

回流型風洞における２次元乱流のシミュレーション

立命館大学理工学部 正 員 小林絃士 大阪大学工学部 正 員 川谷 充郎
 大阪大学大学院 学生員 太田 圭 大阪大学工学部 学生員 ○土田和希人
 大阪大学工学部 学生員 金 熙恵

1. まえがき 長大橋梁の動的な耐風安定性を評価する場合、従来の風洞実験は一樣流を用いて行われていた。しかし、乱流を用いた応答実験が行われるようになり、その結果、一樣流中と乱流中とでは渦励振応答や高風速域での構造物の応答に違いのあることが徐々に明らかになってきている。このため、橋梁の動的な耐風安定性を正確に評価するためには、自然風と相似な乱流を風洞内にシミュレートする必要がある。筆者らはこれまでに、翼列および平板列を用いるアクティブな方法により自然風のシミュレーションを行い¹⁾、２次元角柱の渦励振応答に及ぼす乱れ強度および乱れスケールの影響について調査してきた²⁾。そこでは、平板列を測定部断面の下流側に設置し、主流方向成分の乱れを制御していたために、いくつかの問題点が明らかになった。本研究ではこうした問題点を考慮して、乱流発生装置の改良を試み、新たに乱流のシミュレーションを行った。

2. 従来の乱流発生方法とその問題点 筆者らは、図-1に示す翼列および平板列を用いて乱流をシミュレートし¹⁾、２次元角柱の渦励振応答実験を行った²⁾。この実験に使用した乱流発生装置では、測定部下流端の平板列により測定風路の閉塞率を変化させて、主流方向の気流変動を制御した。この方法では、空気非圧縮性のため、下流側の平板列を閉塞させると瞬間的に測定風路内の流れが一様に減速するものと考えられる。実際の自然風は主流方向に位相差を持っているので、この装置では自然風を忠実にシミュレートしているとは言い難い。また、風路の閉塞に伴い風洞内圧力も変化している。測定風路の内圧の変化を風洞外の大気圧を基準圧として測定したものを、主流方向の風速変動と共に図-2に示す。この図から明らかに主流方向の風速の速いとき（すなわち風路の閉塞率の小さいとき）は風路内圧が減少し、逆に主流方向の風速が小さくなると（風路の閉塞率の大きいとき）風路内圧が増大しているのが分かる。このような風路内の圧力変動は、それが構造物の応答にどのような影響を及ぼすのか明確でない以上、望ましいものではない。その他に、図-3に示す基準化パワースペクトル密度の高周波数領域において、目標とした値よりも大きいという点

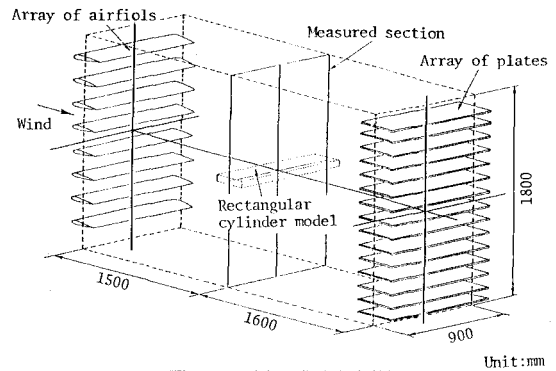


図-1 従来の乱流発生装置

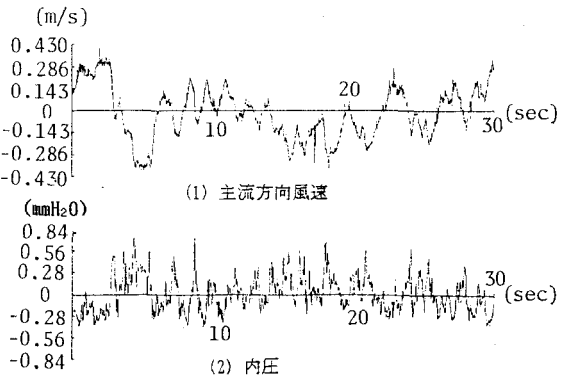


図-2 測定風路内の主流方向風速
および風路内圧の変動

3. 改良された乱流発生装置 本研究で使用した風洞は、測定部断面が1.8m×1.8mのゲッティンゲン型の回流型風洞である。その風路内に隔壁を用いて、図-4に示す断面1.8×0.9mの測定風路を設けた。測定風路内

