

## 壁高欄の間欠設置による耐風安定化検討

幽谷 栄二郎\* 河村 進一\*\*

橋梁の耐風安定性に高欄形状が影響を及ぼすことが知られている。しかし、実際橋梁に設置される高欄は、デザイン等の耐風安定性とは別の要因から決定される場合がほとんどである。海上などの橋梁では、閉塞率を小さくし、通風性の良い高欄が採用されている事例が多いが、中規模な橋梁では耐風安定性を配慮した高欄は少ない。本研究では、壁高欄のような風の流れを妨げるものを橋軸方向に間欠的に設置し、風の流れの2次元性を意図的に乱し流れの3次元性を作り出すことで、耐風安定化を図ることを検討する。最近の公共事業においては、経済性が重視されるようになり、耐風安定化対策についても、高欄に耐風対策の機能を付加することで、耐風性が問題となる中規模以上の橋梁の経済性に寄与できるものとする。

キーワード：壁高欄の間欠設置，扁平箱桁断面，CFD，静的3分力測定

### まえがき

橋梁の耐風安定性に、高欄が影響を及ぼすことは、知られているが、実際橋梁に設置される高欄は、デザイン等の耐風安定性とは別の要因から決定されたものが採用される場合がほとんどである。海上などの橋梁では、通風性の良い高欄が採用されているが、壁高欄のような、風の流れを妨げるものを橋軸方向に間欠的に設置することで、風の流れの2次元性を意図的に乱し流れの3次元性を作り出すことで、耐風安定化を図ること検討する。最近の公共事業においては、経済性が重視されるようになり、耐風安定化対策についても、高欄に耐風対策の機能を付加することで、耐風性が問題となるような中規模以上の橋梁の経済性に寄与できるものとする。このような背景から、高欄による耐風安定化対策の検討を行っている。本稿では、CFDによる検討結果および、静的3分力測定試験結果について報告する。なお、本研究は呉工業高等専門学校との共同研究として実施している。

### 1. CFDによる検討

#### (1) CFDの概要

扁平な桁をモデル化した幅員16m×高さ2.4m

の長方形断面を基本断面の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の壁高欄を設置したcase 3、スパン方向全体に壁高欄を設置したcase 4、の4つのモデルを作成した。棒状突起および壁高欄の高さはいずれも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橋軸方向に無限の長さを持つ桁の一部分を解析している。解析領域への流入風速は10 m/sの一様流とし、Reynolds数は $1.02 \times 10^7$ 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。

