

CS3-14〔I〕

隅角部からの運動量付加による角柱の空力制御

清水建設大崎研究室 正会員 ○ 田村 哲郎
 東京工業大学 学生員 伊藤 嘉晃
 宇宙科学研究所 桑原 邦郎

1. はじめに

近年、角柱に作用する空気力を制御する研究が盛んになってきて種々の方法が提案されている。著者らは、シミュレーション手法がこの問題の評価に対して有効であると考え、角柱の角の形状あるいは隅角部における流速の境界条件を変化させることによって、種々の空気力低減技術^{1), 2)}を模擬することを試みた。ただし計算は一樣流中に設置された正方形柱を対象に2次元で行なっている。角の丸みに接線速度と与えて剥離せん断層に運動量を付加させた時、角柱の空力特性が受ける影響について検討した。

2. 解析方法

解法は、連続ならびに非圧縮性Navier-Stokes方程式を直接的に差分近似してシミュレーションするものである。高レイノルズ数の流れの数値不安定性に対して、移流項の3次精度風上差分³⁾により解決し、乱流モデルは用いていない。図-1に解析モデルを示す。円状(半径 $30B$, B :角柱の幅)の解析領域の中に置かれた正方形柱に一樣流 U_0 が当たるものが想定されている。格子点数は、 $200 \times 100 = 20000$ 点である。レイノルズ数(Re)数は 10^4 とした。角の丸み(r/B)は、 $1/100$, $1/16$, $1/8$ の三種類とした。

3. 角に丸みを有する角柱の空力特性

図-2に角の丸みを変化させた時の瞬間圧力場を示す。丸みが増すと前縁から剥離した小さい渦が成長しないで側面に沿って流れ、後流が細かい渦で構成されて幅がせまくなっているのがわかる。図-3に空気力(C_D , C_L , C_M)の時間変化を示す。既往の実験結果と同様に丸みが増すほど抗力が下がる傾向があり、 $r/B=1/8$ の時60%まで低下する。ただし、 $r/B=1/16$ の場合はそれほど効果は出ない。揚力については、渦構造から予測されるようにStrouhal数が上がっている。

4. 角の丸みに流速を与えた時の角柱の空力特性

図-4に示すように角の丸みに接線速度 U_c を境界条件として与えた場合について検討した。これは、四つの角にローターを取付けたものを想定しているものといえよう。図-3の U_c/U_0 を変化させた場合の空気力の時間変化は、 $r/B=1/8$ の場合、 $U_c/U_0=1$ で空気力性状が著しく変化する。抗力は、 $U_c/U_0=0$ に比べて40%、鋭い角の角柱に比べて25%程度まで低下する。揚力についても、その変動幅がかなり小さくなり、高周波成分の波形となっている。 $r/B=1/16$ の場合は、 $U_c/U_0=1$ では空力的な効果によりちょうど $r/B=1/8$ の場合の $U_c/U_0=0$ の結果に近くなっている。ただし、Strouhal数については増加する部分だけでなく、減少する部分も存在し、それらが非定常に現われる。また $U_c/U_0=2$ に達するとさらに顕著な効果が認められる。すなわち、 $r/B=1/8$ の場合の $U_c/U_0=1$ の結果同様、揚力変動から長周期成分が無くなり、細かい変動だけになる。その時の瞬間圧力場を図-5に示す。前縁から剥離した渦が側面に沿って流れた後もそのまま下流へ流れ去り、左右で発生した渦が相互に干渉しない。そのため、いわゆる交番渦が形成されない。図-6に角柱の側面に作用する圧力の時間変化(図-7参照)を示す。

5 おわりに

計算結果によれば、総じて剥離せん断層制御による空気力学的効果がかなり大きい。実際には、3次元効果などの問題もあり、定量的にはやや極端な値となっているが、この種の計算負荷がそれほど大きくない二次元数値解析でもある程度の資料提供に有効であろう。

参考文献

- 1) V. J. Modi, M. S. U. K. Fernando and T. Yokomizo, J. Wind Engrg. Ind. Aerodyn., Vol. 38, 1991
- 2) 久保喜延、安田英明、加藤九州男、構造工学論文集, Vol. 37A, 1991年3月
- 3) T. Kawamura and K. Kuwahara, AIAA Paper, 84-0340, 1984.

