

I - B12

差分法による橋梁断面の3分力解析

－ 格子分割の影響について －

大林組 技術研究所 正会員 藤原 章博 *
 同 上 正会員 野村 敏雄 *
 同 上 伊藤 雅保 *

1. まえがき

数値流体解析の設計実務への適用可能性を検討するために、箱桁周りの2次元数値解析を差分法を用いて実施し、3分力特性を米田らの実験値¹⁾と比較した。また、格子数と解析領域の広さをパラメータとして変化させ、それらの違いが結果に与える影響について検討を加えた。

2. 解析条件

基礎方程式には Navier-Stokes 方程式と圧力の Poisson 方程式を使用した。一般座標系のレギュラーメッシュ上で、これらの方程式を差分法により離散化したのち、各タイムステップで SOR 法を用いて解析を行った。ここで、対流項の差分には3次風上差分、拡散項には2次中心差分を用いた。また、境界条件は物体表面で non-slip 条件、外側境界では一様流かつ圧力一定とした。時間刻みは $\Delta t = 10^{-3}$ で一定、最小格子幅は $1/(10\sqrt{Re})$ である。

3. 解析ケース

解析ケースの一覧を表1に示す。また、解析領域の略図を図1に、橋梁断面近傍の格子を図2に示す。本解析では、周方向の格子数(MX)を400で一定とし、径方向の格子数(MY)を50または100とした。解析領域は楕円形とし、短径(Rx)及び長径(Ry)がそれぞれ60,80またはそれらの1/2とした。Re数は10,000または2,500である。迎角は $-8 \sim +8$ 度の間を2度ピッチで変化させた。

表1 解析ケース

ケース名	格子数		短径 Rx	長径 Ry	レイノルズ数 Re
	MX	MY			
1	400	50	60	80	10,000
2	400	50	60	80	2,500
3	400	100	60	80	2,500
4	400	100	30	40	2,500

流体解析、差分法、2次元3分力

* 〒204 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-1076 FAX 0424-95-1261

4. 結果と考察

図3に3分力特性の実験値と解析値との比較を示す。

実験値は定性的に、1)迎角0度で抗力が最小となり、正負どちらに迎角を増しても一様に増加する。2)迎角0度付近で揚力が正値で正勾配となる。3)迎角4～6度で、揚力が負勾配となる、などの特徴を有する。なお、ここで示した実験値はレイノルズ数 2.8×10^4 のものであるが、 5.7×10^4 の場合でも、有意な差はみられない。

ケース1の場合、抗力係数は正の迎角では実験値とほぼ一致するものの、負の迎角では実験値と異なり迎角が大きくなるほど減少する。揚力係数は迎角0度付近では実験値の勾配とほぼ一致するが、値は実験値よりも多少大きくなっており、4～6度での負勾配も再現されなかった。また、空力モーメント係数は実験値と比較して勾配が小さい。

レイノルズ数をケース1の10,000から2,500としたケース2の場合、抗力係数及び空力モーメント係数はケース1とほぼ同様の特性を示した。しかし、揚力係数は迎角0度において実験値とは正負が逆転し、また、揚力勾配も実験値よりかなり大きくなるなどの相違が見られた。

径方向の格子数をケース2の50から100としたケース3の場合、抗力係数が迎角0度で極大値を持ち、実験値の約2倍となっている。しかし、迎角の増加に従って抗力係数も増加する傾向は定性的に把握されていると考えられる。揚力係数の勾配はケース2と比較して多少改善されているが、実験値よりかなり大きい。空力モーメント係数は $-4 \sim 0$ 度でほぼ実験値と一致しているが、実験で緩やかな負勾配となる2～6度間における変化に多少ばらつきがある。

解析領域を短径、長径ともケース3の1/2とした

ケース4の場合、負の迎角では定性的にはケース3と概ね同じであった。しかし、正の迎角ではケース3よりも実験値との対応がやや悪くなっている。従って、適切な解析領域の設定にあたってはさらに検討する必要があるが、短径 30D、長径 40D 程度の大きさの領域でも、境界の影響は大きく現れないと思われる。

