

大規模乱流場における風洞壁面境界層の制御

Boundary layer control on the wall of a high R_λ turbulent wind tunnel

蒔田秀治, 豊橋技科大, 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, E-mail: makitalab@mech.tut.ac.jp
 ○ 谷口和暢, 豊橋技科大
 深谷憲男, 豊橋技科大
 宮田仁奈, (株)IHI 技術開発本部, 神奈川県横浜市磯子区新中原町 1
 Hideharu MAKITA, Toyohashi Univ. of Tech., Tenpaku 1-1, Toyohashi, Aichi 441-8580, JAPAN.
 Kazunobu TANIGUCHI, Toyohashi Univ. of Tech.
 Norio FUKAYA, Toyohashi Univ. of Tech.
 Nina MIYATA, IHI Corporation, 1, Shin-Nakahara-cho, Isogo-ku, Yokohama

It is difficult for the environmental experiments in a high R_λ windtunnel to attain ideal uniformity and good two-dimensionality of turbulence quantity distribution because of the streamwise growth of thick turbulent boundary layers on its walls. A newly designed boundary layer controller (BLC) is installed on the walls to remove undesired effects of the boundary layer development. When the BLC is driven, homogenous and shear flow fields are generated and the distributions of their turbulence quantities are markedly improved in the test section. Then, we realized uniform large-scale turbulence fields with $R_\lambda > 300$ and Reynolds stress is almost constant nearer to the wall comparing with the case without BLC. When the turbulent shear flow field is generated, not only mean velocity gradient but also the uniformity and the two-dimensionality of turbulence quantities are apparently improved, though, the lateral integral scale is not recovered near the wall.

1. 緒言

近年, 車や工場から排出される煙など, 有害物質の拡散による人体への影響は益々大きくなっており, その対策には, 大規模乱流場の構造の解明が急務である。本研究では, 大規模せん断乱流場を形成するため, せん断乱流発生装置⁽¹⁾を開発した。風洞実験は, 仮想的に無限空間で行われることが要求されている。高 R_λ のせん断乱流場を形成する場合, 側壁面に厚い境界層が発達すると共に, 壁面近傍で乱流渦運動が抑制される。測定胴内の乱流諸量の一様性・二次元性が崩れるため, 環境実験を行う場合には, 計測対象となる乱流場の形成可能な領域が小さくなる。本研究では, 側壁面に有孔壁を用いた吹き出し・吸い込みによる壁面速度制御装置 Boundary Layer Controller (BLC) を試作して風洞内に良質なせん断乱流場の形成を試みるとともに, 本装置の性能評価を行うことである。

2. 実験装置・実験条件

実験には, 測定胴長さ 6m, 断面 $0.7 \times 0.7 \text{ m}^2$ を有する大気乱流風洞を用いた。せん断乱流発生装置は測定胴最上流に設置している。BLC は測定胴入り口から下流方向に 2m の区間, 片側の側面のみを設置した。BLC (Fig.1) は, 仕切り板によって鉛直方向に 20 段に分割された流路にブロワを千鳥状に配置した。本装置はブロワから主流と平行に気流の吹き出しを行うと同時に, 測定胴内の流量を一定に保つため, ブロワ背面に設置されている有孔壁を通して気流の吸い込みを行う仕組みとなっている。各流路を設けたのは, 固定壁面が存在するために起こる垂直変動成分減少の改善を目的としている。乱流場の一様性・二次元性を改善するため, 各段のブロワからの吹き出し流速は中心断面における平均流速分布に基づき, PWM (Pulse Width Modulation) 制御を用いて調節が可能である。座標原点は, 流れ方向 $X(U)$, 鉛直方向 $Y(V)$ を乱流格子面中心とし, 水平方向 $Z(W)$ を仮想壁面である BLC の仕切り板高さとした。実験条件は, $X/M=60$ での測定胴断面中心 (M : 格子メッシュサイズ $=35\text{mm}$) における平均主流流速 $U_c=5.0\text{m/s}$ として, (1) 一様乱流場, (2) 一様せん断乱流場の 2 種類の乱流場を形成した。BLC の性能評価をするため, 壁面制御を行わない場合 (滑面) と, BLC 駆動

動の場合の計測を行った。X 型熱線流速計を用いて, 速度変動 2 成分 u, w を計測した。有孔壁として, 有孔板と網を用いてその結果を比較した。

3. 実験結果・考察

Fig.2 に一様乱流場における平均流速 U の水平方向分布を示す。壁面を滑面とした時には, 壁面に向かって U が減少しているのに対して, BLC の駆動時には, 壁面の境界層が除去されたため, U の一様性は仮想壁面近傍まで保たれている。Fig.3 に一様せん断乱流場における U の鉛直方向分布を示す。滑面の場合には, 壁面近傍における流速分布が断面中心の分布と異なっているのに対して, BLC 駆動時には, U の一様性・二次元性は著しく改善されており, BLC の駆動による壁面速度制御の有効性が示された。

参考文献

(1) H. Makita, Fluid Dyna. Res. 8, (1991), pp. 53-64.

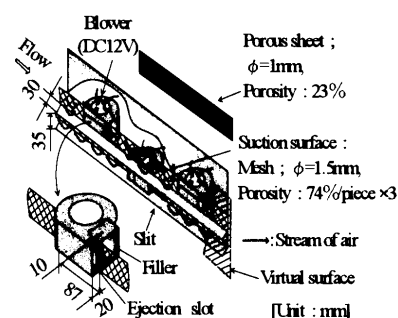


Fig. 1 Structure of Boundary Layer Controller (BLC)

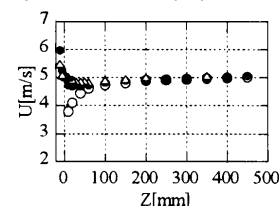


Fig. 2 Mean velocity distribution at $X/M=60$ for the homogeneous turbulent flow.

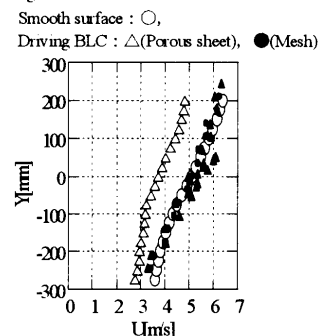


Fig. 3 Mean velocity distribution of $X/M=60$ for the homogeneous turbulent shear flow

Smooth surface : ○ ($Z=350$), △ ($Z=10$)
 Driving BLC ($Z=10$) : ▲ (Porous sheet), ● (Mesh)