

離散渦点法による角柱回りの流況および波力

金沢大学工学部 正 石田 啓 鹿島建設(株) 正 北山 真
金沢大学大学院 学○平野秀次 金沢大学大学院 学 井上 茂

1. 緒言 海洋構造物を設計する際に、構造物に働く波力を正確に算定することは、極めて重要なことである。円柱に働く波力については従来より多数の研究が行われてきたが、角柱に関しては十分な研究がなされてきたとは思われない。そこで、本研究では、坂田ら¹⁾が用いた離散渦点法を適用することにより、波動場に設置された角柱回りの流況およびその柱体に働く波力について検討を行い、更に、波力実験結果と比較することによりこの手法の妥当性を検証する。

2. 離散渦点法による流況および波力の解析 図1に座標系および離散渦点モデルを示すが、壁面上のj番目の渦糸の循環を Γ_j で、また、剥離点AおよびBから放出された渦糸の循環をそれぞれ Γ_{wak} および Γ_{wbk} で表す。まず、図1に示す流れの場全体を与える複素速度ポテンシャルは、主流のみによる複素速度ポテンシャルと壁面上の渦糸および剥離点から流下する渦糸の複素速度ポテンシャルとの線形和として与えられる。また、壁面上の渦点の循環の値 Γ_j は、渦点間の中点における壁面に垂直な速度成分がゼロという境界条件および流れの場全体の循環の総和がゼロというKelvinの循環定理により決定できる。さらに、剥離渦の循環 Γ_{wak} および Γ_{wbk} は各剥離点での渦度フラックス量で与えることとする。角柱に作用する波力については、剥離および非剥離領域共に、非定常流に拡張された Blasius の公式を用いることにより算定できる。

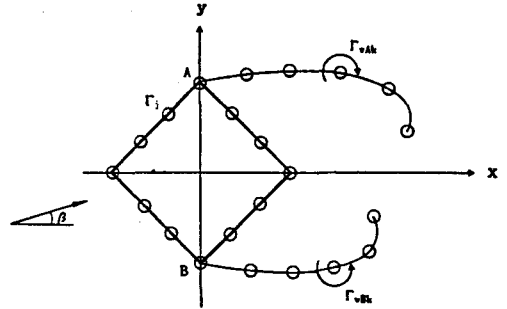
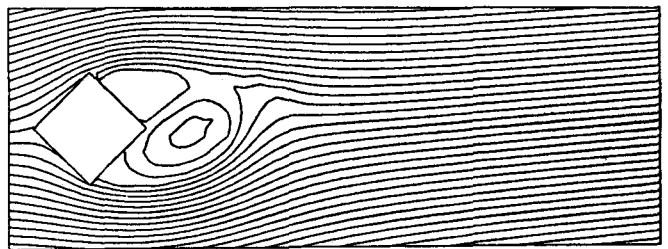
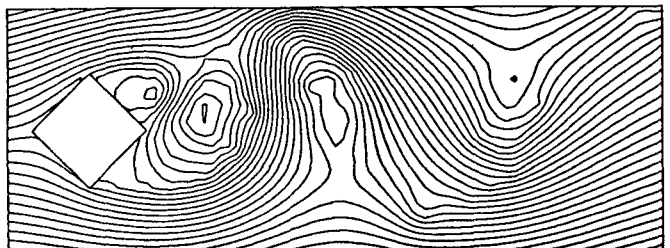


図1 座標系および離散渦点モデル

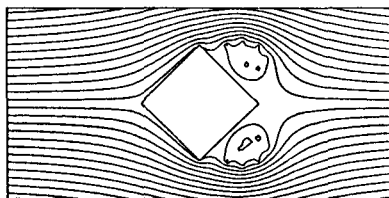
3. 流況および波力の解析結果 図2および図3に、それぞれ対称渦対および非対称渦対の場合の流線図を示す。図2は迎え角 $\beta = 0^\circ$ 、周期 $T = 2\text{sec}$ 、 $KC = 5$ 、 $t/T = 0.25$ (峰の位相)の場合であるが、図より角柱背後に楕円形の渦対が形成されることがわかる。図3は $\beta = 5^\circ$ 、 $T = 7\text{sec}$ 、 $KC = 30$ であり、(a)は $t/T = 0.25$ 、(b)は $t/T = 0.45$ の場合である。 $t/T = 0.25$ では、柱の下側の渦が上側の渦よりも発達・流下



(a) $t/T = 0.25$



(b) $t/T = 0.45$



$t/T = 0.25$

図2 計算による対称渦対の例

($\beta = 0^\circ$, $T = 2\text{sec}$, $KC = 5$)

図3 計算による非対称渦対の例

($\beta = 5^\circ$, $T = 7\text{sec}$, $KC = 30$)