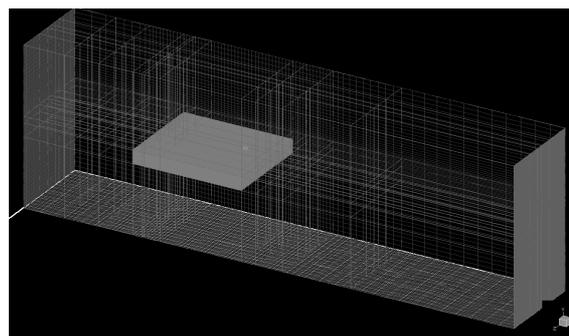


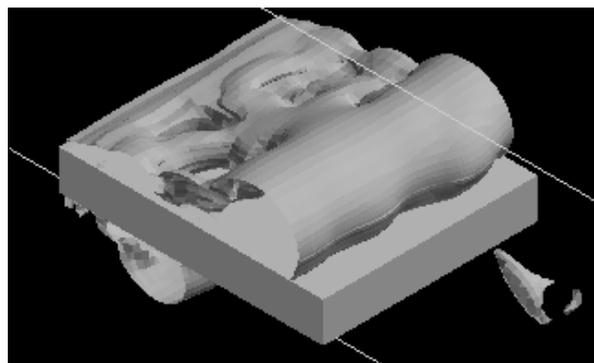
図-1 数値解析モデル

\* 技術研究室 \*\* 呉工業高等専門学校助教授

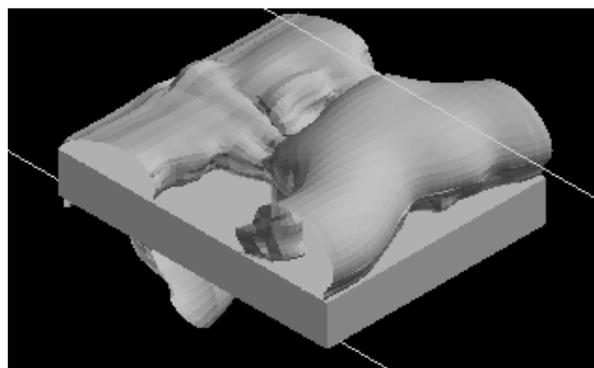
(2) CFDの結果

図-2 は桁上下面の表面近傍の流速ベクトルを参照点の高さで上から見たものである(参照点: スパン中央, 桁前縁から 13.0m, 桁上面から高さ 0.8m の点)。桁の形状が 2 次元である case 1 と case 4 ではほぼ 2 次元的な流れになっているが, 桁の形状に 3 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 3 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。等圧面の形状から前縁から剥離した流れが渦構造を形成することが確認できる。case 2 について, 図-2 では 3 次元的な流れの形成がみられるが, 桁上面の等圧力面の形状が少し変化している程度で, case 1 と比較して形状はほとんど変わらない。case 3 は, 剥離して壁を越えて背後にまわりこむ流れと, 壁高欄の両端から背後にまわりこむ流れが干渉して壁高



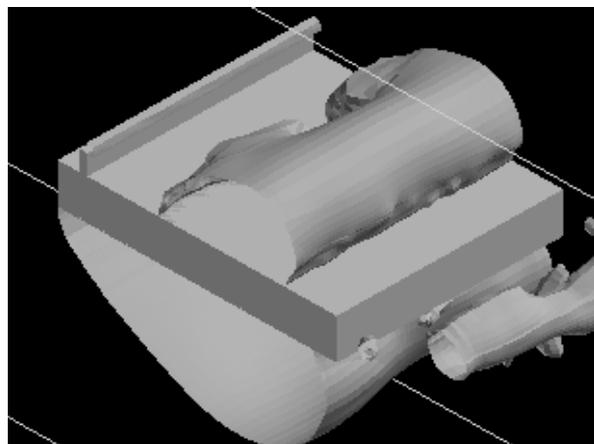
(a) case 1



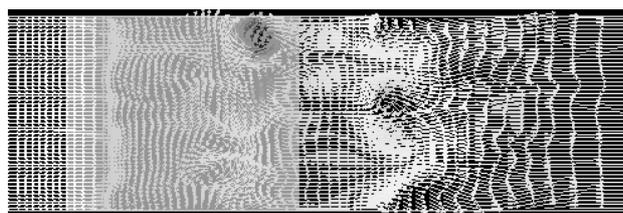
(b) case 2



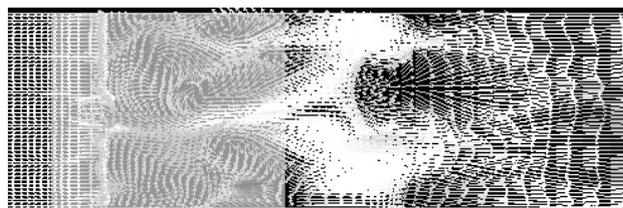
(c) case 3



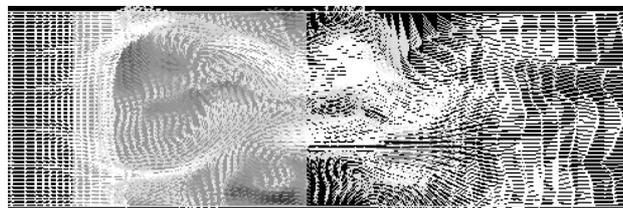
(d) case 4



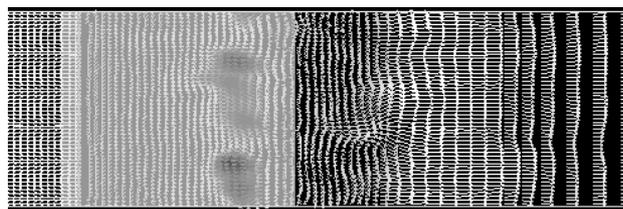
(a) case 1



(b) case 2



(c) case 3



(d) case 4

図-2 桁上表面近傍の瞬間流速ベクトル

図-3 等圧力面図  
(参照点の圧力が極大値になる時刻)

欄の背後で3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高欄を設置した 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。

