

壁高欄の橋軸方向変化による矩形箱桁断面の周辺流れの三次元挙動

呉工業高等専門学校 正会員 ○河村進一, 黒川岳司
日本道路公団 大元智裕 金沢大学 新谷友紀乃

1. はじめに

橋桁の空力弾性振動の抑制は構造力学的な対策と流体力学的な対策が考えられるが、流体力学の他の分野を見れば最近の競泳用水着のように表面の微細な形状変化によって、流体抵抗を低減している例などがあり、橋梁の空気力についても流体力学的に検討する余地があると考えられる。橋梁桁断面を簡略化した形状として扁平な角柱を対象として、その表面上に小突起を設けることによって、剥離流れの三次元的な挙動を作り出し、剥離流れの形成に変化を与え、非定常流体力を低減しようとするものである。本研究では、ある吊橋の補剛桁から構造的に必要な部分だけを取り出した $B/D=6.67$ の長方形断面柱を基本断面として、桁周辺の剥離流の三次元的挙動を汎用流体解析ソフトによる数値シミュレーション結果から検討した。

2. 数値シミュレーション概要

桁をモデル化した $16\text{m} \times 2.4\text{m}$ の長方形断面を基本断面 (case 1) とし、スパン方向に幅 1m の棒状の突起が解析領域内に 1 つ設置された case 2, スパン方向解析領域半分の幅 6.5m の壁を設置した case 3, スパン方向全体に壁を設置した case 4, の 4 つのモデルを作成した。棒状突起および壁の高さはいずれも 1.2m である。解析モデルを図 1 に示す。解析領域は流れ方向 72m, 上下方向 28m, スパン方向 13m とし、格子数は $86 \times 62 \times 52 = 277,264$ 点、側面に周期境界条件を与えている。解析領域への流入風速は 10 m/s の一様流とし、Reynolds 数は 1.02×10^7 である。汎用流体解析ソフト STORM/CFD2000 によって非圧縮粘性流体の数値シミュレーションを行った。乱流モデルは用いていない。

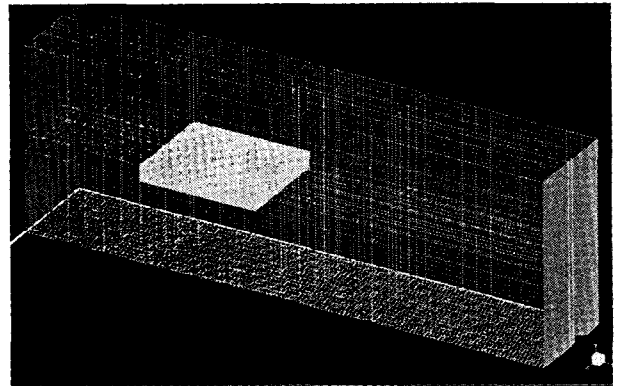


図1 数値解析モデル

3. 結果および考察

図 2 は桁上下面の表面近傍の流速ベクトルを上から見たものである。桁の形状が二次元的である case 1 と case 4 ではほぼ二次元的な流れになっているが、桁の形状に三次元的な変化を持たせた case 2 と case 3 では、桁表面上の流れ場に強い三次元性が現れることがわかる。図 3 は桁付近の圧力の値が -45Pa の等圧面を桁の上後方から見たものであるが、図 2 で三次元的な流れが形成されている case 2 であっても前縁から剥離する流れに三次元的な渦の構造が形成され、桁上面の等圧力面が少し変化しているが、case 1 と比較してほとんど変わらないことが分かる。case 3 は、剥離して壁を越えて背後にまわりこむ流れと、壁の両端から背後にまわりこむ流れが干渉して壁の背後で三次元的な渦が形成され、さらに、桁下面の流れも変化している。

図 4 は参照点の圧力の時刻歴を示したものである。基本断面の case 1 では上面下面ともほぼ一定の振幅になっている。スパン方向の全区間に壁を設置した case 4 では、時刻 60~70s では圧力振幅が小さいが 55~60s のように振幅が大きくなっている時間帯もある。棒状の突起を設けた case 2 では、上面の圧力の極小値が case 1 と比べて小さく、圧力振幅がやや大きくなっているが、表面圧力特性は case 1 とほとんど変わらない。スパン方向の半分の区間に壁を設置した case 3 では、上面の圧力振幅が約 3 分の 1 に低下しその振動数も高くなっている。さらに下面の圧力振幅も上面と同様に小さくなっている。以上のことから桁に作用する変動空気力を低下させることがわかる。

4. まとめ

橋梁の桁をモデル化した扁平な長方形断面柱を基本断面として、車両防護柵の縦柵を模擬した棒状の突起と、スパン方向全体と半分の区間に壁高欄を設置した場合の数値シミュレーションを行った。シミュレーション結果から、棒状の突起を設けた場合は基本断面とほぼ同じ流れ場を形成するが、スパン方向の半分の区間に壁高欄を設置することによって、剥離流の三次元性が強くなり、圧力の振幅も小さくなっていることから三次元的な流れを形成することによって変動圧力が低減できることを確認した。

