

物体周りの流れの数値解析

立命館大学理工学部 正 員 小林 紘士

立命館大学大学院 学生員○柏木 勇人

1. まえがき 橋梁の風による振動現象は主に風洞実験によりこれらの現象の有無を確認し対策を講じている。最近では、ナビエ・ストークス方程式を電子計算機を用いて数値的に解くことにより流体の挙動はある程度定量的に知ることが可能になり、構造物の設計にも利用される兆しが見えてきている。数値解析により流体現象が解かれたとき、その現象に関して全ての時空間におけるあらゆる物理量を定量的に知ることができることになり、この点に限れば物理実験より優れた手法であると言える。本研究ではナビエ・ストークス方程式を有限要素法により数値的に解き、振動物体周りの非定常流れを調べることが目的とする。

2. 解析方法

2次元ナビエ・ストークス方程式を重み付き残差法に基づく有限要素法によって離散化した。ここで補間関数は流速を2次、圧力を1次とした。

また、非定常解析にクランクニコルソン式を用いた。角柱の振動は角柱表面の流速の境界条件に振動速度を与えることにより

実現した。解析モデルを図-1に示す。これにより角柱の高さを基準にしたレイノルズ数150の流れの解析を行った。

3. 解析結果 <長方形断面周りの流れ> 角柱の後方

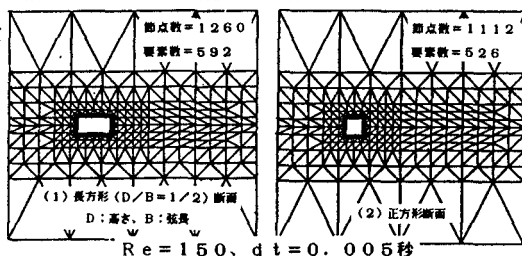


図-1 解析モデル

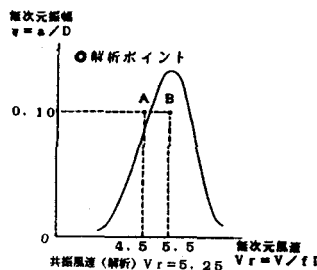


図-2 応答実験、解析ポイント

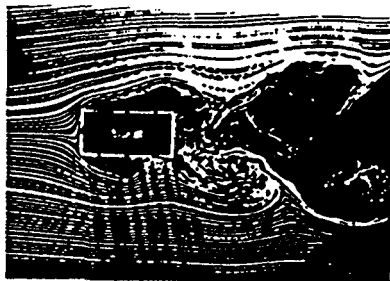


図-4可視化実験結果

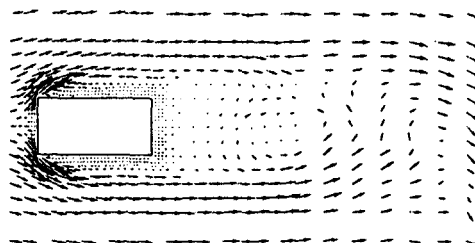
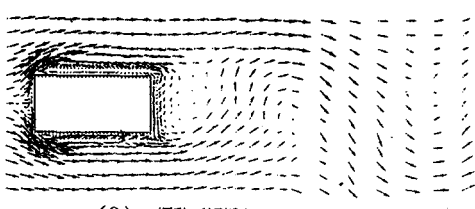
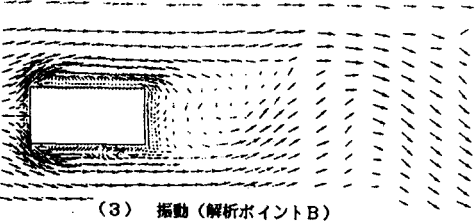
位相角 $\theta=0^\circ$ $Vr=4.5$ $\eta=0.1$ (1) 静止 $t=12.5$ 秒(2) 振動 (解析ポイントA)
位相角 $\theta=0^\circ$ $t=7.5$ 秒(3) 振動 (解析ポイントB)
位相角 $\theta=343^\circ$ $t=9.0$ 秒