し始め、 $t/T = 0.45$ では4~5個の渦からなるカルマン渦列に近い交播渦列が生じることがわかる。

図4は理論的に求めた波力および C_D 、 C_H の1周期の位相変化を示したものであり、計算条件は $T=1\text{sec}$ 、 $KC=3$ の時のものである。波力図では抗力がほぼ正弦的、慣性力がほぼ余弦的な変化を示していることがわかる。 C_D および C_H の図では C_D の値は流れが反転する直前、すなわち渦の影響が最も小さい時は減少し、流れが反転した直後、すなわち渦の影響を最も大きく受ける時には逆に大きくなることわかる。

4. 波力実験 対角線長 $D=6\text{cm}$ の角柱を長さ13mの造波水槽内に垂直に設置し、長さ4cmのセグメントに働く波力を測定したが、その中心点は静水面下9cmである。使用した波は $T=0.5 \sim 1.5\text{sec}$ であり、各周期ごとに波高を順次変えることにより、 KC 数を変化させた。 C_D は波の峰および谷における値を、また C_H は $t/T = 0.5$ における値を算定した。

5. 結果および考察 図5は KC 数に伴う C_D および C_H の変化に関して実験値(●印)と理論値をプロットしたものであり、○印は参考のため記入した円柱の場合の実験値である。太い折線は剥離の発生下での C_H および C_D の理論値であるが、一点鎖線、点線および直線は剥離が発生しない時の抗力係数であり、境界層の成長速度に関する補正係数がそれぞれ50, 100, 150の時である。図5は $T=1.25\text{sec}$ の場合であるが、低 KC 数領域では、 KC 数の減少と共に C_D は増加し、実験値と理論値は良く一致している。後流渦の影響が顕著になる $KC>2$ の領域では、谷の C_D の理論値は実験値に良く一致しているものの、峰の C_D は実験の方が理論値よりも小さくなる傾向がある。この原因としては、峰の位相では、水面上昇に伴い、渦の効果が減少することが考えられる。一方、 C_H の理論値は、約1.75で一定しているが、実験値は KC 数の増加に伴い減少する傾向がある。

6. 結言 離散渦点法を用いることにより、角柱周りの流況および波力特性をある程度解明することができたが、循環の決定方法に若干問題が残されており、また、渦を離散渦でない連続的な渦度密度で表現するモデルの開発が今後の研究課題である。

(参考文献) 1) 坂田・足立・稲室：うず放出モデルを用いた剥離を伴う非定常流れの一解法、日本機械学会論文集(B編)、49巻440号、PP. 801-807、1983。

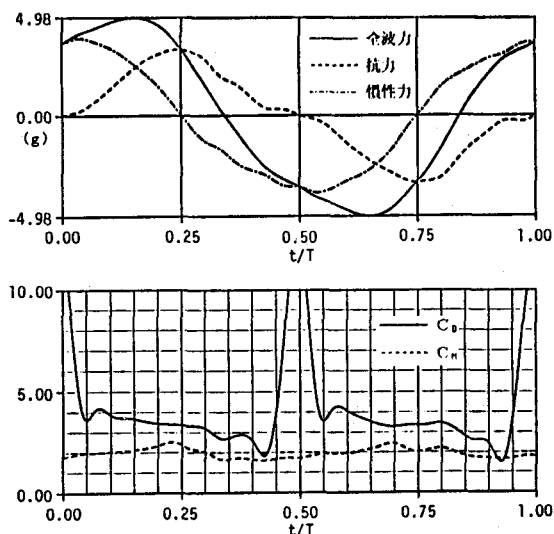


図4 波力および C_D 、 C_H の位相変化
($T=1\text{sec}$, $KC=3$)

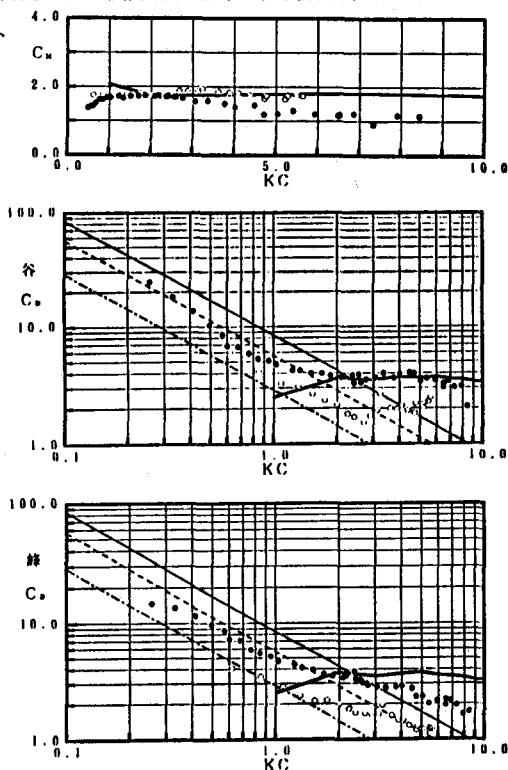


図5 KC に伴う C_D および C_H の変化
($T=1.25\text{sec}$)