

高欄の閉塞状況が橋梁断面周りの流れ場に及ぼす影響

徳島大学大学院 学生員 ○田高 真人
(株) レールテック 玉井 公一郎

徳島大学 正員 長尾 文明
徳島大学 正員 宗田 和之

徳島大学 正員 野田 稔

1. はじめに

現在の橋梁高欄は、通行者の安全性向上や景観の配慮などの理由により、高欄の設置基準が変更されている¹⁾。これに伴って、高欄の水平部材追加、防風板の設置、高欄高さの嵩上げ等の対応がなされている。一方、これらの対応は橋梁の耐風安定性に影響を与える可能性があり、慎重な検討が必要となる。これらを背景として、筆者らは図-1 に示すフラップ付高欄の備わった逆台形1箱桁断面について、防風対策を仮定した高欄の閉塞状況を再現し、その閉塞が耐風安定性にどのように影響するのかを自由振動実験より検討した²⁾。そして、図-2 の自由振動応答より、高欄下部を閉塞することで橋梁の耐風安定性が著しく悪化することを確認した。

本研究では、この高欄の閉塞状況に伴う耐風安定性の変化の原因を高欄周りの流れ場の様子から考察する。具体的には、高欄の閉塞状況を再現した橋梁部分模型を製作し、その模型を静止状態で風洞内に設置し、スモークワイヤー法による可視化実験を行い、高欄周りの流れ場の特性を考察する。また自由振動実験結果との関連性についても検討する。

2. 対象断面と閉塞状況

本研究で対象とした断面形状は図-1 に示した通りである。ここで、 B は桁幅、 D は桁高を表す。また橋梁断面の水平軸と風向のなす角を迎角 α (頭上げを正) とする。高欄形状を図-3 に示す。この高欄には4本の水平部材と空力的制振対策として 10° の角度が付いたフラップが設置されている。

高欄の閉塞状況を考慮するための部材間番号と閉塞ケースを図-3 に示す。部材間番号は水平部材の間隔位置を表す指標であり、最上部を部材間1として番号増加に伴い下部へ移行する。閉塞ケースは水平部材間の塞ぐ位置によって分類され、例えば case0 は閉塞無し、caseA は部材間1,2 を塞ぐことを示す。

3. 風洞実験概要

可視化実験に用いた風洞は、吸い込み式室内還流型風洞装置(測定部: $1.0\text{m} \times 0.3\text{m} \times 2.0\text{m}$ (高さ×幅×長さ))である。模型は片持式の支持台を用いて支持されている。また可視化手法としてスモークワイヤー法を用いており、高速度カメラにて流れの観測を行っている。風速はピトー管とマノメーターにより計測した。

可視化実験諸元を表-1 に示す。可視化模型は、縮尺を実橋梁の $1/100$ 、桁幅 $B = 0.185(\text{m})$ 、桁高 $D = 0.03(\text{m})$ 、模型長 $l = 0.24(\text{m})$ としている。また材質はアクリルである。風洞実験での迎角 α は、自由振動実験²⁾で検証した迎角と同一

