

迎角を有する長方形角柱の風による振動現象

立命館大学理工学部 正 小林 敏士

1 まえがき

長方形角柱を一様流中にはね支持したとき、気流の作用により、渦励振、ギャロッピング、フラッタなどの振動を発生することがある。角柱の一边の気流に対する角度(迎角 α)が 0° のときの振動現象については多くの研究がなされている。しかし、迎角のついた長方形角柱の振動現象の研究例は少なく、筆者の知る範囲では、わずかに中村・溝田¹⁾および Otsuki et al.²⁾ による報告があるのみである。それらによれば、たとえば高さ D 対幅 B の比が $D/B = 1/2$ の角柱は、 $10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ において振動を発生せず安定である。但し、迎角 α は長辺の気流に対する角度で定義する。

本報告は、 $0^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ$ の範囲において、 $D/B = 1/2$ の長方形角柱の一様気流による並進振動応答現象について追試を試みた結果を示すものである。筆者の風洞実験では、迎角が $\alpha = 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$ でも振動が発生した。その迎角範囲における応答現象は、 $\alpha = 0^\circ$ 付近の応答現象とは異なり、カルマン渦による強制振動の性格を持つものであった。

2 風洞実験

実験に用いた角柱は、高さ $D=50$ mm、幅 $B=100$ mm、長さ $L=688$ mmのアクリライト製のものである。長辺に直角方向に並進1自由度振動するようにばね支持した。重量は $W=1.32$ Kg、固有振動数は $N_0 \approx 5$ Hz、対数減衰率は $\delta_s \approx 0.003$ であった。迎角は $\alpha = 0^\circ \sim 25^\circ$ で 5° おきを設定した。無次元風速 $V_r = V/(N_0 D) = 0 \sim 15$ の範囲で一様気流を作用させ、応答振幅 y_0 を求めた。ここに V は一様流の速度である。

3 実験結果

図-1にそれぞれの迎角の場合の応答・風速曲線を示す。応答曲線のうち破線は、静止状態からは長時間にわたり振動が発生せず、大振幅を与えたときのみ定常的な振動を生じたときの振動を示す。横軸の下に示した矢印は、静止角柱の後流変動から求めたカルマン渦の発生周波数に対する共振風速である。

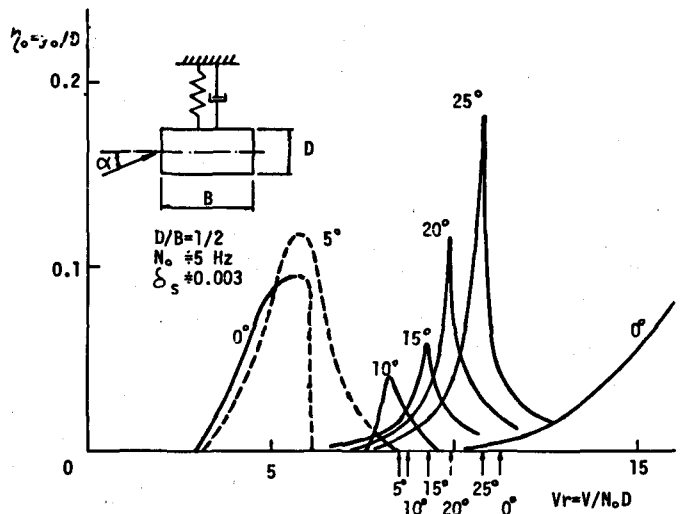


図-1 応答曲線

Hiroshi KOBAYASHI

4. 考察

$\alpha=0^\circ$ における渦励振 ($V_r=5$ 付近の振動) は、前縁剥離渦による振動であると考え^{3),4)}。
 $\alpha=5^\circ$ の場合も同様な励振機構に基づく渦励振であろうことは、図-1の破線で示された自励的現象のあることおよび共振風速 $V_{r,cr}$ が振動発生領域内に含まれていないことから推察される。

一方、 $\alpha=15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$ における渦励振は、カルマン渦による強制振動であると考え。その根拠は、後述の図-2に示すように、①角柱の応答振動数はカルマン渦の発生周波数とほぼ同じ振動数成分を持つこと、②応答曲線の形状が、1自由度系の共振曲線と類似していること、および③応答の最大値を与える風速と $V_{r,cr}$ とがほぼ一致することである。

図-2は、 $\alpha=25^\circ$ のときの応答特性を示すものである。図中、●は応答振幅の実測値、○は応答の振動数 N を固有振動数 N_0 で除したものである。また、曲線は、カルマン渦の発生に伴ない次の形の空気力が角柱に作用すると仮定したときの共振曲線である。

$$F(t) = \frac{1}{2} \rho V^2 D L C_{L0} \cos(2\pi f_v t)$$

但し、 ρ =空気密度、 C_{L0} =揚力係数、 f_v =カルマン渦の発生周波数である。簡単のため、 $C_{L0}=2.0$
 $\delta=0.02$ (V, α にらず一定) として計算した。

$\alpha=10^\circ$ の場合、上述の2種類の現象が混ざり合ったものではないかと考える。

5. 結論

$D/B=1/2$ の長方形角柱の並進振動の渦励振は、応答現象から次の2種類の発生要因を持つ振動に区別された。

①前縁剥離渦による渦励振 および ②カルマン渦による渦励振

6. あとがき

次の事Kについて今後なお調査する。①文献D, 2)の結果と異なり、 $10^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ$ で振動が発生した理由、②2種類の応答現象に対するカルマン渦、前縁剥離渦の影響の度合。

り中村・溝田、構造物の耐風性に関する第2回シンポジウム、1972

参考文献 ② Otsuki, Y., Washino, K., Tomijawa, H., Ohya, A. and Fujii, K., Wind Effects on Buildings and Structures, 1971

③ 小林・小松、土木学会第32回年次学術講演会、昭52

④ Komatsu, S. and Kobayashi, H., Jour. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 6(1980)

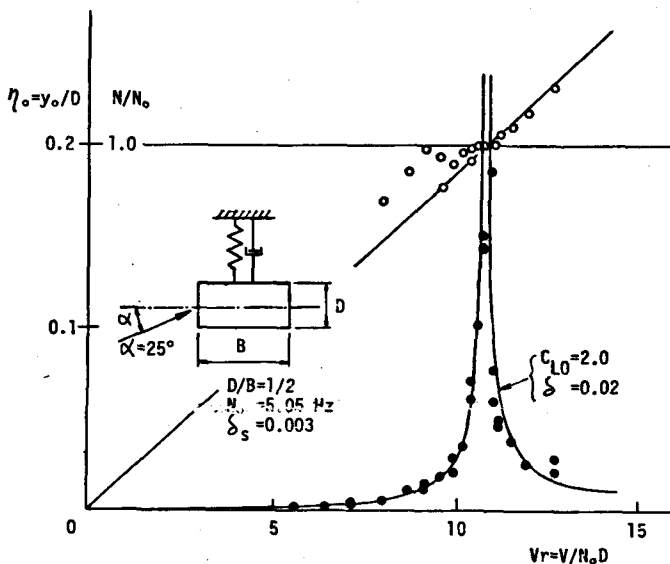


図-2 $\alpha=25^\circ$ のときの応答特性