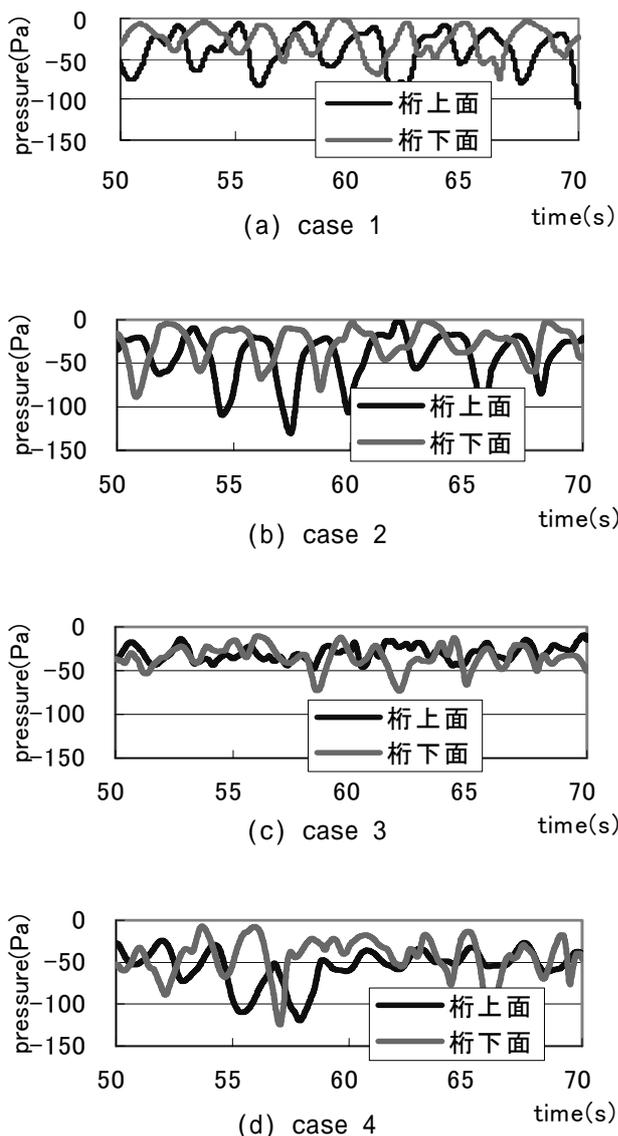


図-4 桁表面の圧力の時刻歴

## 2. 静的3分力試験

### (1) 試験概要

試験模型は、CFD 解析モデルの縮尺 1/48 に相当する長方形断面柱とし、幅 333.3mm × 高さ 50mm × 長さ 1190mm のものを用いている。高欄については、風下側にも設置して試験を行った。試験ケースを表-1 に示す。なお、風洞風速は、10m/s (レイノルズ数 =  $3.3 \times 10^4$ ) とし、迎角は  $-5^\circ \sim +5^\circ$  まで、 $1^\circ$  刻みとしている。写真-1 に、模型設置状況を示す。試験は、駒井鉄工所有の風洞実験棟で行った。

### (2) 試験結果

測定結果は、3分力天秤から検出された力を模型幅を代表長として無次元化を行っている。各空気力係数(抗力係数:  $C_D$ , 揚力係数:  $C_L$ , および空力モーメント係数:  $C_M$ )の座標系は、図-5に

表-1 試験ケース一覧

	高欄実橋寸法 (m)			配置
	高さ	長さ	幅	
case 1	高欄なし			
case 2	1.2	1.0	0.3	千鳥
case 3		6.5		千鳥
case 4		全長		-

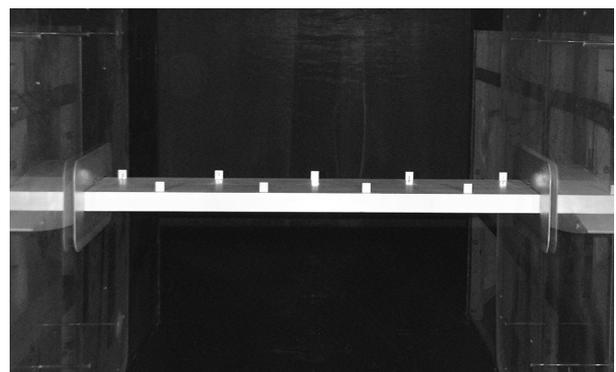


写真-1 模型設置状況 (case 2)

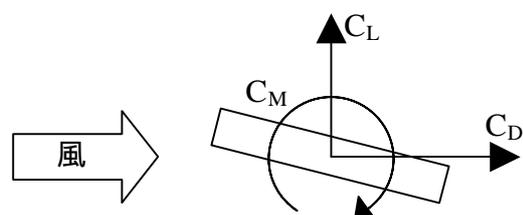
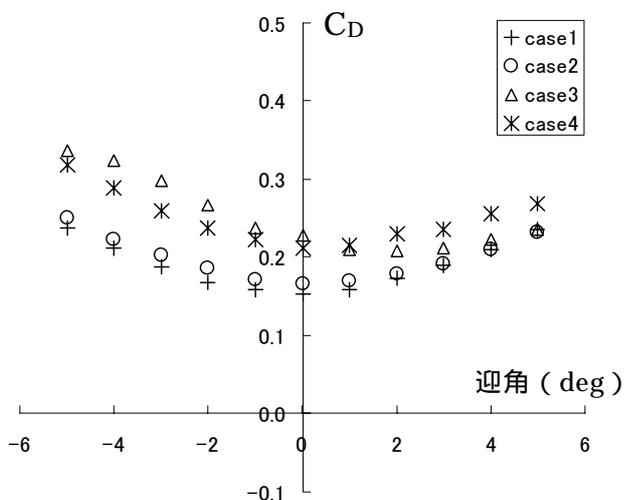