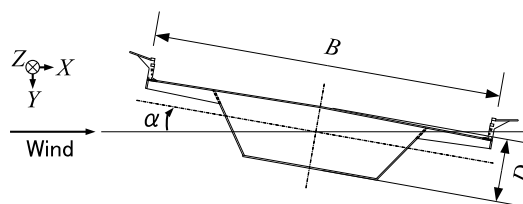


図-1 対象断面の断面形状と迎角の定義

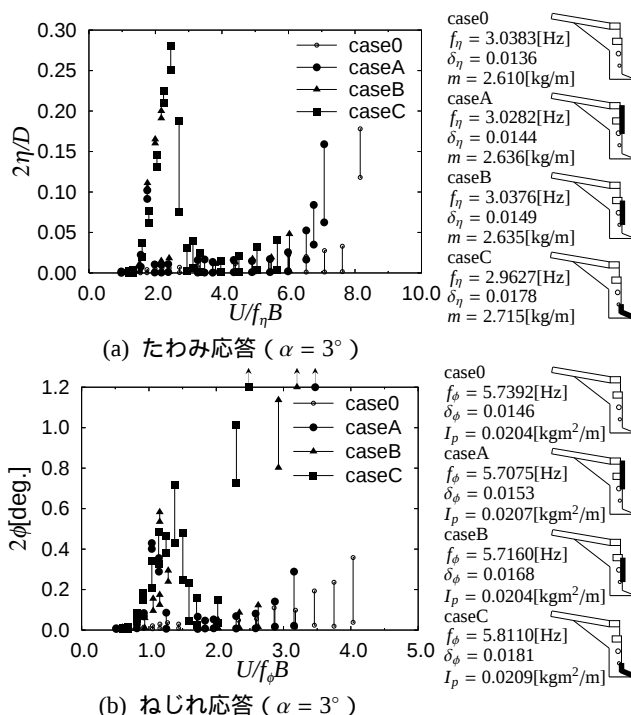
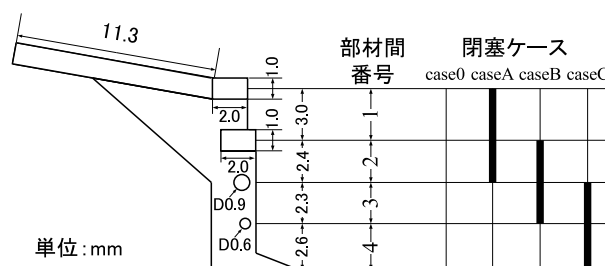
図-2 高欄の閉塞状況を変化させた自由振動応答²⁾

図-3 対象断面の高欄形状と閉塞状況

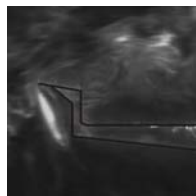
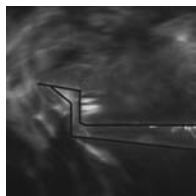
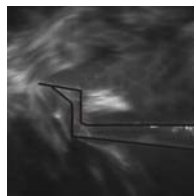
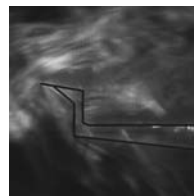
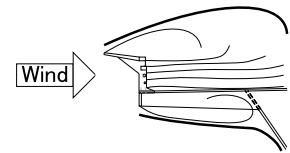
表-1 可視化実験諸元

縮尺 $1/n$	1/100
桁幅 B 、桁高 D 、模型長 l (m)	$B = 0.185$, $D = 0.03$, $l = 0.24$
迎角 $\alpha(^{\circ})$	3
風洞風速 $U(\text{m/s})$	1.2 (一様流)
レイノルズ数 Re	$Re = UD/\nu = 2400$
閉塞率 (%)	2.4 (迎角 $\alpha = 0^{\circ}$ のとき)

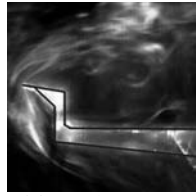
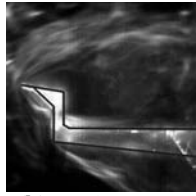
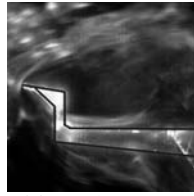
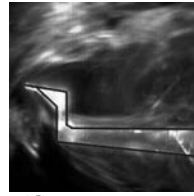
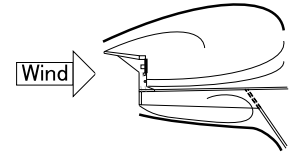
の 3° を設定している。さらに、風洞風速 U は発生させた煙を乱さない風速として 1.2m/s を設定し、一様流としている。このときのレイノルズ数 Re は桁高 D を用いて、 $Re = 2400$ となる。閉塞率は迎角 $\alpha = 0^\circ$ において 2.4% である。

キーワード 耐風安定性, 斜張橋, 高欄, 維持管理, 可視化

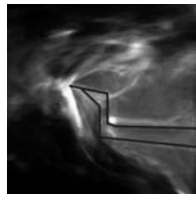
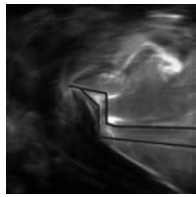
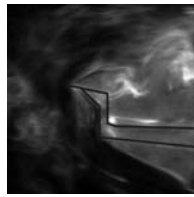
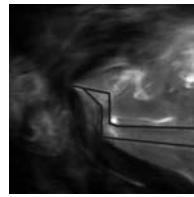
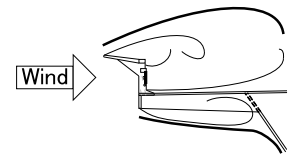
〒 770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 徳島大学 TEL/FAX:088-656-7323

(a) $tU/D=0.00$ (b) $tU/D=0.80$ (c) $tU/D=1.20$ (d) $tU/D=1.60$ 写真-1 高欄周りの流れ (case0, $\alpha = 3^\circ$)

