

論文内容の要旨

論文題目 矩形柱周りの流れ場と発生する空力音の特性

氏名 中藤 誠二

空力音は、航空機や高速鉄道、自動車から発生するものを対象に主に研究が行われてきたが、建設分野においても高層ビルや橋梁の高欄等から強風時に空力騒音が発生して問題となる場合がある。空力音の発生は様々な要因が影響しあった複雑なものであり、発生メカニズムも十分に明らかにされていないため、空力騒音に対する対策は試行錯誤的なものとなっている。構造物を構成する個々の構造部材から発生する空力音についても、円柱については理論的な研究及び実験による検証が行われており、その成果が蓄積されているが、円柱以外については正方形角柱についての実験的研究がわずかにあるのみで、発生する空力音の特性は明らかにされていない。

構造物から発生する空力音の特性を明らかにしていくためには、まず個々の構造部材から発生する空力音特性を明らかにしていくことが重要であり、また、その音源となる流れ場に注目して空力音との関係を明らかにすることは、空力騒音の予測手法および効果的な対策手法を確立するための重要な知見を与えるものであると考える。

そこで本論文では、基本的な構造部材である矩形柱を対象として、発生する空力音の特性について明らかにし、その音源となる矩形柱周りの流れ場の特性との関係を明らかにすることを目的とした。

空力音の測定は低騒音風洞を用いて行ったが、今回、測定対象とした空力音の周波数範囲が暗騒音が比較的大きい低周波数域であったので、暗騒音の大きさが矩形柱から発生する空力音よりも十分小さく

なるように壁面の吸音化やノズル口の縮流を行った。それによって暗騒音レベルが 10~20dB 減少し、より精度の高い空力音の測定が可能となった。

矩形柱から発生する空力音特性は、その辺長比および迎角によって大きく異なる傾向を示した。辺長比 1 の正方形角柱から発生する空力音は、迎角 0°から 2°にかけて音圧レベルは増加し、発生周波数はわずかに減少した。その後、音圧レベルは急激に減少し、迎角約 10°において音圧レベルは最小となり、発生周波数は最大となった。音圧レベルの大きさは迎角 2°に比べると、約 10~20dB 小さい。辺長比 3 の矩形柱では、発生周波数および音圧レベルともに迎角約 1°で最大となった。迎角が増加するにつれ、発生周波数は迎角 90°まで滑らかに減少した。一方、音圧レベルは迎角が増加すると急激に小さくなり、迎角約 10°で最小値となった。10°より大きい迎角では音圧レベルは滑らかに変化した。辺長比 5 では、周波数は辺長比 3 の場合と同様の変化の傾向を示したが、音圧レベルは迎角が増加するにつれ急激に増加し、約 5°で最大値をとった後、迎角 10°まで急激に減少し、それ以降滑らかに変化した。辺長比 7.5 については、迎角 0~5°の範囲では比較的高周波数の空力音が発生し、それより大きい迎角では約半分の周波数を基本周波数とするスペクトルのピークが生じた。前者の音圧レベルは、迎角 0°において最大値となり、後者の音圧レベルは迎角約 9°で最大値となった。

前縁ではなく離れた流れに着目した考察の結果、辺長比 1 でははく離流れが後縁に再付着する迎角において最小値をとり、一方、辺長比 3, 5, 7.5 では再付着していたはく離流れが負圧面において後縁から離れる迎角において最大値をとることが分かった。

迎角 0°において、横幅を代表長さとした St 数は、辺長比 1 の正方形柱でもっとも小さく、辺長比 3, 5 はほぼ同じ値となり、辺長比 7.5 では辺長比 3, 5 の約 2 倍の値となった。音圧レベルは、辺長比が増加するにつれて徐々に減少する傾向が見られた。

次に、辺長比 3 の矩形柱について音源として考えられる物体表面の変動圧力と前述の空力音特性との関係について調べた。迎角 0°においては、側面上流側の圧力は同位相で変動しており、その振幅は小さく、一方、側面下流側の圧力変動は振幅が大きく、位相が下流側に向かって遅れることが分かった。これらは、それぞれ束縛渦と側面を流下する渦に起因する可能性が考えられる。迎角が増加するにつれて、音圧レベルの減少に対応して変動圧力の大きさは小さくなった。また、支配的な音源領域が迎角 15°付近までは、側面下流側にあり、それ以降は、最下流側隅角部に存在することが分かった。

矩形柱の軸方向の流れ場の相関が、発生する空力音に及ぼす影響について調べたところ、迎角のわずかな変化によって相関長さは大きく変動し、その変化の傾向は音圧レベルの変化の傾向と対応していることが分かった。また、辺長比 1, 5 においては、風速の増加によって、相関長さが急激に増加し、それに対応して音圧レベルも大きくなっており、音圧レベルの変化に相関長さの変化が大きく寄与していることが分かった。