

I-321

振動する矩形柱の臨界断面

九大大学院 学生員 〇平田勝哉 九大応力研 正会員 中村泰治 杉谷賢一郎

§1. 序 一般的土木構造物は、流れが剥離し複雑な後流を発生する Bluff-body と考えられる。本報は Bluff-body の一つである矩形断面柱の振動する場合について、特に臨界断面に注目して行った実験研究である。ここに臨界断面とは、断面比: d/h (d : 幅, h : 高さ) のある値において背圧係数: $C_{pb} (= (P_b - P_\infty) / (0.5 \rho V_\infty^2))$ が急低下する断面である。

中口ら¹⁾は、主流に対して直角に置かれた矩形断面柱に対し、 d/h が 0.6 付近で C_{pb} の劇的に減少する臨界断面があることを報告し、その断面では後流の巻き込みが強くなっていることを煙法で示した。また渦放出ストローハル数の急激な変化から、再付着流れが $d/h = 2.8$ 付近から起こっていると考えた。

Bearman & Trueman²⁾は中口らの結果を追試し、矩形断面柱にスプリッター板を付けると C_{pb} の臨界的変化がないことから C_{pb} の急落は渦の規則的放出によることを示した。また、染料による流れの可視化により、臨界断面現象を剥離した後流域の大きさで説明し、臨界断面をこえると後縁角の影響により後流域の大きさが大きくなると考えた。

中村と友成³⁾は臨界断面付近での矩形断面柱に小さな迎角を与えた実験を行い、準定常理論の見地からソフトギャロッピングの発生と臨界断面に密接な関係があることを示した。また、その関係が矩形断面柱によらず After-body と Fore-body の関係によることも述べた。さらに彼らは⁵⁾ 静止した D 型断面柱に関する実験研究を行い、ソフトギャロッピングの発生と臨界断面の関係が再付着型平均圧力分布に起因することを述べた。

振動する矩形柱に対する研究では、溝田と岡島⁶⁾が実験を行い、 $d/h = 0.4$ 付近で臨界断面が振幅によらず存在することを報告した。

本報は、臨界断面から再付着型平均圧力分布が始まると考えて、側面の圧力分布に注目して、振動する矩形断面柱に関する実験を行ったものである。

§2. 実験方法・装置 本実験は、高さ×幅×長さ = $3\text{m} \times 0.7\text{m} \times 2\text{m}$ の測定部をもつ吹出型低速風洞で行われた。一様流速は $V = 2.5 \sim 10 \text{ m/s}$ の範囲で変化させた。本実験では、高さ: $h = 15 \text{ cm}$, 幅: $d = 3 \text{ cm}$ と 6 cm の矩形断面柱モデル(本製)を用いた。実験レイノルズ数は h を代表長として $2.5 \times 10^4 \sim 10^5$ 程度であった。角柱両端には1辺45cmの正方形端板を取り付け、流れの二次元性を確保した。閉塞率は5%であった。本報では閉塞率に対する補正は行っていない。モデルは、中心部にアルミパイプを通し、それによって測定部の外に加振装置に主流と直角方向に固定された。加振は主流と直角方向に振動数6Hz、振幅1.5cmで行われた。モデル前面に矩形断面の発泡ポリスチレンを付加すること

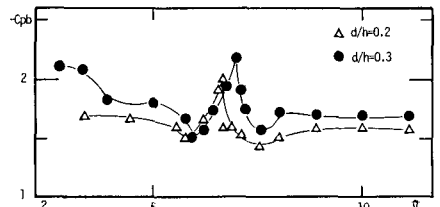


図-1. 振動矩形柱の背圧係数

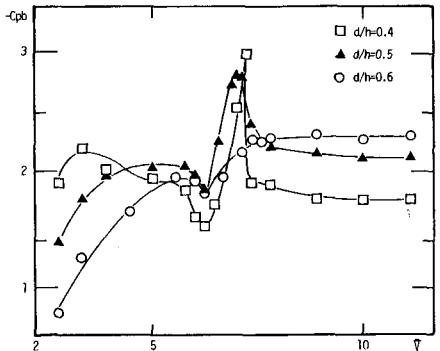


図-2. 振動矩形柱の背圧係数

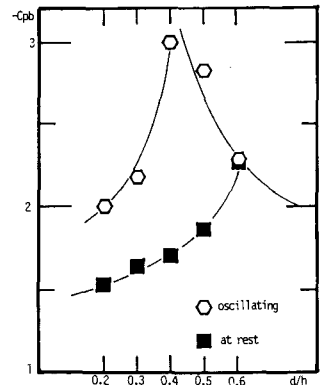


図-3. 断面比に対する背圧ピークの変化

で、 d/h は0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6となるようにした。モデルのスペン中央において全周に圧力孔を約50個穿ち、ビーン・パイプにより圧力変換器に導き、時間平均圧力を測定した。圧力孔は内径0.3mmであった。本報は、それらの代表的結果を示す。

§3. 結果と考察 図-1, 2は $d/h=0.2 \sim 0.3$ と0.4~0.6の振動矩形柱について無次元流速 $\bar{V} (=V/\sqrt{gRh})$, $f=6\text{ Hz}$ に対する C_{pb} の変化を示す。 $d/h=0.5$ 以上で低流速において C_{pb} が回復しているのが認められる。