図-3 解析結果

Hiroshi Kobayashi, Hayato Kashiwagi

1. 5Dの位置における流速の時間変化よりストローハル数は0.17が得られた。B/D=1/2角柱のストローハル数の実験値は0.08および0.13である。本研究においてかなり高めの値を示したのは側方境界による閉塞効果、後方境界の位置、その他の要因によると考えられる。しかしながら、ここで用いた計算機的能力から上の条件で解析を進めた。振動角柱の振幅および流速は図-2のAおよびBである。図において曲線は風洞実験によって得られた応答振幅である。図-3に角柱の静止時並びに振動時の流速分布を示す。ここで、位相角は角柱が上方向に0点をクロスする点を0°とする。

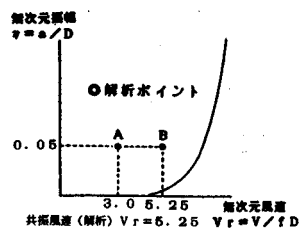


図-5 応答実験、解析ポイント

図-3(1)に示す静止時における流れでは、角柱前縁から剝離した流れが再付着することなく角柱後方へ流れる様子が見られる。振動時においては図-3(2)、(3)共に前縁から剝離した流れが下面に再付着している様子が見られる。図-4に図-3(2)と同じ位相角 $\theta = 0^\circ$ における可視化実験で得た流脈を示す。角柱前縁からの流れの剝離、再付着および角柱後方で渦の発生に解析結果とよく似た様子が読み取れる。

<正方形断面周りの流れ> 振動角柱の振幅および流速は図-5のAおよびBである。図において曲線は風洞実験によって得られた応答振幅である。

図-6に角柱の静止時並びに振動時の解析結果を示す。この場合ストローハル数は0.19が得られた(実験値は0.14~0.145)。角柱付近の流速は静止時と振動時の両者に大きな差はない。一方、後流域では静止時の流速の方が相対的に大きい様子が認められる。

4. 結論 静止角柱および振動角柱周辺の流れの数値解析により両者の差を定性的に明らかにすることができた。さらに、ストローハル数を実験値に近づけると、圧力分布等について調べることが次の課題である。

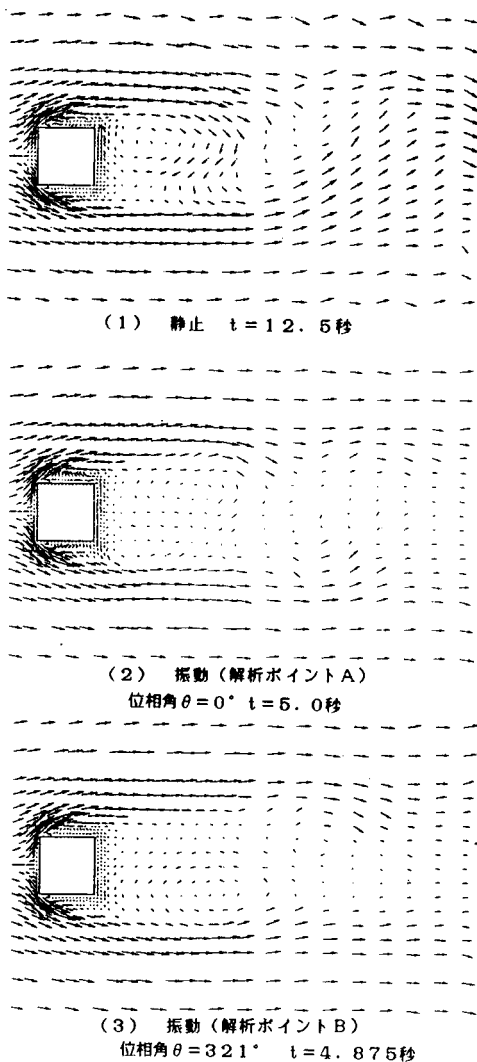


図-6 解析結果

参考文献1) 吉田、野村、菅野：非定常非圧縮性流れの有限要素方程式の解法、土木学会論文集 第351号/II-2 1984. 11