

並列矩形断面の $k-\varepsilon$ モデルによる非定常風圧分布予測

清水建設（株）技術研究所 正会員 嶋田健司
清水建設（株）和泉研究室 正会員 若原敏裕

1 はじめに

次世代の超々大橋に向けた新たな設計法の開発の中で分離箱桁断面方式が注目されている^[1]。若原・嶋田らはKato-Launderによる修正型 $k-\varepsilon$ モデルを用いた2次元解析によりフェアリング付きの分離箱桁断面の非定常風力について再現性を検証した^[2]。並列断面の空力特性はその間隔に依存する^[2]。本研究は並列矩形断面について、断面間隔を種々に変えた場合の非定常風圧特性の評価を行なうことを通して本手法の並列断面への適用性について考察を行うものである。

2 解析手法

解析はKato-Launderによる修正型 $k-\varepsilon$ モデルとTwo-Layerモデルを組み合わせた手法を一般座標系に拡張したものである。Reynolds数は $Re = UD/\nu = 0.55 \times 10^4 (B/D=20)$ 、ここに B, D ：風上断面の流れ方向長さおよび見附幅）および $2.2 \times 10^4 (B/D=5)$ とした。加振はねじれについて振幅 $\pm 2^\circ$ で振動数スイープにより行った。並列断面の解析では領域分割法（重合格子）を用いた^[3]。格子点数は $320 \times 200 + 320 \times 110 = 99,200$ である。

3 実験結果

(1) $B/D=20$ 断面の解析結果

図1より $L=0.5B$ の場合、風上断面の後端部から明瞭なKarman渦放出が認められ、これが風下断面にあたっているのが認められる。衝突した渦は風下断面の前縁からはく離渦と融合しながら側面を流下している。風下断面に作用する空気力は、(1)風上側断面から放出される周期的な渦と前縁からの剥離渦、(2)物体の振動に伴う剥離せん断の揺動、(3)後縁から放出されるKarman渦、以上3種類の流れによって影響されるものとなっている。図2にはこの時の非定常風圧分布について松本らの実験結果^[2]と本解析結果の比較を示す。種々の無次元風速についての実験の傾向は本解析によってもよくと捕らえられている。風上側断面の位相差に若干の相違は見られるものの全体的に定量的にもよい一致を示



図1 $B/D=20(L=0.5B)$ 矩形断面柱まわりの瞬間渦度場 ($U/B=15$)

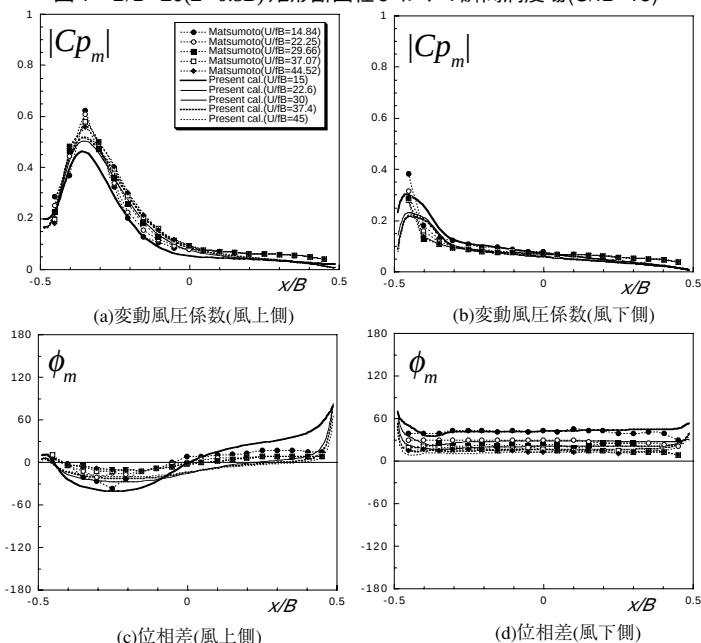


図2 $B/D=20(L=0.5B)$ 矩形断面柱の非定常風圧分布



図3 $B/D=20(L=2B)$ 矩形断面柱まわりの瞬間渦度場 ($U/B=15$)

