

扁平構造断面柱のねじれの渦励振

九州産業大学工学部 正 吉村 健 ・ 学 ° 赤松輝雄・屋嘉克則・衛藤智徳
 有明工業高等専門学校建築学科 三宅昭春

1. 自由せん断流の層流乱流遷移と *impinging shear layer*^(1,2) 層流のせん断流が乱流に遷移する過程で、ごく初期における“線形領域”では、ある周波数帯域の攪乱(速度変動)のみが成長する(selective amplification)。その後、この攪乱の波形がくずれて高調波と分数調波を生じる“非線形領域”と、これに続く“偶然化領域”を経て乱流となる。図-1は、線形と非線形の領域における流れの一例を示す模式図である。

Re数の大きい自由せん断流では、境界層と比べて線形領域における成長率が非常に大きいためにその領域は短かく、乱流への遷移が速い。ところが、ある種の additional control が存在すると、乱流への遷移が抑制されることがある。その一例が写真-1に示す流れであって、噴流がウェッジに impinge すると、上記の selective amplification がなされるべき周波数帯域の変動の中で、ある種の成分のみが amplify される。この種の流れを *impinging shear layer* と呼ぶ。凹みにおける剝離せん断流も写真-1の流れと本質的に変わらない(写真-2参照)。

以上に記した流れの不安定現象は、流れの場における一種の feedback によって自動的に control されるものであって、self-control involving fluid-dynamic feedback と呼ぶ。さらに、流れの中に弾性体があつて(たとえば、写真-1のウェッジが弾性体の場合)、これが振動することにより、新たな feedback が追加されることがある(self-control involving body-resonant feedback)。以上のようにしてcontrolされた速度変動(写真-1に見た進行波状の流線)は、“渦”とみなすことができるので、これによる弾性体の自動振動は“渦励振”である。

2. 渦励振特性と流速変動 凹みにおける剝離せん断層の場合、 $\lambda = d/n$ (d は凹みの幅、 $n = 1, 2, \dots$)なる波長の変動のみ selective amplification が行われ、ストローハル数 $St = f d / V$ (f は変動の周波数、 V は流速、凹みの深さ h を一定と考える)は、 d の値によらずほぼ一定をとる¹⁾。したがって、種々の d を有する凹みで、その底に弾性膜を張った模型は、 d の値によらずほぼ一定値の共振風速 $\bar{V}_{cr} = 1/St$ 付近で渦励振を生じることが予想される。図-2は、これを確認する目的で行った実験の結果であって、図示する励振の発生風速域は、予想どおり横ばい状を呈する。振動膜まわりの流れの可視化実験結果によれば、第1～第3の発振風速域(Δ 印)では、第3～第1高調波($n = 3 \sim 1$)の渦が認められた。H型と矩形の断面柱に関するねじれの渦励振の結果を、それぞれ図-3, 4に示す。図中IV, Vと記される応答と図-2の応答との間に共通の特性が認められ、文献3, 4に記されているように、これらが *impinging shear layer instability* に起因する渦励振であることを示唆している。ただし、図の結果は、模型の後方にスプリッター板を挿入してカルマン渦の発生を抑制した場合の結果である。

上記の示唆が妥当かどうかを検証する目的で、スモークワイヤー法で流れを可視化し、これをビデオカメラで撮影した。得られた結果をテレビモニターで再生し(たとえば写真-2)、その剝離せん断層(流脈)の上下方向の変動を光学変位計で電気信号に変換した。その一例を図-5に示す。一般的特性として、図の(a)に示すように、ほぼ周期的な変動成分が間歇的に生じることがあげられる。図-2～4に示した渦励振発生風速域に、図-5のような変動周期から求めた共振風速が含まれることのみここでは記すにとどめ、スペクトル解析の結果については、後日報告することにした。

3. むすび 本研究によって、扁平構造断面柱のねじれの渦励振が、*impinging shear layer instability* に起因するフラッターであることが示された。また、一方向型吊屋根の渦励振も、これと全く同じ発生機構のフラッターであることを文献5に記している。最後に、本研究を行うにあたり、九産大土木

の亀井頼隆氏と大学院生・卒研生諸君の援助を受けたことを記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) E. Naudascher : Flow-induced forces and vibrations, Tokyo, 1982.
- 2) 谷 一郎 : 流体力学の進歩 乱流, 丸善, 1980.
- 3) Y. Nakamura and M. Nakashima : Vortex Excitation of Bluff Prisms with Elongated Rectangular, H and T Cross-sections, J.F.M., Vol. 163, 1986.
- 4) 吉村 ほか : 扁平構造断面柱のねじれの渦励振, 風工学シンポジウム論文集, 1986.
- 5) 三宅 ほか : 膜構造のフラッター, 本概要集.

