

[別紙2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 中藤 誠 二

橋梁の高欄や高層ビルの付属物などの構造物から、強風時に音が発生して環境問題となることがある。こうした音は、物体周りの流れから生じるもので、空力音と呼ばれる。空力音の問題は、高速列車や自動車、または送電線などの分野において主に行われてきたが、実物またはそれを縮尺した模型に対する風洞実験などを実施して、空力音の低減を試行錯誤によりはかることがほとんどであり、その発生メカニズムについては明らかとはなっていない問題が多い。すなわち空力音の予測手法は存在せず、そのため構造物から発生する空力音についても、問題が発生してから初めて対策が試行錯誤的に検討されているのが現状である。

空力音に関する基礎的研究としては、Lighthill による音響方程式ならびに固体面の影響を考慮した Curle の理論があり、円柱から発生するエオルス音については、その適用性が風洞実験によりある程度確認されている。しかしながら、構造物において用いられることの多い矩形断面柱から発生する空力音に対しては、正方形柱についての実験的研究が 1, 2 あるのみで、その特性は明らかではない。

そこで本研究においては、構造基本断面として矩形柱を対象とし、発生する空力音の特性ならびに、その周辺流れ場の特性との関係を明らかにすることを目的としている。実際の構造物は複数の部材から構成されており、空力音の発生メカニズムも極めて複雑であるものと考えられるが、単独矩形柱を対象とした本研究の成果は、構造物から発生する空力音の発生メカニズムの解明に向けての第一段階として位置付けられる。

提出論文においては、まず第1章において研究の背景と目的を明らかにした後、第2章において既往の研究のレビューを行っている。空力音の予測手法として現在用いられることの多い Lighthill-Curle の音響モデルを中心とした解析的研究ならびに円柱から発生する空力音に対する定式化および低騒音風洞実験による検証について述べた後、本研究で対象とする矩形柱周りの流れ場に関する既往の研究についてレビューしてとりまとめている。

第3章においては、本研究で行った低騒音風洞実験の手法について述べられている。空力音の測定精度の向上のため、硬質ウレタンによる縮流比の増加、開放型測定部の下流側に位置する測定胴内部をスポンジで覆うことなどにより、さらなる低騒音化の工夫が述べられている。円柱から発生する空力音を測定した結果、周波数が 100Hz 以上となる風速域においては、相関長さを考慮した円柱に対する式とほぼ一致し、既往の実験結果と整合していることから、こうした場合には測定精度は良好であるとしている。

第4章においては、辺長比が 1:1, 1:3, 1:5 および 1:7.5 の矩形柱に対して、迎角ならびに風速が異なる場合に発生する空力音の音圧レベルならびに周波数の変化を測定した。辺長比 1 の正方形角柱から発生する空力音は、迎角約 2° で音圧レベルが最大となり、前縁で剥離した流れが再付着するようになる迎角約 10° において発生周波数が最大、音圧レベルが最小となった。辺長比 3 の矩形柱では、発生周波数および音圧レベルがともに迎角約 1° で最大となった。迎角が増加すると、発生周波数は滑らかに減少した。迎角の増加とともに音圧レベルは急減し、迎角約 10° で最小値をとった。辺長比 5

および 7.5 では、迎角 0° においては再付着していた流れが剥離するようになると考えられる迎角 5° および 9° 付近で音圧レベルが最大となった。

以上のように、矩形柱から発生する空力音は、辺長比と迎角の違いによって特性が異なるが、辺長比 3, 5, 7.5 の矩形柱においては、流れが再付着と完全剥離の境目で不安定となるような迎角において音圧レベルが最大となることを明らかにしている。

続いて辺長比 3 の矩形柱を対象として、音源として考えられる物体表面の変動圧力と空力音の特性の関係を調べた(第 5 章)。迎角 0° 付近では、束縛渦に起因すると考えられる側面上流側の振幅が小さく同位相の圧力変動と、側面を流下する渦に起因すると考えられる側面下流側の振幅が大きく位相が下流方向に向かって遅れる圧力変動がみられた。表面変動圧力は、迎角 15° 以下では側面下流側、それ以上の迎角では最下流側の隅角部において変動が大きくなっており、この領域が音源として支配的となっているとの知見を得ている。

さらに空力音の大きさには、物体軸方向の相関が影響すると考えられるため、矩形柱の後流の軸方向相関を測定し、空力音との関係を調べた(第 6 章)。迎角の違いに対しては、一般に空間相関は音圧レベルの変化に対応するような傾向を示した。しかし定量的には空間相関の変化による寄与だけでは音圧レベルの変化を説明できず、表面変動圧力も空間相関とともに変化しているものと考えられた。辺長比 1 と 5 の矩形柱においては、風速の増加にともなって相関長さが増加し、特に正方形柱に対しては相関長さの増加を考慮することによって、風速にともなう音圧レベルの増加が、風速の 6 乗よりも大きくなる風速域の存在を定量的にも良く説明できている。

以上のように本研究は、矩形柱から発生する空力音の特性を明らかにし、表面変動圧力の特性や変動風速の空間相関などの流れ場の特性との関係について議論したものであり、構造物から発生する空力音の特性を理解していく上で、有用な知見を与えるものと判断される。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。