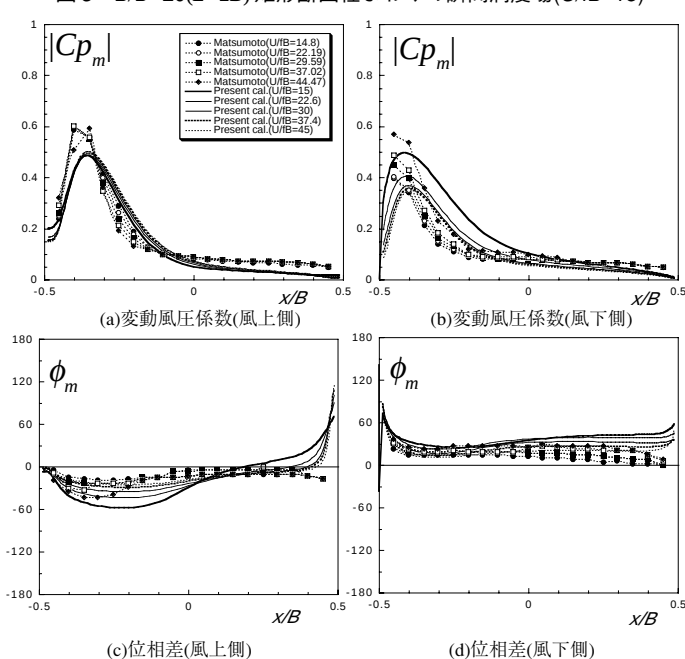


図4 $B/D=20(L=2B)$ の非定常風圧分布

キーワード：並列矩形断面，非定常空気力，非定常風圧，数値流体解析， $k-\varepsilon$ モデル

連絡先：〒135-8530 江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-5527 FAX 03-3820-5955, shimada@sit.shimz.co.jp

している。図には示していないが、風上断面の $|Cp_m|$ はこれとよく似た分布をしている^[4]。位相差は並列断面の方が小さい。図3に示す $L=2B$ の場合でも風上断面からの周期的なKarman渦放出が認められる。しかし図1と比べて、風下断面近傍における剥離せん断層との干渉は弱い。このため、風下断面の渦発生抑制効果が小さく風下断面での $|Cp_m|$ のピークは $L=0.5B$ に比べて大きい。

(2) $B/D=5$ 断面の解析結果

図5には $L=2B$ の瞬間渦度を示す。風上断面からは明瞭なKarman渦放出があり、これが規則的に風下断面に作用している。図6にはこの時の非定常風圧分布を示す。細かな差異は認められるものの大局的には解析結果は実験の特徴をよくとらえている。図には示していないが、風上断面上の分布は単体の場合とよく似た分布をしている^[4]。

図7(a)には $L=0.5B$ の瞬間渦度を示す。図5と比較すると、風上断面からの渦放出は認められない。また風上断面の剥離せん断層が風下断面にも及んでおり、風下断面の前縁からの渦の生成が抑制されている。しかし図8に示す実験結果は総じて図6とあまり変わらない。解析結果は実験と大きく異なる。実験では風上断面からの渦放出があるものと思われる。図8には解析で $L=0.53B, 0.55B, 0.6B$ とした場合も示す。 $L=0.55 \sim 0.6B$ とした場合、位相にやや違いはあるものの、実験結果に近くなる。図7(b)には $L=0.55B$ とした場合の瞬間渦度を示す。同図(a)に比べて間隔 L は僅かの違いではあるが、風上断面からの流れが巻込んでいるのがわかる。この付近の間隔 L は渦が巻込むか否かの境目で現象が微妙に変化する領域であるものと考えられる。

4 まとめ

修正型 $k-\varepsilon$ モデルにより並列矩形断面の断面間隔を変えた解析を行った。風下断面近傍は風上断面からの渦放出の影響を強く受ける複雑な流れ場であるにもかかわらず、本手法は非定常風圧分布の傾向を十分にとらえることが可能であることが示された。ただし、 $B/D=5$ の間隔が小さく、渦が巻込むかどうかの微妙な場合に実験結果とやや開きが見られた。

【参考文献】

- [1]若原敏裕・嶋田健司・佐藤弘史・松井正宏, 土木学会第56回年次学術講演会, 2001
- [2]松本 勝・阿部和浩・吉住文太, 第15回風工学シンポジウム論文集, 413-418, 1998
- [3]嶋田健司・日比一喜, 日本風工学会誌, 第55号, 77-78, 1993.5
- [4]嶋田健司・石原 孟, 第50回理論応用力学講演論文集, 97-98, 2001.1



