

九州大学応用力学研究所 正員 中村泰治

九州大学 工学部 学生員 中島正道

九州大学応用力学研究所 渡辺公彦

1. はしがき

扁平なH型およびT型断面柱の低風速励振を研究する過程で¹⁾、これら断面柱のストローハル数が、断面弦長を代表長にとるとき、断面比によらずほぼ一定となることを見出したので、その結果と低風速励振との関連について述べる。

2. 風洞と模型

模型はH型およびT型の二次元断面柱であって、弦長 $d = 18 \text{ cm}$ ($d = 36 \text{ cm}$ および 60 cm の場合も若干含む) と一定とし、桁高 h が種々変えられた。 $d/h = 1.0 \sim 9$ 。その長さは 65 cm であり、両端に端板 ($54 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$) が取付けられた。床面および桁の肉厚は 5 mm 。風洞測定部寸法は高さ $\times$ 幅 $= 3 \text{ m} \times 0.7 \text{ m}$ 。模型は風洞測定部中央で水平に固定された。I型熱線フローブを模型後方の適当な位置におき、その信号をスペクトル解析してカルマン渦の放出振動数が求められた。 $V = 5 \sim 11 \text{ m/s}$ 。

3. 実験結果

H型断面柱の、弦長 h を代表長としたストローハル数 $St(h) (= f_{vh}/V)$ を図1に示す。断面比 d/h を増やすとき、ストローハル数は2つの異なる分枝をもつ。ここでは第2の分枝に注目する。その存在範囲は広く $d/h = 2.0 \sim 8.0$ におよび、 $d/h = 2.0 \sim 3.5$ の範囲では、第1と第2の分枝が共存する。また、この範囲では、速度変動のスペクトルの山がいくつかあつて、第1の分枝と12リサチをとるべきみ定かでない。このような2つ以上の異なる振動数をもつ波形は、とくに後縁近傍に集中してみられる。第2の分枝にもっとも特徴的なことは、ストローハル数の代表的長として弦長 d をとるとき、 $St(d)$ がほぼ一定値 0.6 を示すことである。これを図2に示す。カルマン渦の発生が桁高 h よりむしろ弦長 d に依存するということは大々興味深い。同様なことがT型断面柱にもみられる(図3, 図4)。この特性は扁平な断面柱に共通するものと考えられる。

4. 低風速励振との関係

白石・松本²⁾によれば、曲げ低風速励振の共振角周風速は、 $\bar{V}_{cr} = V_{cr}/f d = 1.67$ および $1/2 \bar{V}_{cr}$ である。また、限界風速 $\bar{V}_{cr}$ は、物体運動により生じた前縁剥離渦が下流後縁に達する風速とも考えられている。図2によると、この限界風速 $\bar{V}_{cr}$ はカルマン渦との共振風速 $1/St(d)$ に一致する。また、前報¹⁾の実験結果もこれを支持している。一方、スプリッタ板を挿入すると、前縁で剥れた剪断層がスプリッタ板に再附着し、も早くカルマン渦の形成はなす。それにもよらず限界風速 $\bar{V}_{cr}$ より低風速励振は発生する。換言すれば、低風速励振は、一見、カルマン渦と無関係に発生する。しかし、なお、それは共振風速 $1/St(d)$ より発現する。この一見矛盾する関係が明らにされなければならない。

5. Edge tone との関係

問題は、“扁平な断面柱において、カルマン渦の放出が桁高によらず、むしろ、弦長によって定まるのは何故か?” ということに帰着する。この問題の鍵として、edge tone との関係を探る。単一の剪断層の共振は、それ自身のみでは伸々発現し難いが、下流に於いて edge があつたその影響を受けて容易に発現する。³⁾ たとえば、図5に示すように、cavity の上流端で剥離した剪断層は下流端による影響によって共振する。このとき、cavity の肉隔 d を用いて作らしたストローハル数 $St(d)$ が多くの場合一定となる。もし、同連の適当で cavity の音学振動と共鳴すれば、共振はさらに強えられる。これが edge tone として知られたものである。