図-3には d/h に対する C_{pb} の変化を示す。加振時の C_{pb} は共振風速($\bar{V}_r$)での値である。加振時には $d/h=0.4$ 付近で C_{pb} が急落する臨界断面のあることが分かる。

図-4~7は、 $\bar{V}_r$ とその前後の流速での圧力分布を示す。

図-6 ($\bar{V} = \bar{V}_r$) で $d/h=0.5, 0.6$ で明らかな再付着型平均圧力分布が現われている。側面から背面にかけて連続的な圧力分布を考えると、再付着型の始まりは $d/h=0.4$ 付近であることが分る。ただし $d/h=0.4$ の C_{pb} が $d/h=0.5$ のそれより大きいのは $d/h=0.4$ でのピークの鋭さのゆえに微妙な流速の違いで $d/h=0.5$ の C_{pb} より小さい値を再現できなかったからである。

図-5 ($\bar{V} = 3.9$) から図-6と同様に、 $d/h=0.4 \sim 0.6$ で明らかな再付着型圧力分布が認められ、再付着型の始まりは $d/h=0.3$ 付近と考えられる。すなわち、流速の低下とともに臨界断面の発生が促進される。また、図-1, 2において d/h が大きい時、 C_{pb} が回復していることもよく一致している。

図-7は共振風速より大きい $\bar{V} = 8.9$ における結果であるが、傾向は図-4の静止の場合にむしろ近い。

§4. 結論

1) 振動物体においても側面の再付着型圧力分布は臨界断面より発生する。

2) 臨界断面の発生は、流速の低下によって早められる。

<参考文献>

- 1) 中口, 橋本, 武藤: 矩形断面の柱の抗力に関する実験, 航空学会誌, 第16巻, 第168号, 1, 1968.
- 2) P.W. Beaman & D.M. Trueman: An Investigation of the Flow around Rectangular Cylinders, Aeronaut. Q., Vol. XXIII, Part 3, 1972.
- 3) Y. Nakamura & Y. Tomonari: Pressure Distributions on Rectangular Prisms at Small Incidences, T. Japan Soc. Aeronaut. Space Sci., Vol. 21, 1979.
- 4) Y. Nakamura & Y. Tomonari: Galloping of Rectangular Prisms in a Smooth and in a Turbulent Flow, J. Sound Vibration, Vol. 52, 1977.
- 5) Y. Nakamura & Y. Tomonari: The Aerodynamic Characteristics of D-section Prisms in a Smooth and in a Turbulent Flow, Aeronaut. Q., Vol. XXXII, Part 2, 1981.
- 6) 溝田, 同属: 振動する角柱まわりの流場の特性と流体力に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第327号, 11, 1982.

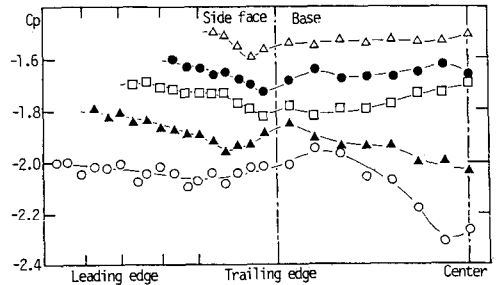


図-4 静止矩形柱の側・背面の圧力分布($\bar{V}=6.7$)

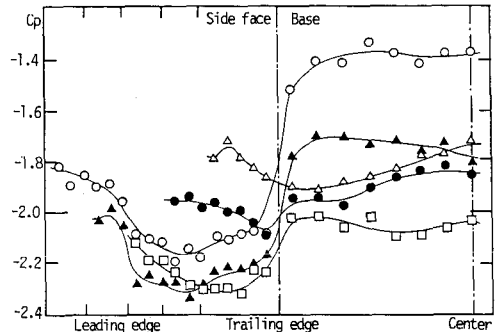


図-5 振動角柱の側・背面の圧力分布($\bar{V}=3.9$)

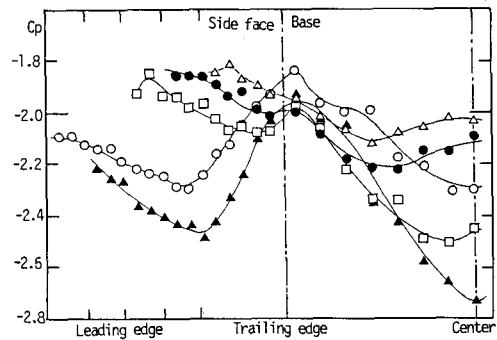


図-6 振動角柱の側・背面の圧力分布($\bar{V}=\bar{V}_r$)

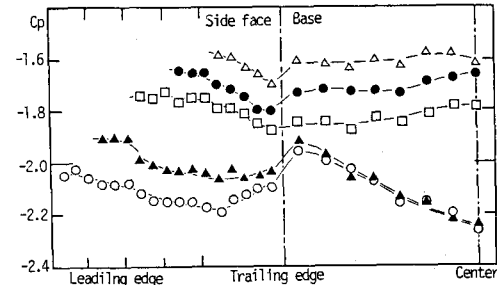


図-7 振動角柱の側・背面の圧力分布($\bar{V}=8.9$)