

矩形柱の境界層自己制御による耐風制振法

九州工業大学 学生会員 ○金聖求

九州工業大学 フェロー 久保喜延

九州工業大学 正会員 木村吉郎 加藤九州男

1. はじめに 風による建造物の振動には、大きく分けて風向方向のものと、風向直角方向のものがある。風向直角方向の振動には、物体の背後にできるカルマン渦による渦励振や物体の振動に伴って生じる付加的な空気力によるギャロッピング振動などがある。これらの振動はいずれも自励振動的な傾向が強くなり、一旦発生すると大きな振幅に発展し、建造物の破壊に繋がる恐れもある。特に高層ビルなどの細長い建造物では、そういった現象が発生する可能性が高い。従って渦励振やギャロッピング等の空力弾性振動を抑制することは高層建築物の耐風設計にとって重要である。

これまでの研究では、風による振動を抑制するために建造物に付加部材を設けたり、断面形状を変更したりする手法が取られてきている。しかし付加部材を設けた場合は補修・補強などのメンテナンスが困難となる問題がでてくる。一方、矩形断面では、上流側隅角部からの剥離を生じるため、その剥離流を制御する手法として隅角部に丸みをつけたりする方法が行われてきた。本研究では、断面形状を変更する方法の一種として最も基本的な断面である正方形断面を用い、断面の間に隙間を設け、その隙間の間隔を調節しながら空力弾性振動の抑制についての検討を行った。

2. 実験概要 本研究で使用した風洞は、九州工業大学工学部建設社会工学科所有の回流式空力弾性試験用風洞(測定断面：1780mm×910mm)である。本研究で使用した模型は図-1に示すように断面幅 $B=90\text{mm}$ 、高さ $D=90\text{mm}$ (断面辺長比 $B/D=1.0$)の矩形断面を基本断面として、断面に隙間を設け、実験を行った。ここで、図1に示すように $b_1=8.5\text{mm}$ 、 $b_2=61.5\text{mm}$ 、最初隙間の間隔を $c=20\text{mm}$ とし、隙間の間隔を0(基本断面)、5～20mmまで5mm刻みで左右から変化させ、また隙間を上流側と後流側に二つに分けて応答実験(1自由度たわみ振動応答実験)を行った。実験ケースは正方形の断面(隙間なし)を $c/B=0$ とし、上流側に隙間を設けた場合(case1)の b_1 を固定($b_1/D=0.09$)して b_2 を変化させ、また b_2 を固定($b_2/D=0.68$)して b_1 を変化させる場合の7ケース、断面を反転させ後流側に隙間を設けた場合(case2-各辺を b_1' 、 b_2' 、 c' とする)の7ケースとした計15ケースについて検討した。

3. 実験結果(1自由度たわみ振動応答実験)及び考察

たわみ1自由度応答振動実験結果を、横軸に換算風速($V_r=V/fD$)、縦軸にたわみ無次元倍振幅 $2A/D$ で示した応答図で表す。(但し、 V =風速(m/s)、 f =無風時のたわみ固有振動数(Hz)である)。

Case1—上流側に隙間を設けた場合のたわみ振動応答図を図-3、4に示す。図-3より、正方形断面($c/B=0$)においては $V_r=7$ 付近より振動が生じそのまま発散している。 $c/B=0.06$ の断面では正方形断面とほぼ同じ結果となっている。隙間の間隔を大きくした $c/B=0.11$ 、 0.17 、 0.22 の場合には $V_r=7$ 付近より渦励振が発現し、 $V_r=8$ 付近で最大値となっている。しかし、ギ

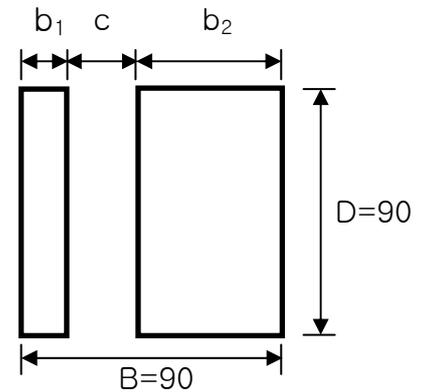


図-1 模型断面図

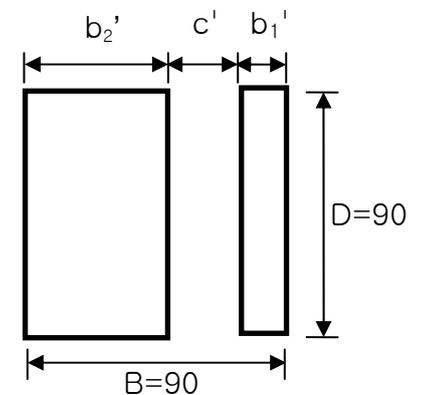
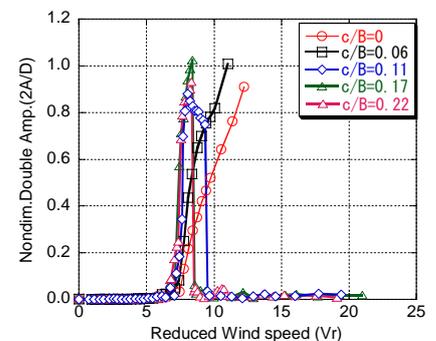


図-2 模型断面図

図-3 $b_1/D=0.09$

ギャロッピングの発生はなかった。また図-4より b_1 の幅を変化させた場合も同じ結果となっている。以上より上流側に隙間を設けた場合は渦励振にあまり影響を与えていないが、ギャロッピングには隙間の位置より間隔の方がより影響を与えていると考えられる。

