

数値流体解析による橋梁桁断面の非定常空気力特性

長崎大学工学部 正会員 ○ 河村進一
 長崎大学工学部 学生会員 中宮義貴
 九州工業大学工学部 正会員 久保喜延

1. はじめに

構造物の周辺流れを数値的に解くことにより、空力弾性振動のシミュレーションが実現可能になってきている。数値流体解析を設計業務に取り入れるためには、数値解析によって得られる空気力を実測値と比較し、その適用性について検討しなければならない。しかしながら、橋梁桁断面のような複雑な形状の断面について、数値流体解析による非定常空気力の推定精度について言及されたものは少ない。そこで本研究では、より現実的な問題へ適用するために、斜張橋用 2 主桁断面¹⁾を対象として、風洞での強制加振実験を数値流体解析によって再現して非定常圧力を算出し、風洞実験値との比較を行う。

2. 数値流体解析法

解析の対象とした断面は図 1 に示すものである。主桁の位置は張り出し比 $C/D=2.0$ としている。解析領域を直径 $30B$ の円形として O 型境界適合格子(128×64 点)を作成し、この格子上で二次元数値流体解析を行った。ただし、格子作成に当たって、I 型主桁の細部を表現することが困難であったため、図 2 のように主桁を幅 $b=B/50$ の矩形断面としている。

桁周辺の流れ場は非圧縮粘性流体とし、基礎方程式は Navier-Stokes の式と圧力に関する Poisson 方程式を使用した。これを流速と圧力を同一点に配置するレギュラーメッシュで差分法により離散化した。時間積分には Euler の陽解法を用い、対流項は 3 次風上差分の K-K スキーム、その他の空間項は 2 次中心差分により近似した。解析におけるレイノルズ数は $Re=10^4$ とし、時間積分間隔は 1.0×10^{-3} とした。

強制加振実験を数値流体解析で表現するために、解析格子を空間ではなく角柱に固定して格子全体を移動させ、境界条件として角柱表面に滑りなしの条件、遠方境界には強制加振による相対速度を与えた。また、動的解析における数値解の収束を早めるために、十分に発達した静的解析結果を初期条件として用いる。そのため、無次元時間 $tU/D=50$ まで $\alpha=0.5^\circ$ で静止させた状態で静的解析を行い、その後、加振振幅 $\phi_0=0.5^\circ$ の正弦波での強制加振を行う。換算風速は $Vr(=V/D)=48$ とした。

3. 数値解析結果と風洞実験結果との比較

図 3 に風洞実験結果による非定常圧力係数を示している。これは、表面圧力変動のうち、強制加振振動数成分近傍の圧力変動を抽出し、その振幅を無次元化したものである。上面の圧力は風上側で大きく、前縁からの剥離流が最付着すると考えられる測点 10 付近で最小になり、それよりも風下側ではほぼ一定になる。下面の非定常圧力は風上側で大きく、主桁のある測点 6 近傍で低下、測点 6 から 15 までほぼ一定値を取り、15 から風下側主桁のある測点 24 付近までの間でピークが確認できる。また主桁の後方の非定常圧力は他の部分と比