さて、我々の問題に立ち戻り、H型断面柱は上下2つのcavityよりなるものとみることもできる。このとき、上下の斜衝剪断層が下流の桁によって、それぞれ、独立に発振する可能性がある。一方、2列の剪断層が干渉の結果発生するものがカルマン渦である。これを合せ考えれば、H型断面柱の場合、カルマン渦の発生が単一の剪断層の発振と同期しても不思議でない。このとき、弦長 d と代表長とするストローハル数 St が一定を示すことになる。事実、Rockwell³⁾によれば、edge toneの発生条件は、 λ と剪断層の波長とすると、 $d = n\lambda, n=1, 2, \dots$ で与えられる。本研究で観測されたカルマン渦は $n=1$ に相当し、また、径風速励振発振の条件もまたこれと一致する。

T型断面柱もH型断面柱と同様であって、後縁端が上下2つの剪断層の発振を主な擾乱源として働くものと考えられる。また、矩形断面柱も例外でなく、本研究で述べたことが同様に成立する。矩形断面柱において、 $d/h \approx 3.0$ 付近のストローハル数 $St(h)$ のジヤンフは、過去において剪断層の定常的再帰着と弄されてきた。しかし、それはedge toneの発生を意味し、定常的再帰着ではない。このことは、 $d/h \approx 3.0$ が局所的再帰着の始まりとする岡島杉谷の観測⁴⁾と符合する。

以上の考察より分るように、径風速励振の概念的定義をなせば、通常のカルマン渦励振と同様に、それは流体-構造物系に生じる連成フラッタである。しかし、扁平な断面柱の場合、 d/h の小さい断面柱と比較して、カルマン渦による励振力は非常に小さい。したがって、これを無視して、文献(2)で考案されているように1自由度フラッタとして取り扱うことが許されるであろう。

- 1) 中村, 中島, 渡辺: 本講演会概要集, 1983.
- 2) 白石, 松本: 土木学会論文報告集, 322号, 1982.
- 3) S. Ziada & D. Rockwell: J. Fluid Mech., 124, 1982.
- 4) 岡島, 杉谷: 流きの可視化, 2, 1982.

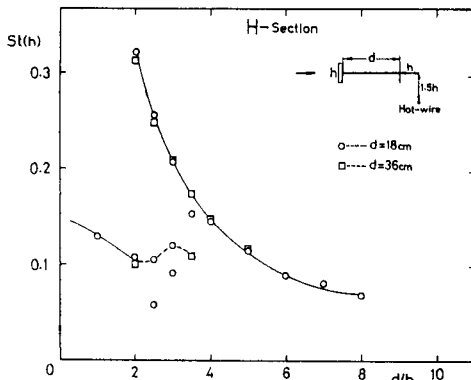


図 1

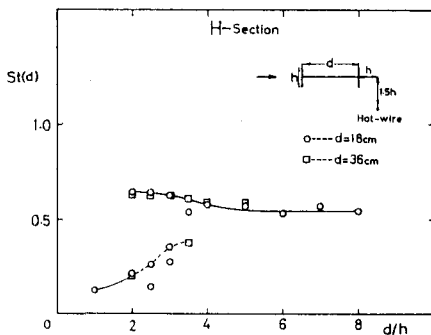


図 2

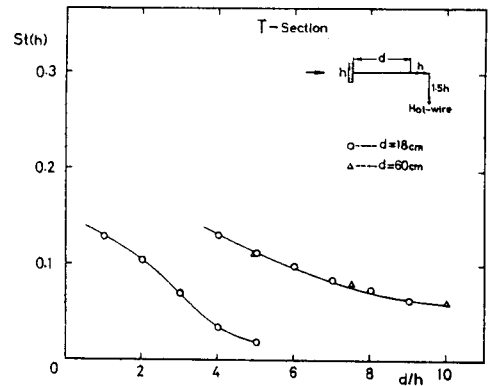


図 3

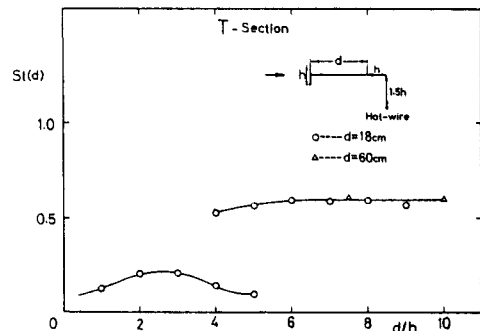


図 4

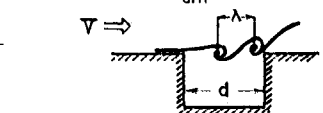


図 5

$$d = n\lambda$$

$$St(d) = \frac{Vd}{V} = \text{const.}$$