

H-3

ウェイクフラッター風力発電システム構築の試み
— その2 複数平板のフラッター特性の検討 —
Development of a Wake Flutter Wind Power Generation System
Part 2: Study on Flutter for Multiple Plates

○鈴木望美¹, 長谷部寛²
 *Nozomi Suzuki¹, Hiroshi Hasebe²

Abstract: Flutter is a dangerous vibration that increases with slight increases in wind speed. If its energy can be recovered, it can lead to new wind power generation. Few studies have been conducted on the vibration characteristics of flat plates in tandem arrangement. Therefore, this study investigated the vibration characteristics by varying the edge length ratio, wind speed, and center distance. As a result, the second model vibrated more greatly than the first model in some cases. It is implied that further models can be arranged in the wake flow.

1. 研究背景

フラッターはわずかな風速の増加でその振動が非常に増大する危険な振動であり、通常の橋梁では避けなければならない空力不安定現象である。一方で橋を揺らすほどの振動が有するエネルギーを回収できれば、新たな風力発電の確立につながる。現在の風力発電は風を受けて回転するプロペラ式が一般的であるが、風車の後ろに形成される流れ（ウェイク）は乱れが強いいため、距離を離さないで下流側に新たな風車を設置することが出来ない。ウェイク内においても複数の振動子が激しく振動することは、発電デバイスを高密度に配置できることにつながり、従来の風力発電にはないメリットになると考えられる。そのような観点から本研究室では、ウェイク振動を利用した新たな風力発電法の構築に取り組んでいる[1], [2].

本報告では、ウェイクフラッター発電の主要構成要素である複数平板のフラッター特性を検討したので報告する。

2. 実験条件

Figure 1 に実験装置の全体像を示す。風洞は正方形断面 22.5cm×22.5cm の吹き出し口を有する開放型風洞であり、軸流ファンで吸い込んだ風をハニカムで整流して吹き出す簡易的な機構である。吹き出し口の先に、平板模型の配置間隔を調整可能なフレームを取り付けた。

平板模型は figure 2 に示すように、高さ D を 10mm とし、幅 B を 60mm, 80mm, 100mm の 3 パターンを用いた。すべてスパン 300mm である。模型はバネ定数 0.07N/mm のバネで 8 点支持した。質量は 28g, ねじれの固有振動数は 1.175Hz である。

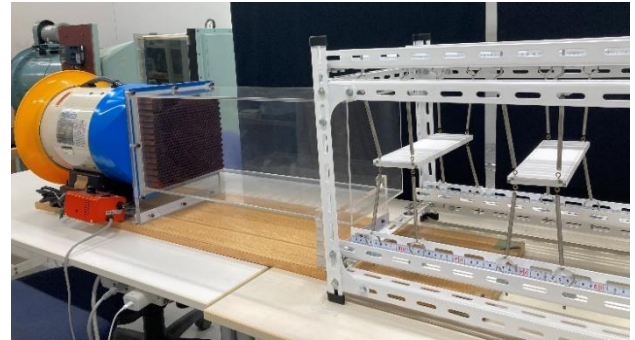


Figure 1. Experimental Setup

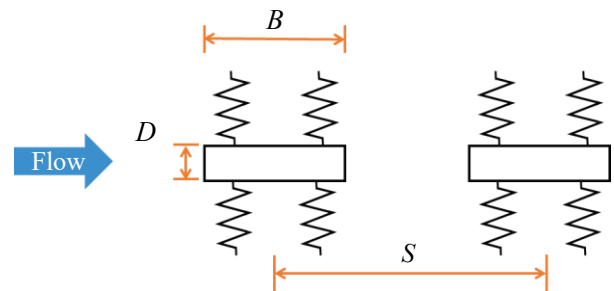


Figure 2. Experimental Models



Figure 3. Wake Flutter

3. 実験結果

(1) 辺長比の影響

平板模型を風軸直列方向に2体並べ、ウェイクフラッターを発生させた様子を figure 3 に示す。Figure 4 に各辺長比の1体目と2体目のねじれ倍振幅 2ϕ を示した。ここで、風速は安定に実験可能な、最大値 7.2m/s で測定を行った。模型の中心間距離 S/B は2.75とした。

辺長比6では1体目の振幅が大きいものの、辺長比8では2体目の振幅が大きくなるのが分かった。また、辺長比10では1体目、2体目のどちらも他の場合と比べて振幅は小さかった。このように複数平板の振動性状は辺長比に大きく依存することが確認された。今回の結果から2体目の振幅が大きくなると、模型を3体以上並べて、より効率よく発電できる可能性があることから、さらに辺長比8の場合の検討を行った。

(2) 風速の影響

Figure 5 に風速を変化させたときの1体のみ、1体目、2体目のねじれ倍振幅の変化を示した。無次元風速 $V_r = U/fB$ で整理した。ここで U は風速、 f はねじれの固有振動数である。

