \bar{V}_c$ で最大 +3.5% の変動がみられた。また $9 < \bar{V} < 11$ ではダンピング・パラメータが小さいと不安定なリミットサイクルがみられた。(図中点線)

Fig-5 に $\alpha = 78^\circ$ の例を示す。この迎角では高風速まで揺りフラッタが持続することの特徴がある。ダンピング・パラメータが大きい場合の応答曲線よりわかるように、低風速でのフラッタは渦励振であるが、高風速では明らかに渦せき果る原因で不安定が生ずるものと考えられる⁽¹⁾。このことは空力ダンピング係数曲線をみればより明確であろう。Fig-6 は自由振動法によって、 $\theta = 1 \sim 2^\circ$ における揺りモーメントの空力ダンピング係数 $k_a = \frac{Z^2}{\rho d^4} \cdot \delta_a$ ($\delta_a = \delta - \delta_0$, δ はその風速における対数減衰率) を求めてプロットしたものである。

次に Fig-7 に示すように、 $\alpha = 90^\circ$ では渦励振は $\frac{1}{2} \cdot \bar{V}_c$ 付近における発振 (以下これを第1の発振と呼ぶ) がみられる。渦励振は $\alpha = 0^\circ$ の場合よりも激しく、実構造相当の場合でも $\bar{V}_c$ 付近で $\theta = 15^\circ$ 以上の安定なリミットサイクルに到達した。第1の発振における k_a は非常に小さく、ダンピング・パラメータが大きいと系は安定である。

$\alpha = 0^\circ \sim 90^\circ$ における応答をまとめて、 $\theta \geq 1^\circ$ に関する安定限界図を作り Fig-8 に示す。同図より、渦励振は $3.5 < \alpha < 6.5$ 以外のすべての迎角でまた、高風速での揺りフラッタは $\alpha = 78^\circ$ 付近にお

α=30°付近に生じることがわかる。ただし α=30°付近に生じるフラッターは弱いものであった。

1:2断面 Fig-9 にみるように、α=0°では 1/2・V_{cr} 付近での第1の共振と渦励振に加えて、2・V_{cr} 付近でも弱い共振がみられる。タンセンク・ハフメーが大きいとこからこの共振のうち渦励振のみが生ずるが、V_{cr} 付近で θ=2° 程度の共振であり、同迎角での 1:1 断面に比べると共振は弱い。高風速まで持続する振リフラッターは発生する例として α=30° の場合を示す。(Fig-10)

Fig-11 が安定限界図である。一般に振リの渦励振は 1:1 断面に比べて弱い。また高風速での振リフラッターは α=10° 付近より α=30° 付近で発生した。

4. 振リフラッターと静的空力特性について

高風速で生ずる振リフラッターの主な原因は流れの遷移にあると考えられる⁽¹⁾。しかし、そのようなフラッターの発生を静的空力特性より予測することは難しい。いわゆる C_{Mα} の符号と振リフラッターの発生が必ずしも対応しないことは文献(1)で述べた通りである。H型断面材の空力特性は文献(2)に示されているが、上記の事情は H型断面材についても同様である。1:1断面の場合、α=78° における静的空力特性はこの付近で流れの再付着が生ずることを示し⁽³⁾、流れの遷移によるフラッターの発生を予想させるが、一方、同様に流れの変化が生ずる α=15° 付近ではフラッターは発生していない。また 1:2断面の場合、α=0° 付近ではフラッターの発生を予想させるが、α=30° 付近で発生するフラッターについては、目下のところ対応する静的空力特性の変化を認めることができない。今後の研究を必要とするゆえである。

5. 結論

本研究によって、1:1と1:2のH型断面材については、迎角によって振リの渦励振付らぬに高風速で持続する振リフラッターが生ずることが知られた。実験結果より判断して、実橋吊材においても振リフラッターが発生しうるとは充分に予想される。また同断面吊材は両側の渦励振付らぬにギャリビンクに対しても不安定であることと念ふべき⁽⁴⁾、橋梁吊材として H型断面を採用するときは耐風性のうえから検討すべき問題がどのように思われる。