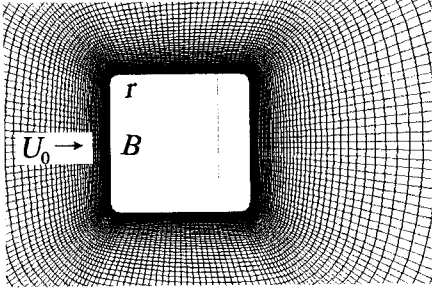
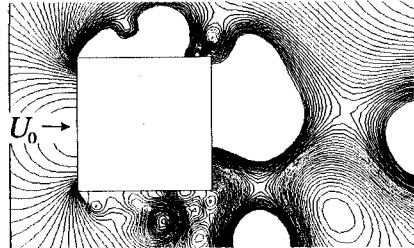
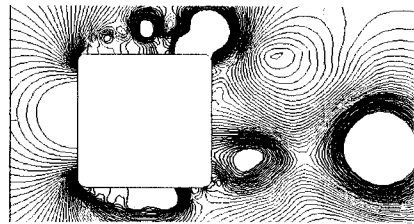


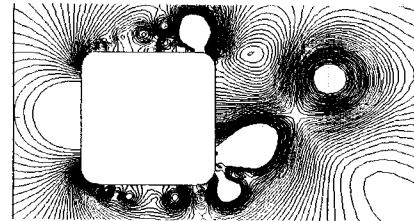
図-1 解析モデルの格子系



(a) $r/B=0.01, U_c/U_0=0.0$



(b) $r/B=1/16, U_c/U_0=0.0$



(c) $r/B=1/8, U_c/U_0=0.0$

図-2 角に丸みを有する正方形柱まわりの瞬間圧力場



図-5 剥離せん断層制御された角柱まわりの瞬間圧力場 ($r/B=1/16, U_c/U_0=2.0$)

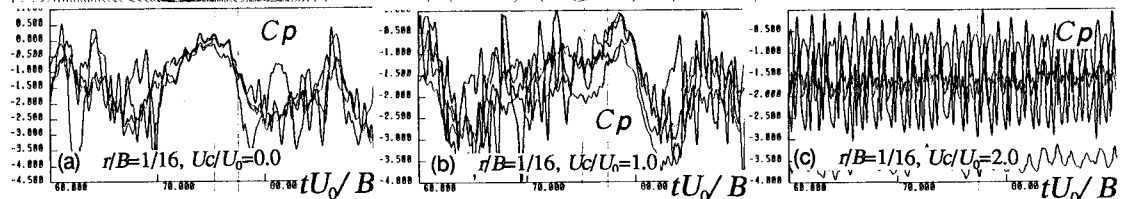


図-6 側面における圧力の時間変化

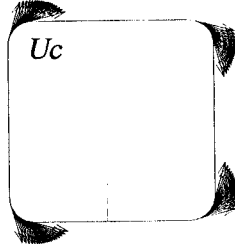


図-4 角付近の接線速度ベクトル

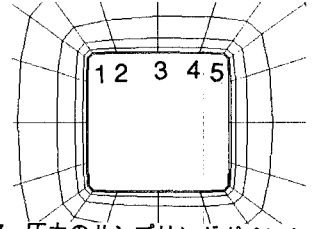


図-7 圧力のサンプリングポイント

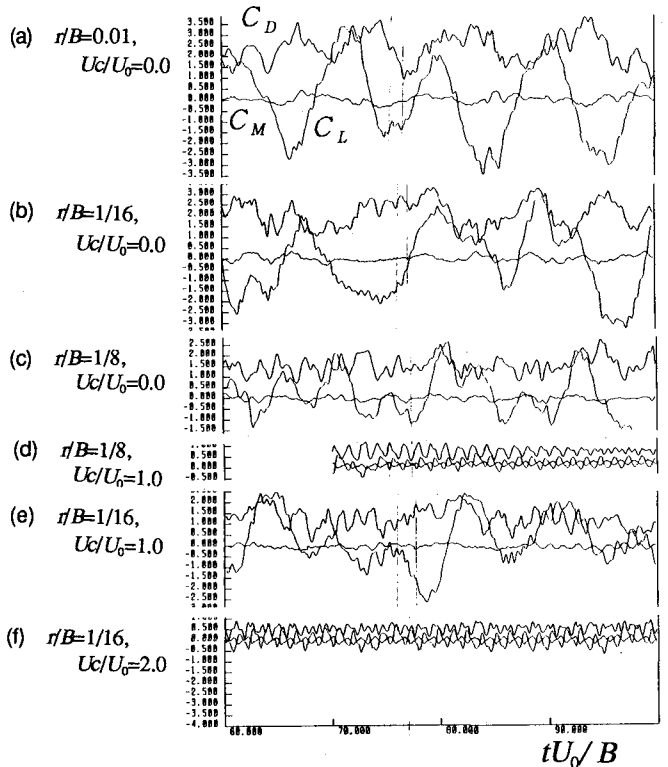


図-3 角の丸みと接線速度が変動空気力に与える影響