その結果、 $V_r = 35.1 \sim 58.1$ の範囲では1体目のみの場合が、2体並べた場合のどちらの模型よりも倍振幅が小さくなった。このことから2体並べたことでより揺れやすくなったと考えられる。また $V_r = 42.6 \sim 47.9$ の間で急激に倍振幅が増加しているため、この範囲でフラッターが生じたと考えられる。 $V_r = 47.9 \sim 71.3$ の間では1体目、2体目ともに倍振幅がほとんど増加しなかった。 $V_r = 71.3 \sim 76.6$ では1体目と比較して、2体目のねじれ倍振幅が大きくなるのが分かった。この範囲ではウェイクの影響が強まっていると示唆される。しかし、周期的に振幅が増減する不安定な振動性状であった。そのため安定した発電を行うためには $V_r = 50 \sim 70$ の範囲が適切と考えられる。

(3) 中心間距離の影響

(2)での検討から無次元風速 $V_r = 76.6$ の場合、振動が不安定であったため、 $V_r = 71.3$ で実験を行った。Figure 6 に辺長比 B/D が8の平板を2体直列配置した状態で、 S/B を0.25ずつ変化させたときの1体目、2体目のねじれ倍振幅の変化を示した。

その結果、 S/B が1.75から3.0の間では1体目より2体目のほうが倍振幅が大きくなるのが分かった。 S/B が2.5の場合、1体目と2体目の倍振幅が同程度で、1体目より2体目のほうが倍振幅が大きいため、辺長比8、 $V_r = 71.3$ においては S/B を2.5にするのが最も発電効率が良いと考えられる。

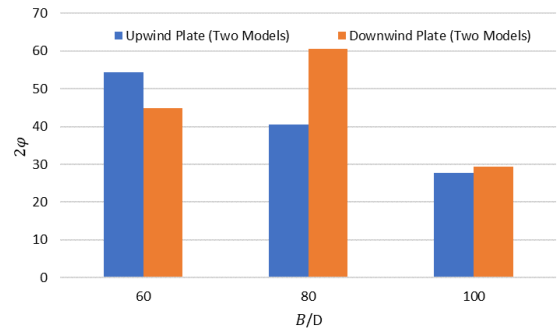


Figure 4. Torsional Angle of Plates with Different Edge Length Ratio

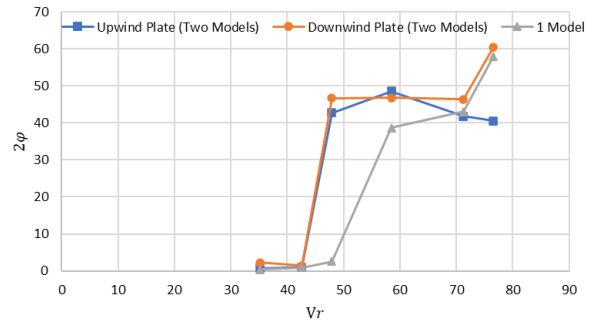


Figure 5. Normalized Wind and Torsional Angle

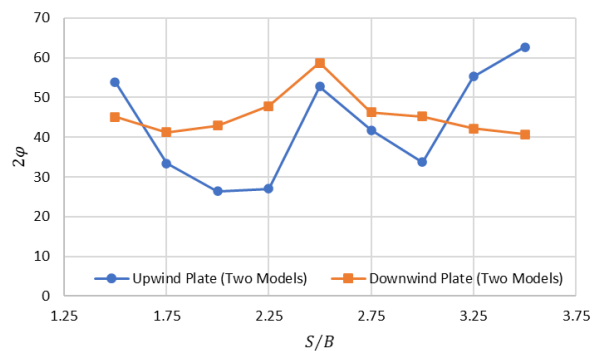


Figure 6. Center Distance and Torsional Angle

4. まとめ

本検討では、流れに直列に配置した2体の平板模型のねじれ振動特性を辺長比、風速、中心間距離をパラメータとして検討した。その結果、下流側の平板の振幅が大きくなる場合もあることが分かった。しかしながら、条件を限定した範囲の検討による結論であり、パラメータを変えたさらなる検討が必要である。今後は振動モードを限定した場合の検討、模型3体以上の振動特性の検討などを行う必要がある。

参考文献

- [1]野村卓史, 三枝成彰, 長谷部寛:「円柱後流に直列配置された複数円柱の振動」, 土木学会第67回年次学術講演会概要集, pp.625-626, 2012
- [2]長谷部寛, 鈴木望美, 中村優介: ウェイクフラッター風力発電システム構築の試みーその1 発電システムの概要ー, 日本大学理工学部第67回学術講演会予稿集, 2023(投稿中)