

学位論文の要旨

専攻名	物質生産工学専攻	ふりがな氏名	いながき あゆむ 稲垣 歩 
学位論文題目	端部壁面境界層が円柱の空力特性と流れ場に及ぼす効果に関する研究		
<p>流体の流れに晒される物体は、流体摩擦や剥離に伴う圧力差から流体力を受けることが知られている。しかしながら実際の物体は種々の形状を有し、その周りは複雑な流れ場を呈することが多い。流れに晒される物体の基本的で単純な形状の一つとして円柱が取り上げられ、これまでに円柱の空力特性と流れ場に関する研究が行われてきた。特に二次元的な状態が最も基本的な流れ場を示すと考えられることから、円柱周りの流れ場に対する二次元性を確保するための方法も検討されている。円柱周りの流れに関する実験では、風洞絞り部からの自由噴流によるせん断層の影響や測定部壁面の影響を取り除くため円柱両端に比較的小さな端板を取り付けことが一般的になされている。このとき二次元性を確保するためには円柱直径に対する端板間距離の比であるアスペクト比を十分に確保することが求められ、従来の研究で二次元性の確保に必要とされる「要求アスペクト比」が示されているが、提案された値は様々に異なっており二次元性を確保するための条件にはさらなる検証が必要と考えられる。円柱からの熱伝達に関する実験においても円柱両端に端板を取り付け十分なアスペクト比を確保することが必要とされているが、その端板上に形成される境界層も熱伝達に影響を及ぼすとの研究も示されている。端板上に形成される境界層が二次元性に影響を与える可能性は十分に考えられるが、二次元性確保の観点から端板上の境界層に着目した検証はほとんどされていない。</p> <p>本研究では円柱を支持する端部壁面境界層を操作することで、境界層が二次元性に与える影響について検証するとともに、境界層が円柱周りの三次元流れ場に与える影響を調査した。初めにレイノルズ数 $Re=8000$ での壁面上に遷移境界層が形成された条件で実験を行い、次に本質的な境界層の影響を調査するため壁面上に形成される境界層を層流境界層としレイノルズ数 $Re=3000$ の条件で実験を行った。以下に結果の概要を示す。円柱表面圧力分布および抗力係数の値は、端板上に遷移境界層と層流境界層のどちらが形成されても境界層の厚さが異なることによりアスペクト比の違いから受ける影響の大きさが変化し、境界層厚さが厚いほどアスペクト比の影響を大きく受けることを明らかにした。また前方よどみ点および背圧の円柱軸方向分布では、壁面近傍の領域において境界層の厚さが異なることにより分布傾向が異なることを明らかにした。加えて従来の研究で示された要求アスペクト比を確保した条件においても端部壁面境界層の厚さ次第では二次元性が保てないことを示し、層流境界層の条件では二次元性を評価する新たな指標としてアスペクト比と境界層厚さを同時に考慮したスパン係数を提案した。円柱周りの三次元流動場に関しては周波数解析により、円柱後流の軸方向中心位置でのカルマン渦は境界層厚さによらず同程度の強さであるが、境界層厚さが薄い場合に対し厚い場合には幅広い周波数帯域を持つことを明らかにした。壁面近傍の流動場についても可視化実験より、境界層厚さが異なることにより流れ構造が変化することを確認した。境界層厚さが薄い場合では壁面近傍においてもカルマン渦が支配的であるが、境界層厚さが厚い場合では壁面近傍ではカルマン渦は確認されず、代わりに主流方向へ軸を持つ一対の縦渦構造が形成されることや円柱軸方向へ向かう主流と同程度の速さを持つ二次流れが存在することを明らかにした。以上の結果より、円柱を支持する壁面上境界層は三次元流動場に影響を与え、物体周りの実験では配慮が必要な条件であると言える。</p>			

学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学専攻	氏名	稲垣 歩
論文題目	端部壁面境界層が円柱の空力特性と流れ場に及ぼす効果に関する研究		
主査	山田 英巳		
審査委員	濱川 洋充		
審査委員	小田 和広		
審査委員	岩本 光生		
審査委員	古川 明德		
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>流れの中にある物体が受ける流体摩擦や圧力差による流体力は、個々の物体形状に伴う流体剥離の変化により大きく異なるが、古くから流体力を受ける物体形状の代表として円柱が取り上げられ、その円柱の空力特性と流れ場から得られる知見は、様々な形状の物体に作用する流体力を評価するための指標として利用されている。理想的な二次元円柱に作用する空力特性は「レイノルズ数」と呼ばれる無次元パラメータのみで示されるはずであるが、実際の円柱の空力特性と流れ場はレイノルズ数のみならず、実験流路の「閉塞率」や円柱の「アスペクト比」などの付加的パラメータによる影響を受けることが明らかにされている。しかしながら、この種の付加的パラメータの影響を系統的かつ定量的に取り扱った研究は極めて少なく、二次元円柱における真の流体力を抽出することは困難な状況である。</p> <p>本研究では閉塞率の影響を除外して、まずアスペクト比の影響を2種の異なる端部境界層の下で調査し、同一のレイノルズ数とアスペクト比をもつ場合であっても、端部壁面上の境界層の厚さがわずかに相違するだけで円柱表面圧力が大きく異なることを見出し、円柱を支持する端部壁面上に形成される境界層が円柱の空力特性と流れ場に影響することを明らかにしている。</p> <p>次に円柱の端部壁面上に層流境界層を形成させ、その厚さとアスペクト比を種々変化させて円柱の空力特性を測定している。その結果、相対境界層厚さがアスペクト比と同等以上に大きい影響を与えること、相対境界層が厚くアスペクト比が小さい場合ほど円柱の抗力が低下することを示している。さらに、円柱端部近傍における流れ場を流跡線動画法により可視化することにより円柱の抗力低下が端部壁面から円柱背面全域に渡る二次流れの発生に起因することを明示している。これらを踏まえて、円柱の空力特性に及ぼす端部壁面境界層の厚さとアスペクト比の両方の影響を一つに統合できるパラメータ「スパン係数」を提案し、このスパン係数を用いることにより種々異なる相対境界層厚さとアスペクト比の条件の下で得られた円柱の空力特性の値から二次元円柱の空力特性の値が得られることを実証している。</p> <p>以上の内容について論文審査委員会と公聴会において適切な説明がなされ、討議・質問に対して的確な回答なされた。よって、本論文が博士(工学)の学位に値するものと審査委員全員一致して判定した。</p>			