本実験を行うにあたり、流体力学部門の杉本賢一助教授の協力を得た。風洞のオペレーションは 深所信博、渡辺公彦両氏による。しるして謝意を示す。

参考文献

- (1) 中村泰治、満田武人；矩形断面の振リフラッターについて、橋梁物の耐風性に関するシンポジウム、1972.12
- (2) 中村泰治、満田武人、吉村達；矩形およびH型断面材の静的空力特性について、土木学会西部支部研究発表会報告集、p.8.2.
- (3) Y. Nakamura & T. Mizota; Aerodynamic Characteristics and Flow Patterns of a Rectangular Block, Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Vol. XIX, No. 65, 1972.
- (4) 伊藤学、久保幸彦；ランガー橋におけるH型断面吊材の耐風設計、土木学会年次学ばり講演会講演要集、p.87.10.

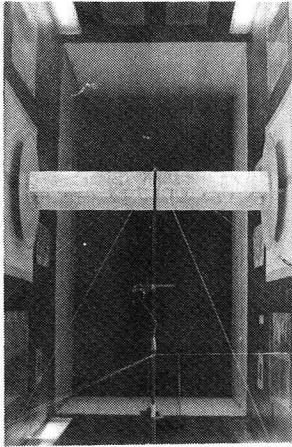


Fig. 1

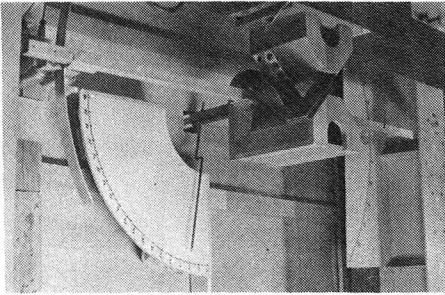


Fig. 2

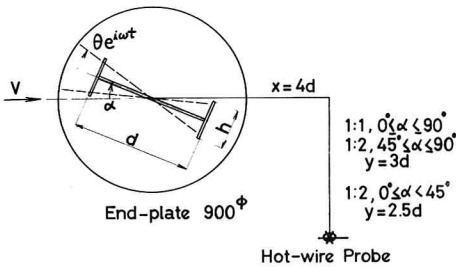


Fig. 3

Cross-Section	Natural Frequency f_n Mass Ratio $2l/\rho d^4$	Logarithmic Decrement δ_o	$2l/\rho d^4 \cdot \delta_o$
1:1	Model, $f_n = 1.63$ (1.72) $2l/\rho d^4 = 24.1$	0.0145	0.349
		0.0160	0.395
		0.0346	0.833
		0.0822	1.98
	Assumed Full Scale Str. * $2l/\rho d^4 = 276$	0.0100	2.76
1:2	Model, $f_n = 1.74$ $2l/\rho d^4 = 23.4$	0.0122	0.262
		0.0800	1.87
	Assumed Full Scale Str. ** $2l/\rho d^4 = 118$	0.0100	1.18