Case2—後流側に隙間を設けた場合のたわみ振動応答図を図-5, 6に示す。図-5, 6より、後流側に隙間を設けた場合は隙間の間隔とは関係なく全てのケースでギャロッピングが発生している。しかし、図-5では、 $c'/B=0.22$ の断面のみが、図-6では $c'/B=0.17$ のみが $V_r=17$ 付近で振動が発生した後に発散している。これらから後流側に隙間を設けた場合には隙間の位置によって渦励振を抑制することができる断面形状があるのではないかと考えられる。また $c'/B=0.22$ 以外に $b_2'/D=0.68$ の $c'/B=0.17$ でも渦励振を抑制できたことから後流側の場合は隙間の間隔だけではなく位置も耐風性に影響を及ぼすと考えられる。

4. 可視化実験概要 断面周辺の風の流れをみるために可視化実験を行った。可視化実験は九州工業大学工学部建設社会工学科所属可視化実験用小型風洞(測定断面: 400mm×400mm)を使用した。可視化実験用模型の断面は各辺18mmの正方形断面に4mmの隙間となっている。実験は1自由度たわみ振動応答実験での基本断面である $c/B=0$ 、また $c/B=c'/B=0.22$ に相応する断面の3ケースを行った。

5. 実験結果と考察 図-7に可視化実験の映像を示す。風の剥離の大きさ及び渦の大きさを正方形断面である(1)を基準とし、(2)と(3)を比較してみた。まず断面の代表長を B とし上辺から最大剥離点までの距離を y とした場合 y/B の値は(1)=0.63>(2)=0.56>(3)=0.49となり、後流側に隙間を設けた場合のほうが剥離が小さかった。渦の大きさは図-7より(1)>(3)>(2)となった。これらより剥離と渦の大きさが渦励振やギャロッピングの発現に関連しているのではないかと考えられる。

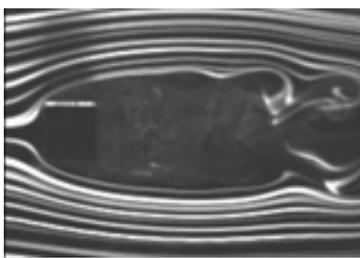
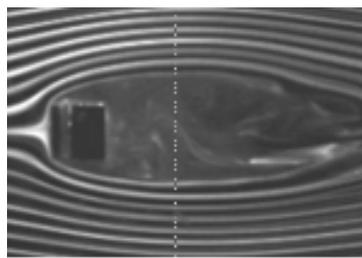
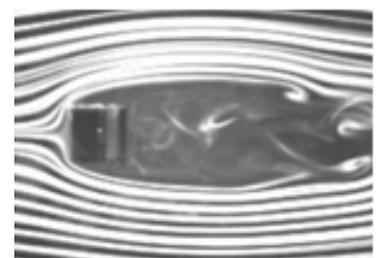
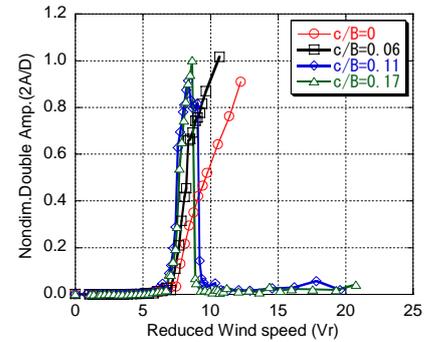
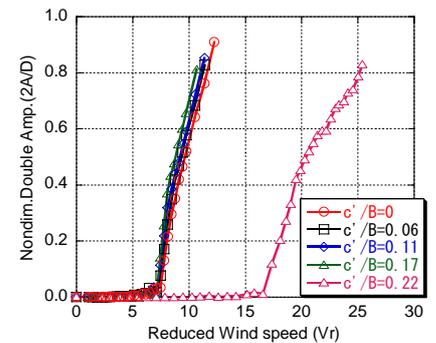
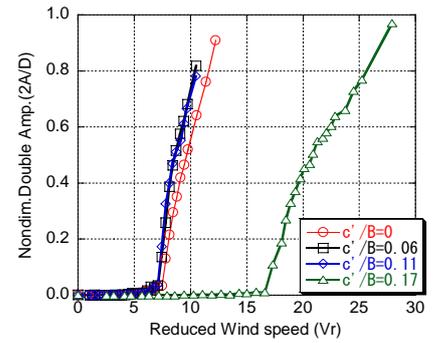
(1) $c/B=0$ (2) $c/B=0.22$ (3) $c'/B=0.22$

図-7 可視化実験映像静止画

図-4 $b_2'/D=0.68$ 図-5 $b_1'/D=0.09$ 図-6 $b_2'/D=0.68$

7. まとめ 正方形断面を基本断面とし、断面に風が当たる上流側に隙間を設けた場合は隙間の位置による影響はあまりないと考えられるが、隙間の間隔によってはギャロッピングを抑制することができ、隙間の間隔が耐風性に影響を及ぼすと考えられる。また後流側に隙間を設けた場合ではギャロッピングの抑制はできなかったが、渦励振を抑制できる断面形状は存在すると考えられる。また応答図より後流側の場合は隙間の位置と間隔の大きさの両方ともに耐風性に影響を及ぼすと考えられる。以上より正方形断面の場合、適当な隙間の位置を設けることにより渦励振とギャロッピングの両方を抑制できる断面形状が存在するのではないかと考えられる。