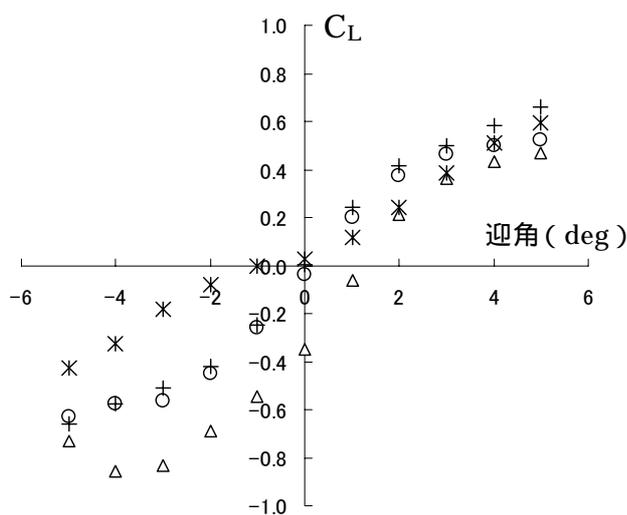
図-5 3分力係数の座標系

示すように風軸を基準としている。

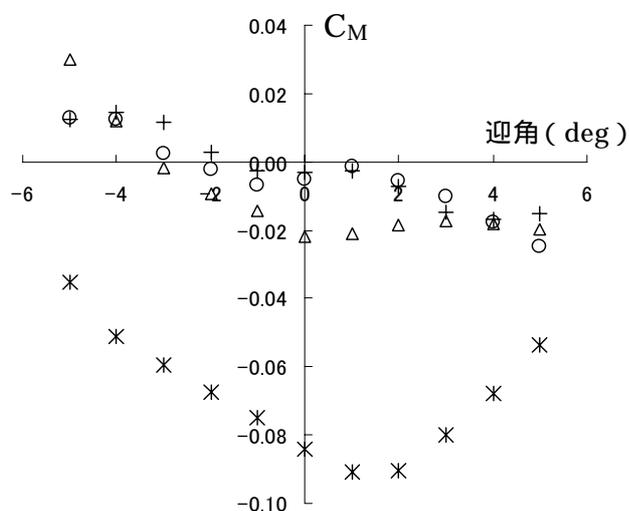
図-6 に試験結果を示す。今回試験を行ったような扁平断面の場合には、ねじれ振動が特に問題と



(a) 抗力係数  $C_D$



(b) 揚力係数  $C_L$



(c) 空力モーメント係数  $C_M$

図-6 空気力係数と迎角の関係

なってくるため、空力モーメント係数について、着目する。グラフ上で、正勾配であれば、その範囲では、動的空気安定性は安定な傾向を示し、反対に負勾配の場合には、不安定となる。case 1 の場合には、迎角  $0^\circ$  付近でのみ安定となる傾向を示している。これに対して、case 3 では、 $0^\circ \sim +3^\circ$  程度まで、安定となる範囲が広がっている。case 4 では迎角  $2^\circ$  以上の範囲で安定となる傾向を示しているが、空気力係数自体も大きく、そのほかの範囲で負の勾配も急となっている。case 2 については、CFD の結果と同様に、高欄を付けていない case 1 とほぼ同じ空気力係数となっており、高欄の効果があまりないことがわかる。

### 3. まとめ

今回は、壁高欄の間欠設置による耐風安定化検討の第 1 報として、高欄のみの効果を確認するために長方形断面での解析および静的 3 分力試験の結果を報告した。

解析と試験結果から高欄を間欠設置することによる効果をまとめると、下記ようになる。

- ・数値シミュレーションの結果から、幅 6.5m の壁を間欠設置した case 3 では、3 次元的な渦の形成がみられ、桁に作用する変動圧力が低下することがわかった。
- ・静的 3 分力測定試験結果から、case 3 において、迎角  $0^\circ \sim +3^\circ$  程度までの範囲で空力不安定性を改善する傾向が見られた。

以上のように高欄を間欠設置することで、空力安定性を改善できる可能性があることがわかった。しかし、高欄の間欠設置のみでは、空力的に不安定な迎角もあるため、今後フェアリング断面等と組み合わせて、静的 3 分力試験、バネ支持試験を行って、検討を進める予定である。

### 参考文献

- 1) 河村進一・黒川岳司・大元智裕・新谷友紀乃：橋軸方向に変化する壁高欄による剥離流の三次元性に関する数値シミュレーション, 日本風工学会誌, 第 95 号, pp.123-124, 2003.4.
- 2) 本州四国連絡橋公団：本州四国連絡橋耐風設計基準 (2001)・同解説, 2001.8.