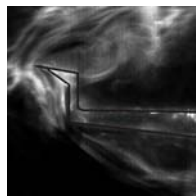
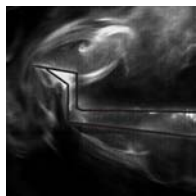
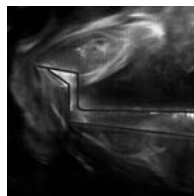
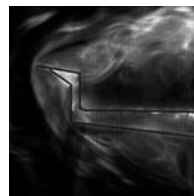
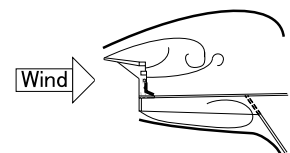
(e) 流れの模式図

(a) $tU/D=0.00$ (b) $tU/D=0.80$ (c) $tU/D=1.20$ (d) $tU/D=1.60$ 写真-2 高欄周りの流れ (caseA, $\alpha = 3^\circ$)

(e) 流れの模式図

(a) $tU/D=0.00$ (b) $tU/D=0.96$ (c) $tU/D=1.28$ (d) $tU/D=1.44$ 写真-3 高欄周りの流れ (caseB, $\alpha = 3^\circ$)

(e) 流れの模式図

(a) $tU/D=0.00$ (b) $tU/D=0.80$ (c) $tU/D=1.04$ (d) $tU/D=1.36$ 写真-4 高欄周りの流れ (caseC, $\alpha = 3^\circ$)

(e) 流れの模式図

4. 高欄の閉塞による流れ場への影響

写真-1～写真-4に各実験ケースの高欄周りの流れを時系列で示している。ここで風は図の左から右方向へ流下しており、また可視化実験結果から確認された代表的な流れを模式図として図化している。

写真-1に示した case0 の場合、フラップ下面から部材間 1,2,3 を通過した流れが明確に確認でき、また部材間 4 からの剥離せん断層の形成がみられる。しかし、その剥離せん断層はあまり発達せず、床版を沿うように流下している。これは、部材間 1,2,3 からの流下が部材間 4 からの剥離せん断層を押さえ込む形で作用しているためだと考えられる。写真-2に示した caseA の場合、部材間 3,4 から流下している様子がみられ、その流れは床版に沿う流れとなっているが、前縁から $0.2B$ 付近で上面へ向かって漂い始め、フラップ前縁からの剥離せん断層の巻き込みに吸い込まれるように見える。写真-3に示した caseB の場合、部材間 1,4 から流下している様子がみられ、部材間 1 からの流れはフラップ前縁からの剥離せん断層と交互に渦を形成しているように見える。また、部材間 4 からの流れは、高欄近傍では床版に沿う流れとなっているが、やがて上側に向かって流れている。写真-4に示した caseC の場合、部材間 1,2 から流下している様子がみられ、その流れはフラップ前縁からの剥離せん断層と一体化し

ているように見える。また、床版に沿った流れはみられず、高欄背後によどんでいる領域が広く存在している。

以上の実験ケースより、高欄背後の床版上を沿う流れが大きく異なると考えられる。caseC は床版に沿った流れが見られず、caseB, caseA, case0 となるに従って床版上を沿う流れが明確に確認できるようになる。また、自由振動実験結果(図-2)より caseC が最も空力的に不安定となり、caseB, caseA, case0 となるに従って空力的に安定となった。これらの可視化実験における床版上の流れと自由振動実験における空力安定性には関連があると考えられる。具体的には、床版上の流れが明確に確認できるほど空力的に安定となり、床版上の流れがみられなければ空力的に不安定になると予測される。

5. おわりに

高欄の閉塞状況に伴う耐風安定性の変化の原因を、高欄周りの流れ場の可視化によって検討した。その結果、各実験ケースにおいて高欄背後の床版上を沿う流れに差異が生じており、床版上を沿う流れが空力不安定性に関連していることが示された。

参考文献

- 1) 日本道路協会：車両用防護柵標準仕様・同解説、丸善(1999)
- 2) 長尾文明、野田稔、田高真人、玉井公一郎、宗田和之：水平部材の追加による高欄の閉塞が橋梁の耐風安定性に及ぼす影響、土木学会平成 19 年度四国支部技術研究発表会概要集(2007)
- 3) 古賀貴、久保喜延、山口栄輝、皆田龍一：高欄による橋梁断面の空力弾性振動に関する研究、土木学会第 52 回年次学術講演集(1997)