

CS - 43

円柱渦励振の風洞実験と数値流体解析

東京大学	学生員	太田 匡司
日本大学	正 員	野村 卓史
前田建設工業（株）	正 員	志村 正幸
前田建設工業（株）		関根 章義

1. はじめに

風による構造物の空力弾性応答問題の数値流体解析を行なう目的で、これまでにALE有限要素解析法の開発を行ない、 $Re \approx 10^2$ の領域における円柱の渦励振などを解析してきた¹⁾。この解析法を、風洞実験レベルに対応するより高いレイノルズ数領域（ $Re \approx 10^4$ ）に適用するため、Smagorinskyの渦粘性モデルを適用した乱流解析法²⁾を組み込んだ解析を試みた。また数値解析結果をより多角的に検証するため、自由振動円柱の断面表面圧力分布について風洞実験により測定し、解析結果と比較した。

2. 実験

円柱の揚力方向自由振動実験を行った。断面寸法 $2m \times 2.3m$ の風洞内に図1のような風路を設置し、その中に模型を入れた。円柱の模型は図2のようで、エアースライドを用いて片方支持とすることにより可視化などを行いやすくした。実験の各諸元を表1に示す。

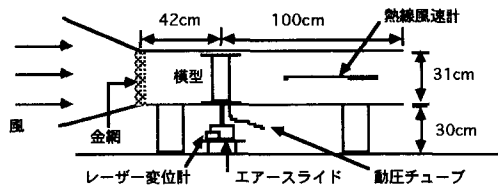


図1 風路側面図

3. 解析方法と解析条件

数値解析法は、ALE有限要素流れ解析法¹⁾の粘性項の係数マトリックスにSmagorinskyの渦粘性係数²⁾（Smagorinsky 定数=0.1）を加えることにより構成した。解析モデルを図3に、使用したメッシュの変形パターンを図4に示す。解析の積分時間間隔はいずれも無次元時間0.03とした。

4. 解析結果と実験結果の比較

図5に、円柱の振動振幅と渦放出周波数の変化を示す。渦励振の立ち上がりはほぼ実験と同じであるが、最大振幅と渦励振域の幅は実験より小さかった。そのため、本実験の狭いロックイン領域を解析では捉えることができなかった。

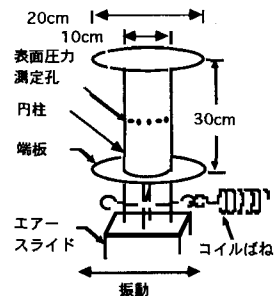


図2 模型図

表1 実験および模型の諸元

平均風速分布	± 4 % 以内
乱れの大きさ	約 1 %
細長比	3
端板直径	2 D
閉塞率	5 %
表面圧力測点数	16 点
質量（含支持具可動部）	2 0 2 9 g
固有振動数	9 . 4 3 H z
減衰定数	0 . 5 5 %
風速範囲	2.5m/s ~ 6m/s
レイノルズ数範囲	$2 \times 10^4 \sim 6 \times 10^4$

図6は、実験と解析のそれぞれで最大振幅をとるときの表面圧力分布について比較したものである。ここで実験に関しては約500サイクルの平均をとっている。変位の位相毎に比較すると、圧力分布の上下の偏りや絶対値、剥離点の位置はほぼ対応する結果となっている。また解析結果について変位と揚力の時間変化を調べると、変位と揚力の間に約135°の位相差が存在していた。これは断面圧力分布の結果において位相1と2、3と4の形状が似ている事と整合している。

また各風速についても同様に位相差を調べ、グラフにすると図7のような結果を得た。共振風速の付近において位相差が急激に変化している。過去の強制振動実験³⁾においてもこのような位相差の変化があることが報告されている。

