

矩形柱から発生する空力音の特性と変動圧力分布の関係

東京大学工学系研究科 学生員 中藤誠二
東京大学工学系研究科 学生員 高尾忠志
清水建設(株)技術研究所 小川隆申

九州工業大学工学部 正会員 木村吉郎
東京大学工学系研究科 フェロー 藤野陽三

1. はじめに 強風時に高層ビルや橋梁の高欄等から空力騒音が発生して問題となる場合があるが、発生メカニズムは明らかでなく、試行錯誤的に対策が行われているのが現状である。構造物は複数の構造部材が組み合わさったものと考えられるが、円柱以外では正方形柱を対象とした研究^{1),2)}があるのみである。そこで、基本的な構造部材である矩形柱を対象として、空力音の特性を明らかにするための低騒音風洞実験を行い、また、音源と考えられる表面変動圧力分布を測定して空力音特性との関係を調べた。

2. 矩形柱から発生する空力音特性 実験は低騒音風洞を用いて行ったが³⁾、昨年に比べ新たに縮流比を大きくして暗騒音を低減させた。辺長比 $B/H=1, 3, 5, 7.5$ の矩形柱を対象として空力音を測定した。図-1に風速 15m/s のときの暗騒音および正方形角柱から発生する空力音のスペクトルを示す。空力音の音圧レベルは暗騒音に比べて十分に大きい。スペクトルのピーク周波数を発生周波数とし、ピーク周波数における音圧レベルもしくはピーク周波数を中心に $1/3$ オクターブの範囲を積分した値を音圧レベルとした。

矩形柱から発生する空力音の各迎角でのストローハル数(代表長: 矩形柱の幅 B)を図-2に、また、音圧レベルをそれぞれ図-3~図-5に示す。なお、ストローハル数は異なる風速についてもほぼ同様の結果であったので、風速 15m/s のときの結果のみを示す。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(図-3)。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最大となる迎角 2° の場合に比べると、約 $10\sim 20\text{dB}$ 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(図-4)。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の変動は小さい。辺長比 5 では、周波数は辺長比 3 の場合と同様の变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、それより大きい迎角では変動は小さい。辺長比 7.5 については、迎角 $0\sim 5^\circ$ 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(図-5)。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⁴⁾、辺長比 1 でははく離流れが後縁に再付着すると考えられる迎角において音圧レベルの最小値をとり、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と考えられる迎角において最大値をとることが分かった。なお音圧レベルの変化の傾向は後流の変動風速の軸方向の2点間の相関と対応したものであった⁵⁾。

3. 変動圧力分布 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。模型スパン中央に28点の圧力孔を設け、エレクトレットコンデンサーマイクロホンによって変動圧力を測定した。センサーの最大入力圧力の制限から、風速を 1.9m/s とした。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、下流側に向かって位相遅れが見られる(図-6)。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。また、迎角が増加するにつれて変動圧力の大きさは小さくなり、音圧レベルの減少に対応している。さらに、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(図-7)。

4. まとめ 矩形柱から発生する空力音の特性は辺長比、迎角によって大きく異なり、それには流れ場の特性が対応しているものと考察された。また、辺長比 3 の矩形柱の変動圧力の測定から支配的な音源領域が下流側の部分に偏在することが分かった。今後、さらに発生メカニズムの詳細について検討していきたい。

キーワード: 空力音, 音圧レベル, 発生周波数, 表面変動圧力

連絡先: 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 Tel 03-5841-6099 Fax 03-5841-7454

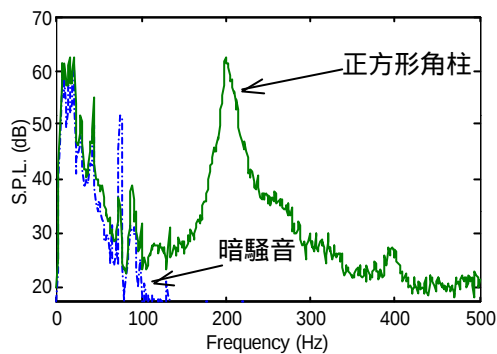


図-1 正方形角柱から発生する空力音のスペクトル

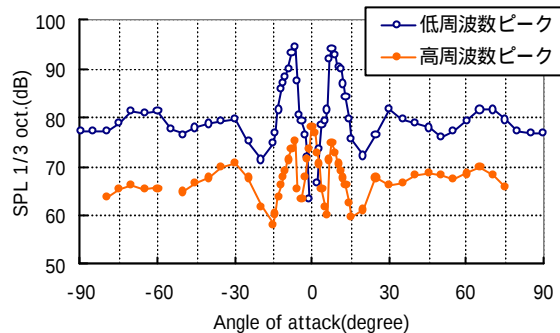


図-5 辺長比 7.5 の矩形柱から発生する空力音の音圧レベル ($U=30\text{m/s}$)