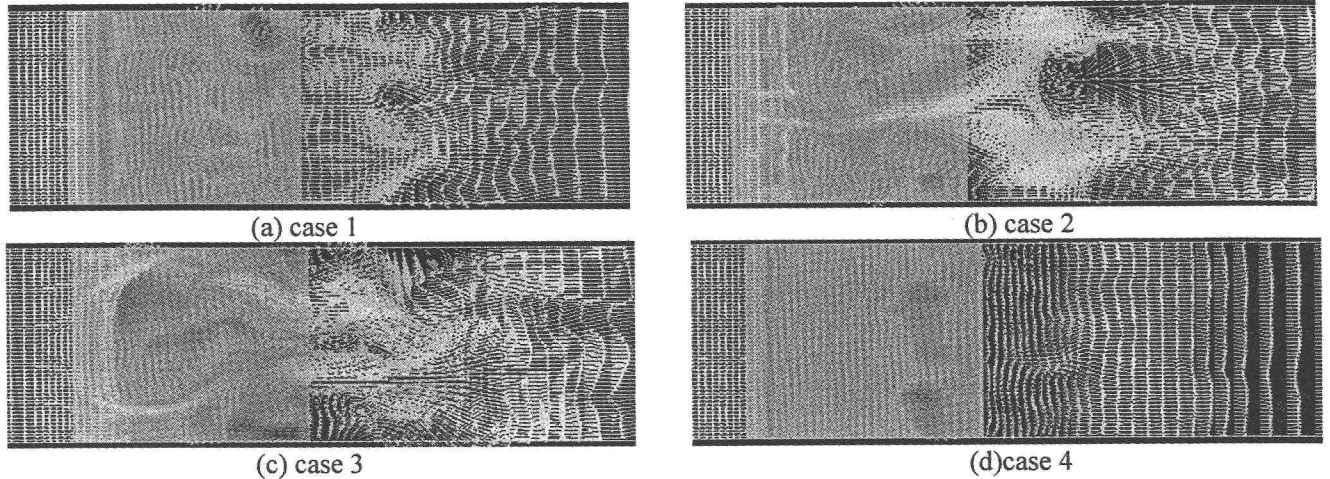


図2 桁上表面近傍の瞬間流速ベクトル

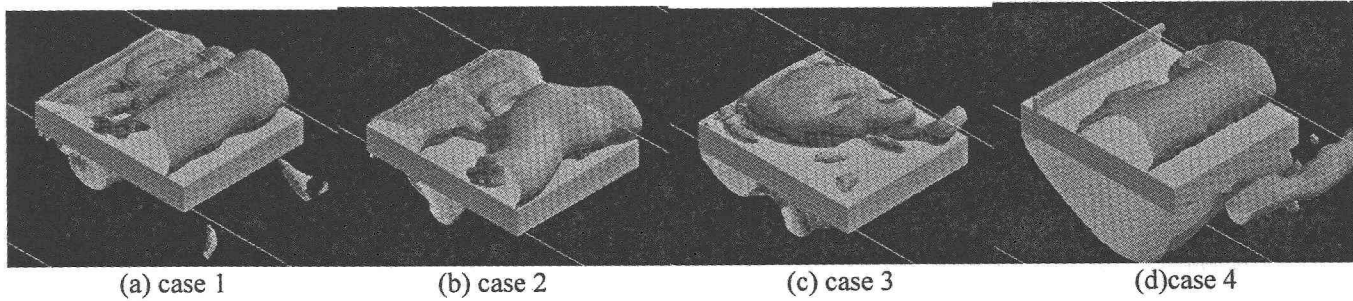


図3 等圧力面図

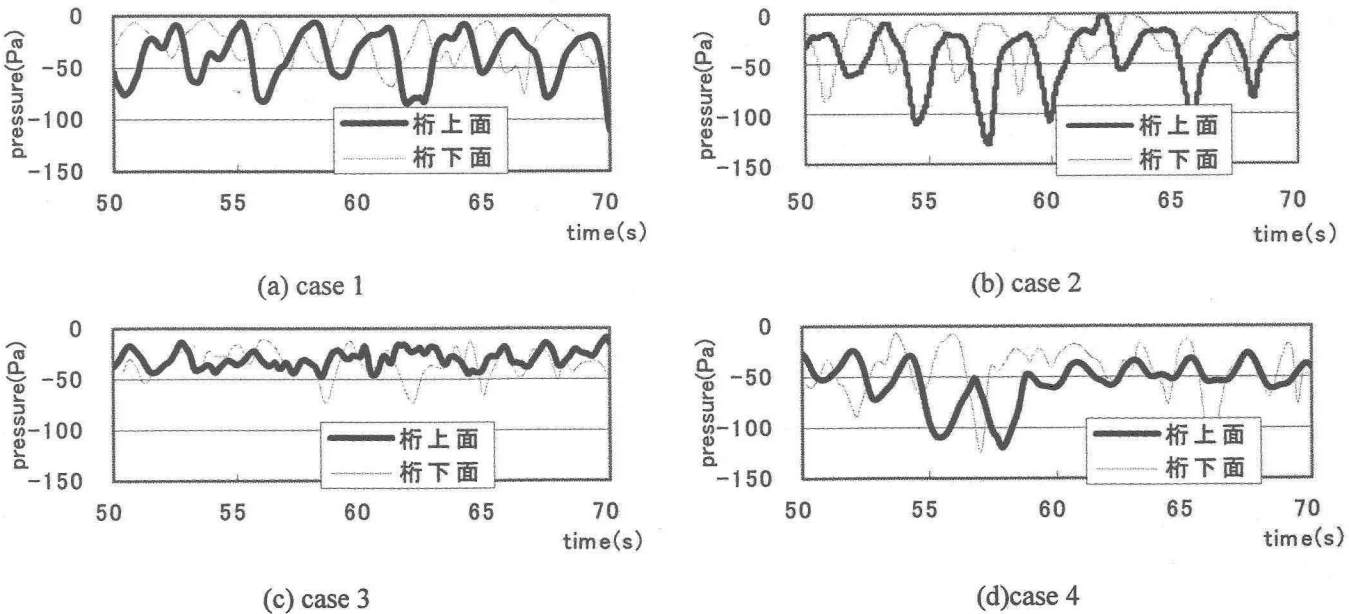


図4 桁表面の圧力の時刻歴