

氏名	にしむらひろあき 西村宏昭
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3600号
学位授与の日付	平成13年7月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	Bluff Bodyの空力特性に関する基礎的研究

論文調査委員 (主査) 教授 河井宏允 教授 松本勝 教授 小森悟

論文内容の要旨

本論文は、Bluff Bodyに作用する圧力を多点同時測定した結果に基づいて、その空力特性の基本性状を論じたもので、7章からなっている。Bluff Bodyは流れの剝離を伴う空力的に鈍い物体の総称で、多くの構造物または構造部材がこれに属する。本論文は一様流中の二次元柱を扱っており、基本断面の空力特性を瞬間圧力の側面から明らかにしている。

第1章は序論であり、既往の研究を概観し、これまで明らかになった事柄をまとめるとともに、本研究の背景と位置付けについて述べている。

第2章では、本研究に用いた測定装置とその解析手法についての説明を行なっている。圧力の測定では、チューブと圧力計の空気脛がばねの作用をし、物体に作用する圧力信号を歪めるので、その補正方法について述べている。

第3章では、Bluff Bodyの代表のひとつである円柱を取り上げ、その空力特性について詳細に論じている。圧力の多点同時計測結果から、時間平均的な空気力特性のみならず、瞬間の圧力特性および空気力特性について述べている。瞬間的な剝離点および淀み点を瞬間の圧力分布から同定し、これらが揚力と同期し、ポテンシャル流理論で比較的良好に説明できることを示している。このことより、円柱周りの流れは風上側の表面に至るまで渦放出の影響を強く受けていることが明らかになった。また、圧力変動の測定と流れの可視化を同時に行なうことにより、揚力変動の発生メカニズムを解明し、カルマン渦放出による揚力の発生に伴って、円柱の風上側の淀み点と剝離点が逆方向に移動することを明らかにした。

第4章では、正方形角柱の空力特性について述べている。正方形断面は、従来、完全剝離型に属するとされてきた。しかし、実験結果では、後縁部で圧力回復の兆しがあること、風圧係数が正の値を示す瞬間があることなどから、瞬間的な再付着の可能性を示している。瞬間風圧分布の詳細な実験結果から、剝離せん断層が側面に近づくときには、側面全体で圧力が低下し、遠ざかるときには側面の後縁で流れの剝離に伴う強い負圧が生じること、また、ギャロッピングの原因となる負の揚力勾配が、従来知られているように剝離せん断層が接近する側面の負圧の増大ではなく、その反対側に位置する側面の負圧の回復に起因することを明らかにしている。

第5章では、長方形角柱の辺長比による空力特性の変化について述べている。剝離せん断層の再付着に注目して、流れの形態を完全剝離型、瞬間的再付着型、周期的再付着型および定常的再付着型の4つのタイプに分類した。完全剝離型では側面の風圧変動はほぼ同時に生じるが、間欠的再付着型では後縁部の風圧変動が前縁部に遅れて生じ、辺長比の増加とともにその遅れが大きくなり、周期的再付着型では後縁剝離が顕著になり、側面の風下部から背面にかけての圧力変動が増大することを示している。

第6章では、風向角を有する場合の長方形角柱の空力特性について述べている。従来、完全剝離型は辺長比2以下の断面であるとされてきたが、抗力が最大となる辺長比0.6よりも大きい断面を持つ角柱では、必ずある瞬間には剝離せん断層が側面に再付着することを明らかにしている。抗力係数、揚力係数およびストローハル数に注目し、これらの空力特性の傾向がある風向角で急激に変化することを明らかにして、再付着の形態が風向角の増大に伴って変化することを示している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、申請者が開発した多点圧力同時計測装置を用いて、一様流中にあるいくつかの代表的な2次元静止 Bluff body の空気力特性やストローハル数特性を流れ場との関連において明らかにしたものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) 代表的な Bluff body である2次元円柱について、瞬間的な剥離点とよどみ点を圧力分布から同定し、それらの変動が揚力変動と同期し、ポテンシャル流理論で比較的良好に説明できることを示した。また、揚力変動の発生メカニズムを圧力変動と流れの可視化を使って解明し、カルマン渦放出による揚力の発生に伴って、円柱の風上側のよどみ点と剥離点が逆方向に移動することを明らかにした。
- (2) 瞬間圧力分布の詳細な実験結果から、剥離せん断層が側面に近づく時には側面全体で圧力が低下し、遠ざかる時には側面の風下側後縁で流れの二次剥離に伴い強い負圧が生じること、また、ギャロッピングの原因となる負の揚力勾配が、従来考えられていたように剥離せん断層が接近する側面の負圧の増大に起因するのではなく、その反対側に位置する側面の負圧の回復に起因することを明らかにした。
- (3) 2次元長方形角柱の辺長比による流れの形態を、剥離せん断層の再付着に注目して、完全剥離型、瞬間再付着型、周期的再付着型および定常的再付着型の4つのタイプに分類するとともに、従来、完全剥離型であるとされてきた辺長比2以下0.6以上の断面においても必ずある瞬間には剥離せん断層が側面に再付着し、それが負の圧力勾配を生む原因となっていることが明らかにした。また、抗力が最大になる辺長比0.6よりも大きい断面を持つ角柱においては、風向角による抗力係数、揚力係数及びストローハル数の変化が、剥離せん断層の再付着パターンの変化に伴って生じることが明らかにした。

以上要するに、本論文は、多くの構造物や構造部材の代表的な形状である Bluff body の空気特性を多点同時圧力計測によって実験的に解明し、構造物の耐風設計において重要な幾つかの新しい知見を得たものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年6月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。