図4にケース2及び3の迎角0度での揚力係数の時刻歴を示す。ケース3では揚力の振幅がほぼ一定であるが、ケース2では不規則性が強く現れている。従って、周方向の格子数の違いによって流れの再現性に違いがあると考えられ、格子数が50程度では十分ではないことがこの点からも推察される。

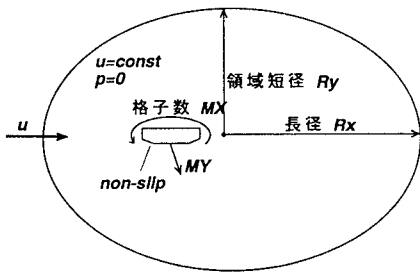


図1 解析領域

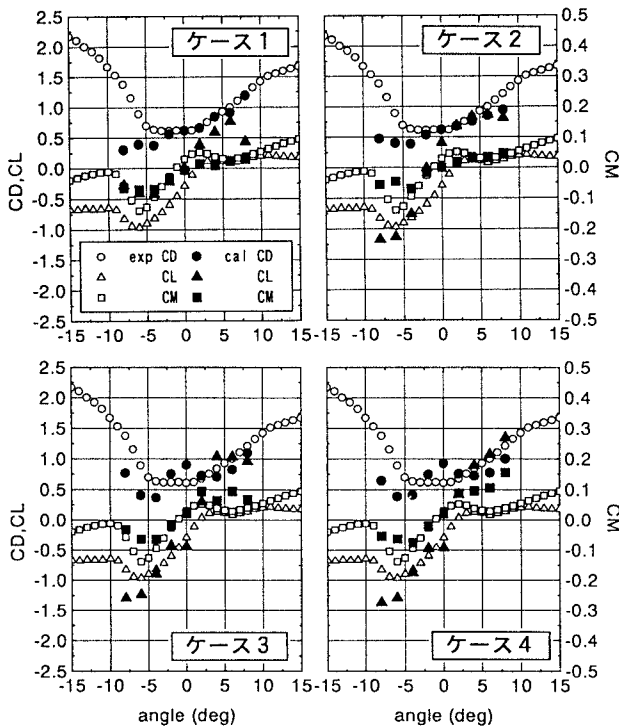


図3 3分力特性

5. まとめ

箱桁周りの流れシミュレーションを、格子数及び解析領域の大きさを変化させて行い3分力特性を求めた。その結果、本解析では迎角に対する3分力特性の変化を精度よく再現することは出来なかったが、変化させたパラメータに対して次のような特徴がみられた。1)レイノルズ数の影響が揚力係数に大きく現れる。2)径方向の格子数は多い方が実験結果との対応は良く、格子数50程度では不十分である。3)領域は長径40D程度でも解析可能である。

参考文献

米田・宮地・瀬戸内・枝元：扁平箱桁断面に対する水平プレートの空力制振効果に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.42A，pp.825～832，1996

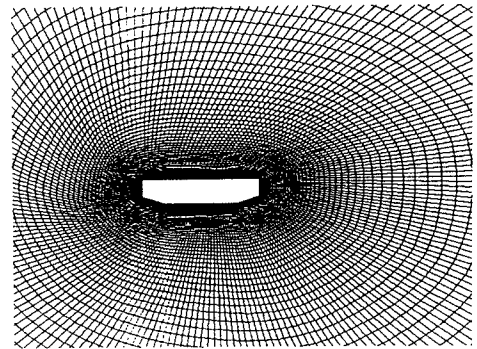


図2 計算格子

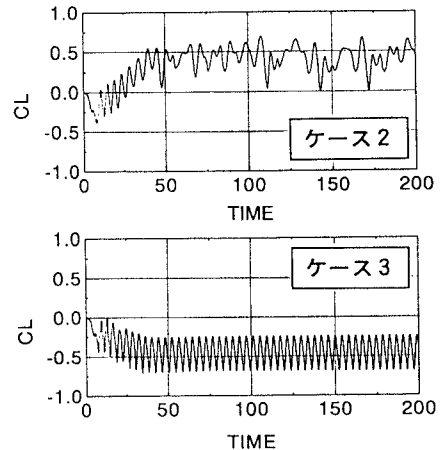


図4 揚力の時刻歴