Hiroshi KOBAYASHI, Mitsuo KAWATANI, Kei OTA, Wakito TSUCHIDA and Heeduck KIM

の圧力変動を小さくし、主流方向の位相差を有する乱流を発生させるために、これまで測定部下流側の平板列により行っていた主流方向の制御を、測定部より上流側で行った。同時に、翼列によって与えられた気流の傾斜角が測定風路の上下壁面によって受ける影響を少なくするため、翼列直後から測定部断面の高さを拡大した。また、測定部上流側の平板列から発生する剥離渦を小さくするために、平板の弦長および間隔を従来のものより小さなものに変更すると共に、剥離渦の整流のために10mm格子、メッシュおよび長さ40mm、コアサイズ1/8インチの断面を有するハニカム（横浜ゴム製 1/8-10N-52D）を設置した。平板列を回転変動させ、風路の閉塞率を変化させて主流方向成分（ u 成分）の乱れを制御し、翼列をすべて同位相に回転変動させることにより、気流に傾斜角を与えて鉛直方向成分（ w 成分）の乱れを制御した。平板列および翼列はパーソナルコンピュータの制御により、ACサーボモータを用いてランダムに駆動させた。

4. 乱流シミュレーション 乱流シミュレーションの方法は文献1)による方法と同様のためここでは省略する。改良した乱流発生装置により5回の補正を繰り返した結果、シミュレートされた気流の基準化パワースペクトル密度を図-5に示す。目標とする所要パワースペクトル密度（Kármánの式）も併記した。この装置により得られた乱流は、鉛直方向成分については、目標パワースペクトル密度と比較的よく適合している。主流方向成分については、0.6Hz 近傍でパワーが目標値より小さくなっている。この原因については、今後検討の必要性のあるものと思われる。

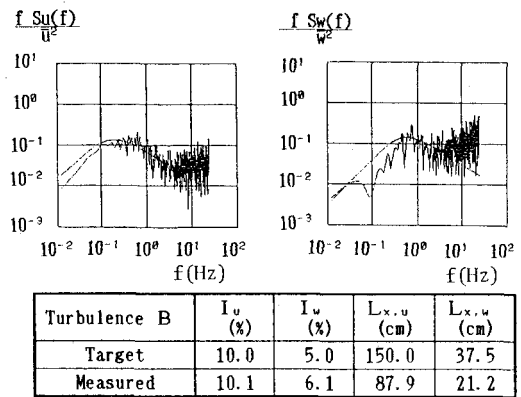


図-3 従来の乱流発生装置による乱れの基準化パワースペクトル密度

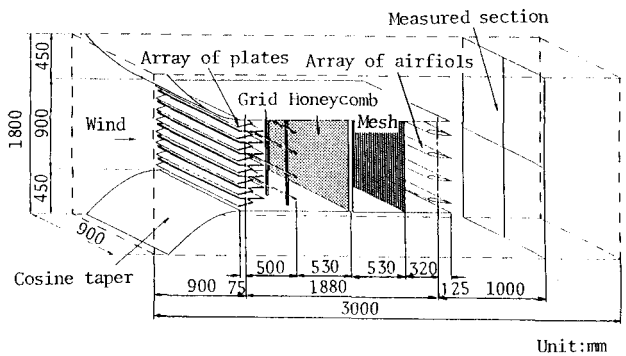


図-4 改良された乱流発生装置

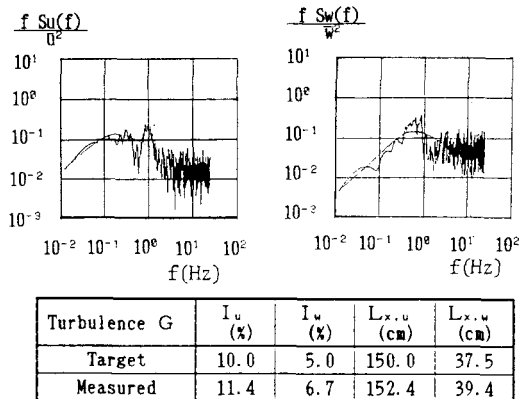


図-5 改良された乱流発生装置による乱れの基準化パワースペクトル密度

- 〈参考文献〉 1) 小林紘士・川谷充郎・中出収・野村浩史・太田圭・畑中章秀：2次元風洞におけるスケールの大きい乱流の発生，第10回風工学シンポジウム論文集，pp.163-168，1988.12。
 2) 小林紘士・川谷充郎・太田圭・畑中章秀：スケールの大きい乱流中における2次元角柱の渦励振応答特性，構造工学論文集，Vol. 35A，1989.3。