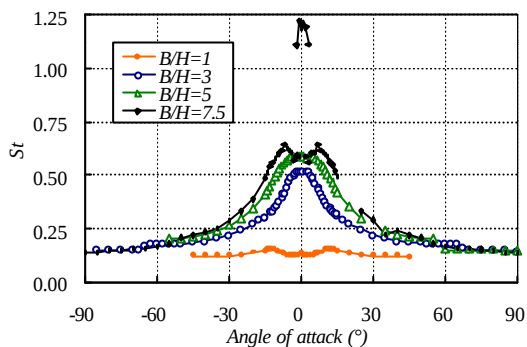


図-2 空力音の発生周波数 ($U=15\text{m/s}$)

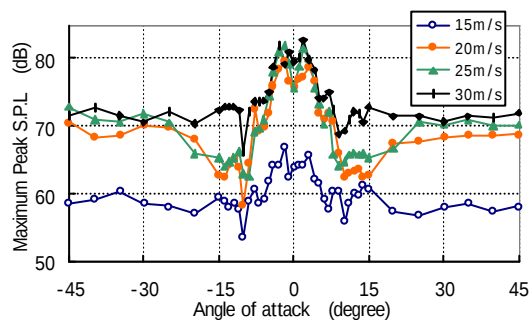


図-3 正方形角柱から発生する空力音の音圧レベル

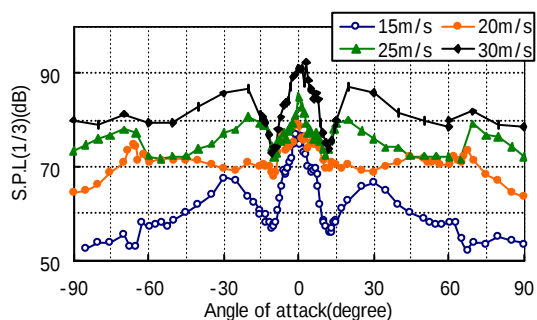


図-4 辺長比 3 の矩形柱から発生する空力音の音圧レベル

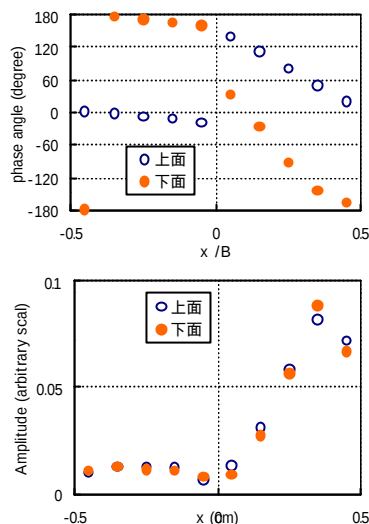


図-6 側面変動圧力の大きさと位相 ($\alpha=0^\circ$)

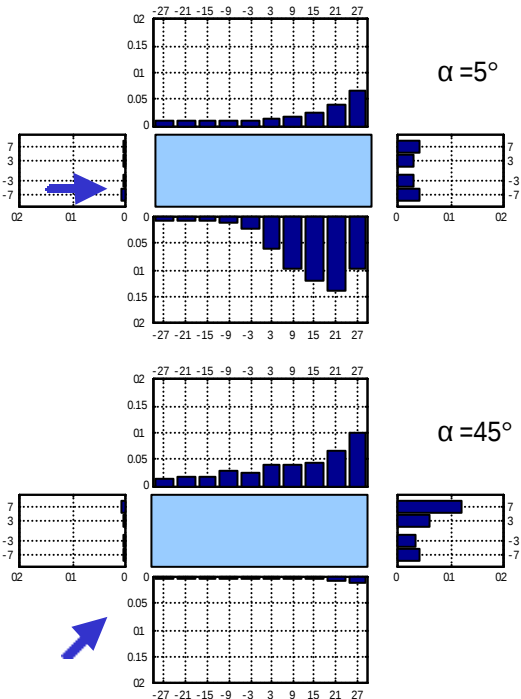


図-7 変動圧力係数分布

参考文献 1) 山田・藤田他：二次元モデルから発生する空力騒音の実験的研究，第2報，円柱の傾斜角度と角柱の迎え角の発生音への影響，日本機械学会論文集(B編)，63巻，pp. 1974-1979，1997，2) H. Fujita et al.: Experimental investigations and prediction of aerodynamic sound generated from square cylinders, AIAA-98-2369, pp. 942-947, 1998，3) 中藤他，土木学会第54回年次講演会概要集第1部，pp. 664-665，平成11年，4) Knisely, C.W.: Strouhal numbers of rectangular cylinders at incidence: a review and new data, J. Fluids and Structures, Vol. 4, pp. 371-393, 1990，5) 高尾他，：矩形柱から発生する空力音に流れ場の空間相関が及ぼす影響，土木学会第55回年次講演会概要集第1部，平成12年