

1-27 準3次元アクティブ乱流生成装置の開発

徳島大学大学院 学生員 ○足立 浩一 徳島大学工学部 フェロー 宇都宮 英彦
徳島大学工学部 正員 長尾 文明 徳島大学工学部 正員 野田 稔
東四国ダイケンホーム (株) 神原 崇

1.はじめに 構造物の耐風安定性の照査は、一様気流中の風洞実験で行われることが多いが、一様気流中と乱流中では構造物の応答に違いが生じてしまう。したがって、風洞実験で確認された空力振動現象の発現が、実際の橋では観測されないという状況が生じることがある。この原因の1つとして、自然風が時間的・空間的に変動する乱流であり、風洞内と実橋では接近気流が完全に一致していないという点が考えられる。この問題を解決するために本グループが製作した装置が存在し、この装置を用いると自然風の有する空間相関特性をある程度再現できるが、構造上の問題により乱流特性が連続的に変化しない欠点がある。そこで、本研究では、既存のアクティブ乱流生成装置の問題点を改良するために、新たな装置を製作し、その性能照査と従来型装置において確認された問題点を解決できているかどうかの確認を行った。

2.装置概要 図1に示されている従来型の装置においては、主流直交方向に5分割された各翼列間に翼列を支持する為の支柱が存在し、この支柱の影響で隣合う翼列の間にノイズが生じ乱流特性を連続的に変化させることができなかった。そこで、改良後の装置では5分割した翼に替えて連続した1枚の翼としてゴム板を使用し1組の翼として組上げた。装置の全体図を図2に示す。装置の駆動方法は、翼下流端に5本のシャフトを接続し、各シャフトをACサーボモーターの駆動軸より伸びているアームに接続することで翼を駆動させている。また、5基のモーターはそれぞれで独立した動きをさせることが可能であり、主流直交方向に波のような連続的な動きをさせることが可能である。

改良後の装置を用いて、乱流特性値の目標値を $U=3.0\text{m/s}$, $I_w=5.0\%$, $L_w=0.5\text{m}$ と設定して乱流の制御を行った。この条件において測定および補正を繰り返すことにより図3に示すようなパワースペクト及び乱流特性値が得られた。この結果より、改良後の装置を用いて目標とほぼ一致する乱流特性値を有する乱流が生成できていると考えられる。また、補正後の目標と一致した時の駆動波形を用いると、パワースペクトル等の乱流特性は再現できることも確認できた。

3.乱流特性の空間分布 翼の最下流端から500mm下流における風洞断面中心において目標値を $U=3.0\text{m/s}$, $I_w=5.0\%$, $L_w=0.5\text{m}$ と設定して乱流を生成し、風洞内の乱流特性の空間分布を測定した。そのときの主流直交水平方向の空間分布の結果を図4(a)~(d)に示す。この結果より、 $Y=-400, -200, 0, 200, 400(\text{mm})$ においてはほぼ一定の値を示すが、それ以外の点においては不均一な値をとる結果となった。この原因としては、シャフト間中央部の翼がたわんでいることや翼上流における製作上の不整合が考えられる。

次に、改良後の装置を用いて空間相関の制御を行った。制御を行う際に自然風の空間相関係数の経験式 $R_{(dY)}=\exp(-dY/L_w)$ を用いて求まる値を目標値として設定した。本研究では、2点間の相関を制御する方法として駆動波形生成時の位相差に着目し、今回は隣のシャフトに与える位相角 ϕ_i を基準として同じ標準偏差に従う正規乱数から求まる値を N 回加えて、位相角 ϕ_{i+1} を求める方法 ($\phi_{i+1}=\phi_i+\sum\beta_k\pi$) を採用した。従来型装置および改良型装置において同様の方法を用いて2点同時測定を行った。測定した結果をそれぞれ図5および図6に示す。図5に示されるように従来型の装置においては空間相関係数が連続的に分布していない結果となった。この原因としては、各翼列間に翼列を支持する為の支柱の影響が考えられる。この結果を受けて支柱を取り除いた改良後の装置における結果は、目標よりも若干高い値が計測されているが、従来型の装置においてみられる空間相関係数の非連続的な分布はみられなかった。この結果より、改良後の装置においては従来型装置の問題点を解決できていると考えられる。

4.結論 本研究は、既存のアクティブ乱流生成装置の改良型の装置を新たに製作し、その性能照査と従来型装置において確認された問題点を解決できているかの確認を行った。結果として、改良型装置を用いることにより、任意の乱流特性を有する気流を生成することができ、また、従来型装置の問題点も解決できているといえる。しかしながら、改良後の装置を用いて空間分布を取った際に乱流特性値のばらつきが確認された。この原因としては、シャフト間の翼のたわみや翼上流における製作上の不整合が考えられ、今後はこれらの新たな問題を解決するためにさらなる改良を行い、検討していく必要がある。