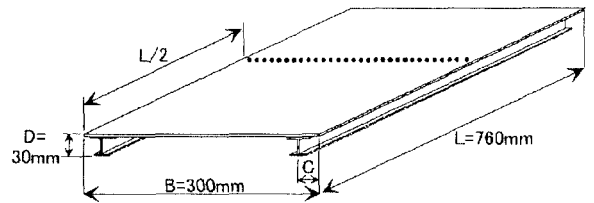


図 1 対象断面の風洞実験モデル



図 2 数値解析用モデル

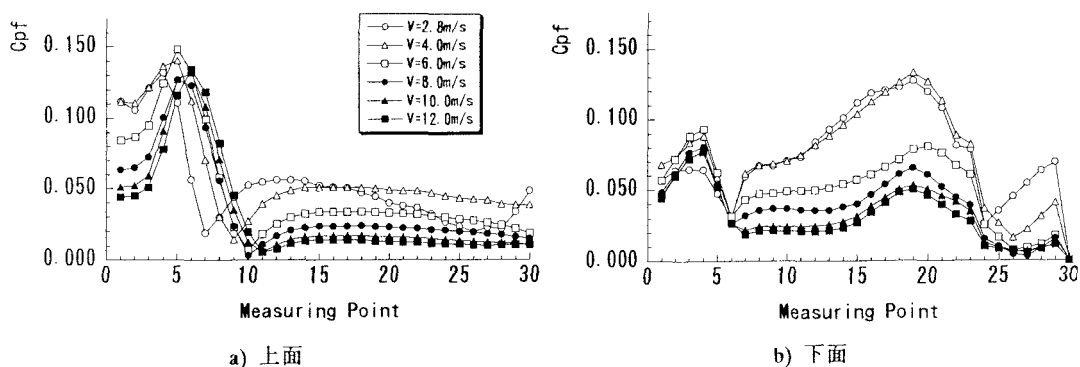


図3 風洞実験による非定常圧力係数

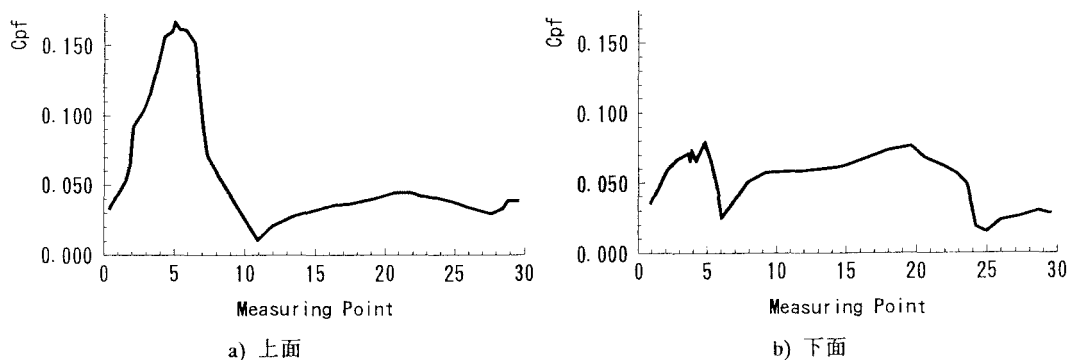


図4 数値流体解析による非定常圧力係数

較すると小さい。上面下面ともに非定常圧力の分布には風速による極端な変化は見られない。

図4に数値流体解析による非定常圧力の計算結果を示している。風洞実験結果とは、レイノルズ数は一致していないが、換算風速は風洞実験の風速 $V=6.0\text{m/s}$ に相当する。両者を比較すると、上面の測点10付近での非定常圧力の低下、下面での主桁後方での圧力低下など分布形状は非常に良く一致している。また、定量的に見ても良く一致しているといえる。

4. まとめ

数値流体解析結果による橋梁桁断面の非定常空気力の推定精度を検討するために、斜張橋用2主桁断面の非定常圧力の振幅について風洞実験値と比較した。その結果、数値流体解析による非定常圧力の振幅は風洞実験による結果と良く一致することが確認できた。本研究の結果だけから判断すると数値流体解析を用いることで非定常空気力を推定できるといえる。しかしこのような結果は、2主桁断面が比較的単純な形状で、明確な剥離点を持っていること、さらに、今回検討を行った断面では換算風速による変化が空力特性に与える影響が比較的小さいことによると考えられる。今後、換算風速、レイノルズ数等のパラメータを変えて数値流体解析を行い、その適用範囲について検討する必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 貞島健介, 久保喜延, 古賀貴, 岡本有造, 山口栄輝, 加藤九州男: 斜張橋用2主桁断面の対風特性, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1073-1078, 2000.
- 2) 河村進一, 久保喜延, 山口栄輝: 前縁隅角部に曲率を有する断面の空力特性に関する風洞実験および数値流体解析, 土木学会論文集, No.619/I-47, pp.67-74, 1999.