図5 $B/D=5(L=2B)$ 矩形断面柱まわりの瞬間渦度場($U/B=15$)

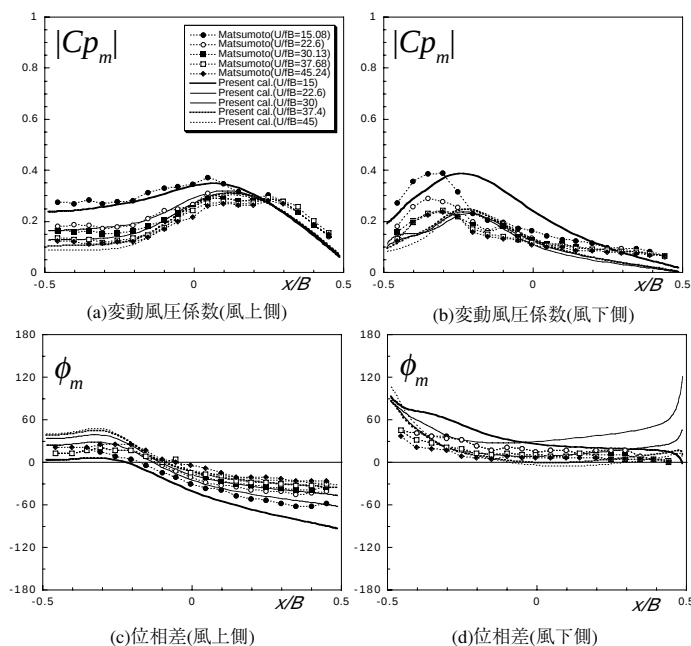


図6 $B/D=5(L=2B)$ の非定常風圧分布

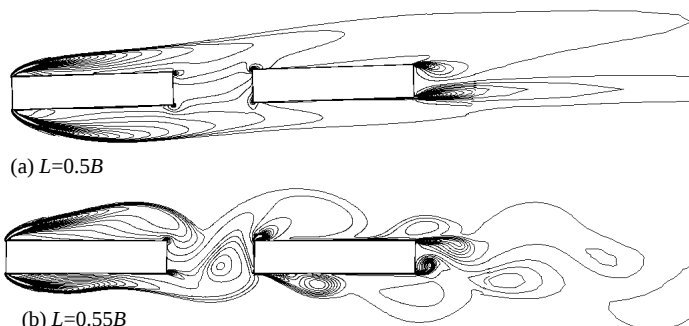


図7 $B/D=5(L=0.5B, 0.55B)$ 矩形断面柱まわりの瞬間渦度場($U/B=15$)

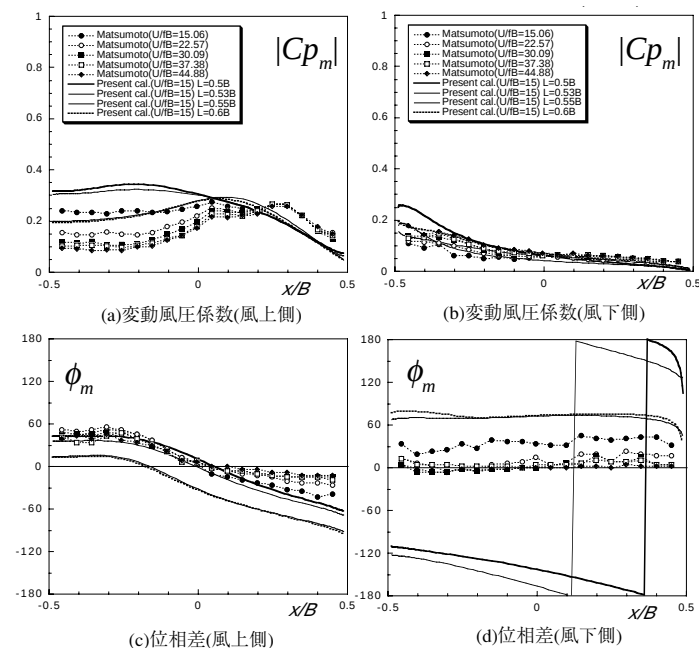


図8 $B/D=5(L=0.5B, 0.53B, 0.55B, 0.6B)$ の非定常風圧分布