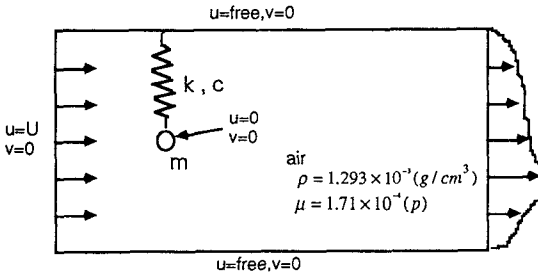


図3 解析モデル図

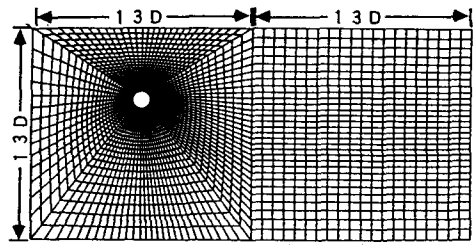


図4 メッシュ変形パターン

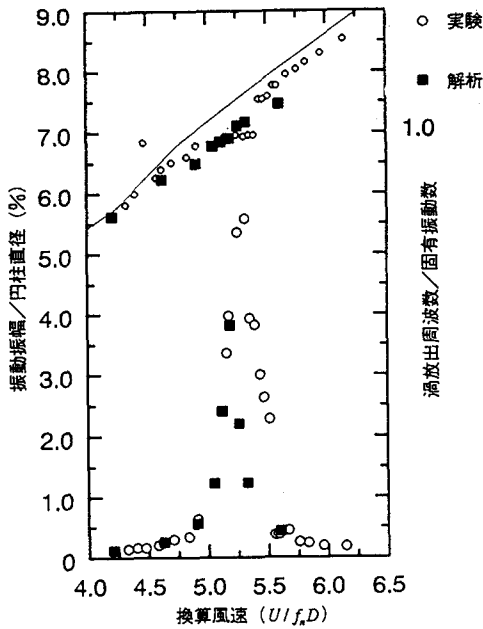


図5 振動振幅と渦放し周波数の変化

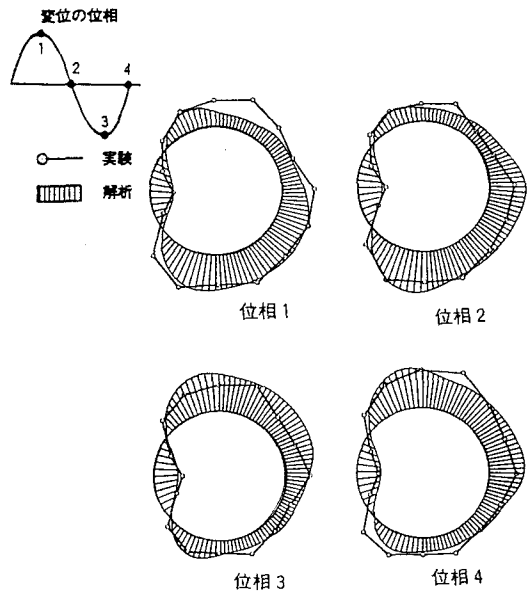


図6 変位の各位相毎の断面圧力分布

参考文献

- 1) T. Nomura: Finite element analysis of vortex-induced vibration of bluff cylinders, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 46&47 (1993) pp. 587- 594.
- 2) 野村卓史、モンコル・ジラヴァンチャラデット: Smagorinskyの渦粘性モデルを用いた円柱まわりの高レイノルズ数流れの解析、構造工学論文集 Vol. 40. (1994) pp. 425 - 434.
- 3) 田中博喜、高原茂: 振動円柱の非定常空気力に関する研究、三菱重工技報 Vol. 7, No. 2. pp. 1 - 9.

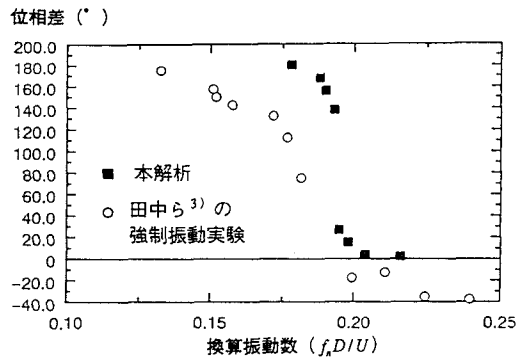


図7 変位と揚力の位相差の変化