謝辞 本研究の一部は文部科学省科学研究費「代表者 宇都宮英彦」によるものであり、記して感謝の意を表します。

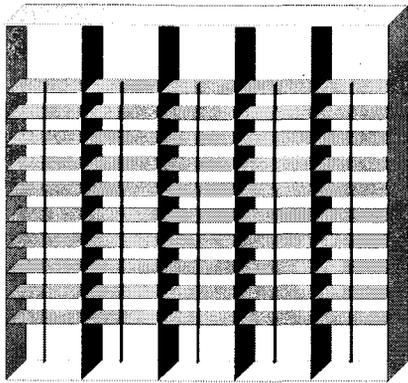


図1 従来型装置の全体図

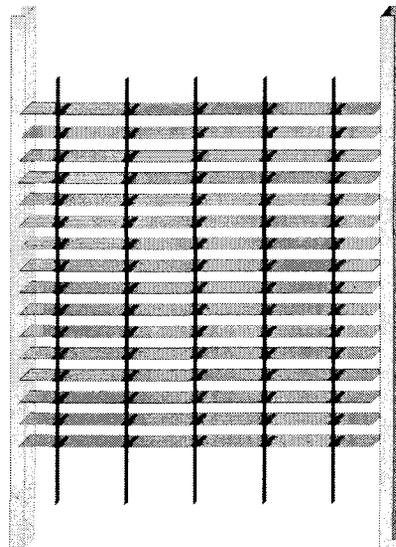


図2 改良型装置の全体図

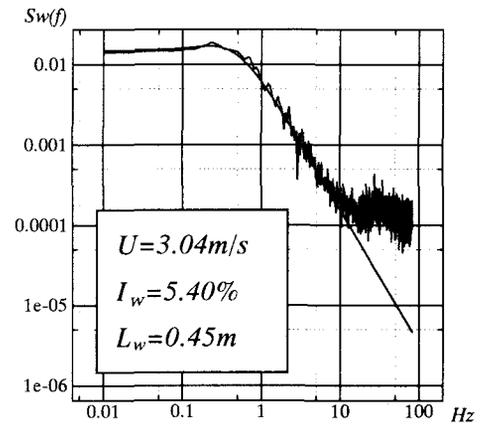


図3 パワースペクトル図

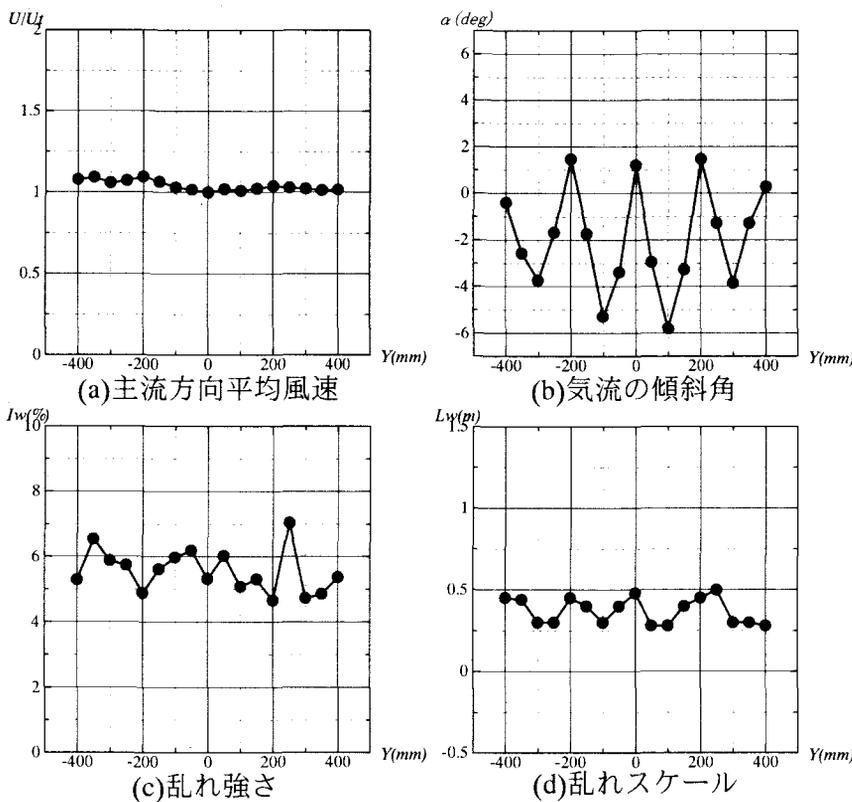


図4 主流直交方向における空間分布

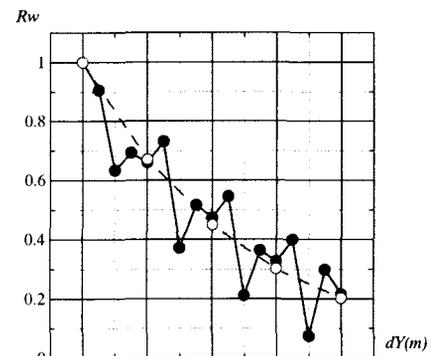


図5 従来型装置における空間相関係数

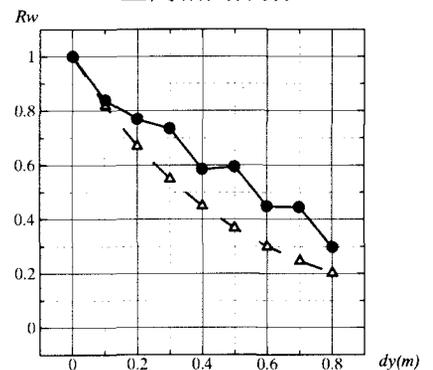


図6 改良型装置における空間相関係数