* 2 pls. 13x400, 1 pl. 6x374
 ** 2 pls. 20x200, 1 pl. 6x374

Table. 1

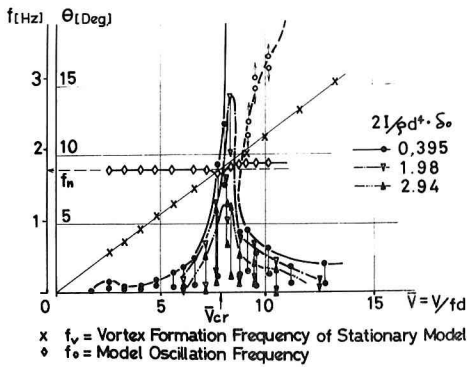


Fig. 4 1:1 Model, $\alpha=0^\circ$

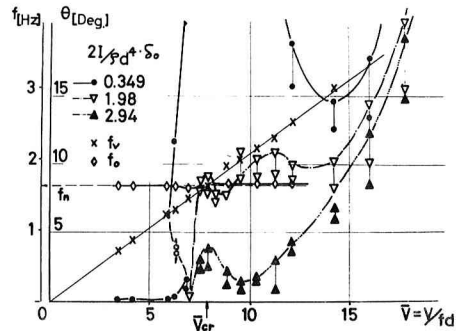


Fig. 5 1:1 Model, $\alpha=78^\circ$

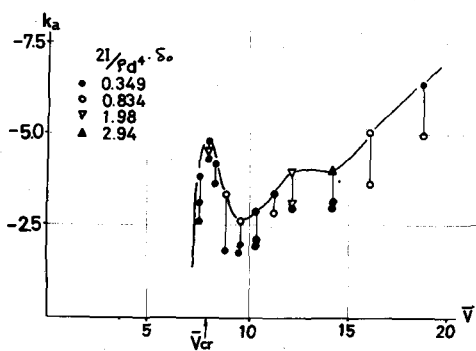


Fig. 6 1:1 Model , $\alpha = 78^\circ$

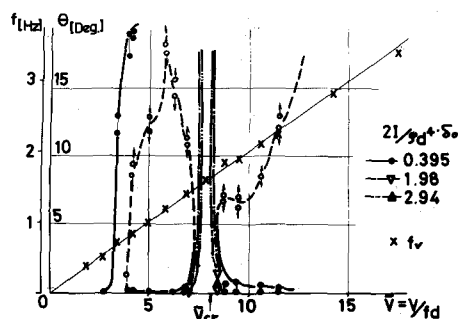


Fig. 7 1:1 Model , $\alpha = 90^\circ$

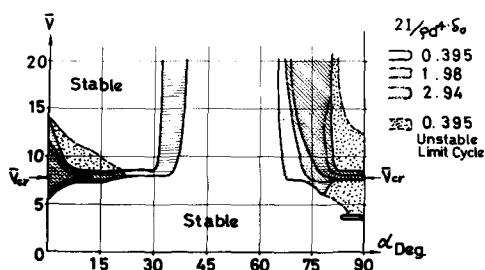


Fig. 8 1:1 Model

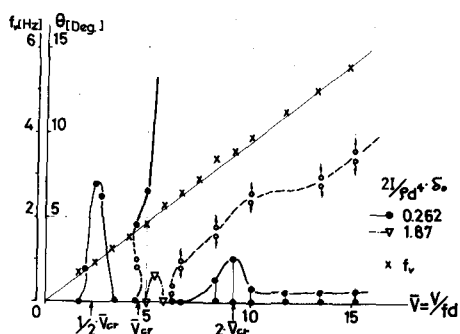


Fig. 9 1:2 Model , $\alpha = 0^\circ$

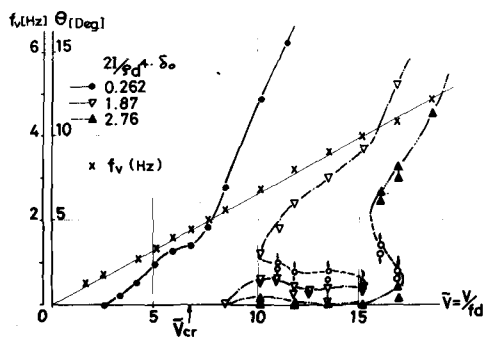


Fig. 10 1:2 Model , $\alpha = 30^\circ$

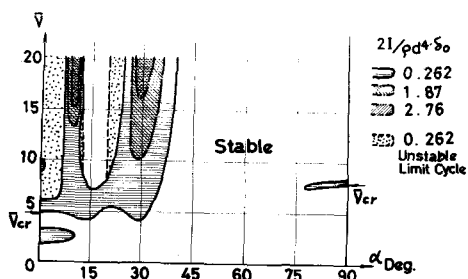


Fig. 11 1:2 Model