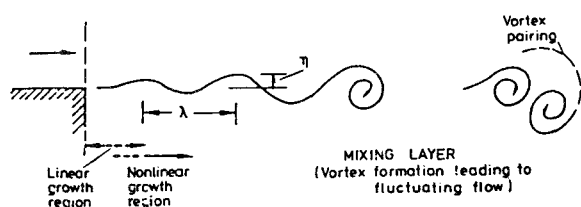


図 - 1¹⁾

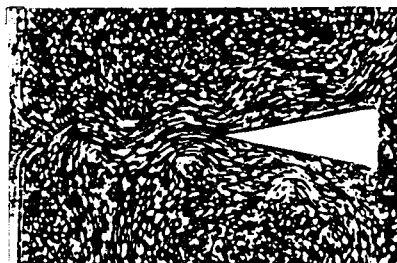


写真 1¹⁾

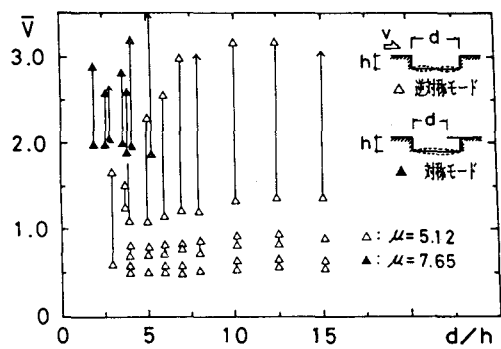


図 - 2

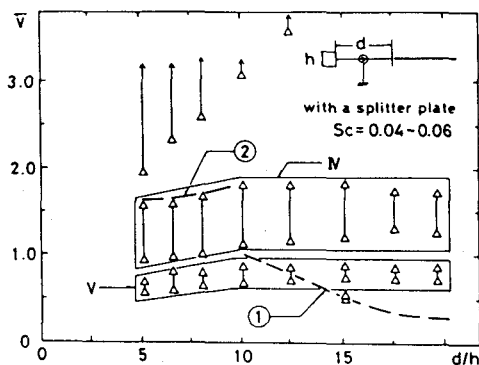


図 - 3

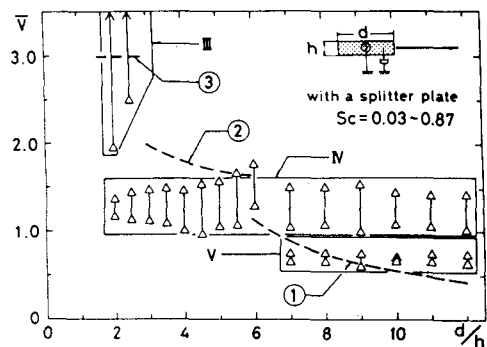


図 - 4

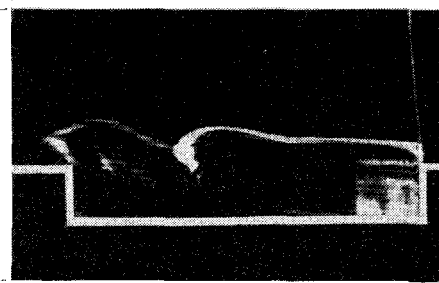


写真 2

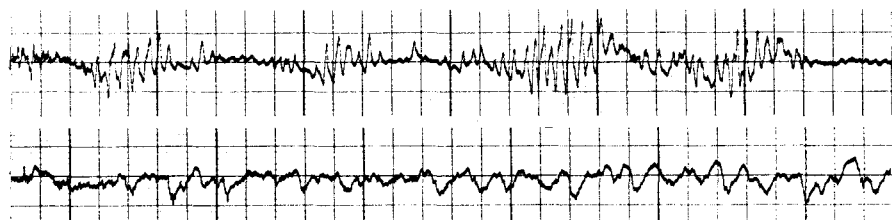


図 - 5 (a)

図 - 5 (b)