

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

徳島大学 正員 長尾 文明 徳島大学 正員 野田 稔 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 宗田 和之

1. はじめに

現在の橋梁高欄は、通行者の安全性向上、街の景観や環境への配慮等により設置基準の変更¹⁾がなされている。これに伴って、高欄の水平部材の追加、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、橋梁断面は箱桁断面や充腹断面のような形状のものが多く、風の作用によってこれらの断面周りに渦が発生し、この渦を原因とした渦励振やフラッターといった振動現象が発現することがある。これらは橋梁断面の微小な幾何学的形状変化であってもその振動現象を大きく変化させ、橋梁の高欄形状を変更するような細かい形状変化であっても例外ではない。

そこで本研究では、ある橋梁の高欄改修に伴う高欄形状の変化が耐風安定性にどのように影響するのかを検討する。具体的には、高欄水平部材を追加する前後での高欄形状を再現した橋梁部分模型を作成し、その模型を用いて自由振動実験を行い、高欄水平部材追加前後の耐風安定性への影響を検討する。また、高欄水平部材追加後の橋梁部分模型に対して防風対策を想定した閉塞状況を再現し、同様に実験を行い、高欄の閉塞が耐風安定性へ与える影響も併せて検討する。

2. 対象断面と閉塞状況

本研究で対象とした逆台形の橋梁断面形状を図-1に示す。ここで、 B は桁幅、 D は桁高、 η はたわみ変位（下向きを正）、 ϕ はねじれ変位（頭上げを正）を表す。また模型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。

高欄水平部材追加前の高欄形状を図-2(a)、高欄水平部材を2本追加した高欄形状を図-2(b)に示す。ここで対象断面の高欄には、空力的制振対策として従来よりフラップと呼ばれる角度付きの平板を高欄上部に設置している。また図-2(b)において閉塞状況を考慮するための部材間番号と閉塞ケースを示している。部材間番号は水平部材間位置の指標であり、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 caseA は部材間1,2を塞ぐことを示している。

模型構造諸元を表-1に示す。ここで、縮尺は実橋梁の1/60を想定し、また模型断面の質量、極慣性モーメント、固有振動数、減衰率等は実験ケースを通して一定とした。

3. 風洞実験概要

自由振動実験に用いた風洞は、徳島大学建設工学科大型風洞実験室に設置された室内還流式N.P.L.型多目的風洞装置（測定部：1.5m×1.0m×4.0m（高さ×幅×長さ））である。模型の支持方法はたわみ・ねじれの2自由度状態で8本のコイルバネとピアノ線を用いて支持する。また迎角 α はコ

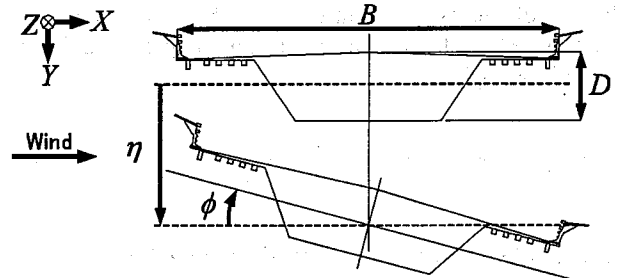
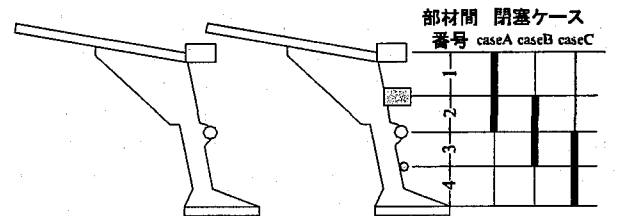


図-1 対象断面の断面形状と変位の定義



(a) 部材追加前の高欄形状 (b) 部材追加後の高欄形状

図-2 対象断面の高欄形状と閉塞状況

表-1 模型構造諸元

縮尺 1/n	1/60	
桁幅 B 、桁高 D 、スパン l (m)	$B=0.308, D=0.05, l=0.9$	
質量 m (kg)	2.317~2.649	
極慣性モーメント I_p (kg・m ²)	0.0178~0.0188	
自由度	たわみ	ねじれ
固有振動数 (Hz)	$f_\eta=2.963\sim3.042$	$f_\phi=5.696\sim5.915$
対数減衰率	$\delta_\eta=0.014\sim0.018$	$\delta_\phi=0.015\sim0.018$
スクリーン数	$Sc_\eta=3.528\sim4.860$	$Sc_\phi=0.300\sim0.401$

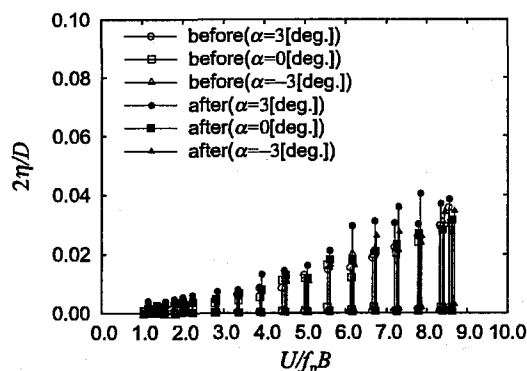
$$\ast Sc_\eta = 2m\delta_\eta/\rho DB, Sc_\phi = 2I_p\delta_\phi/\rho DB^3$$

表-2 自由振動実験諸元

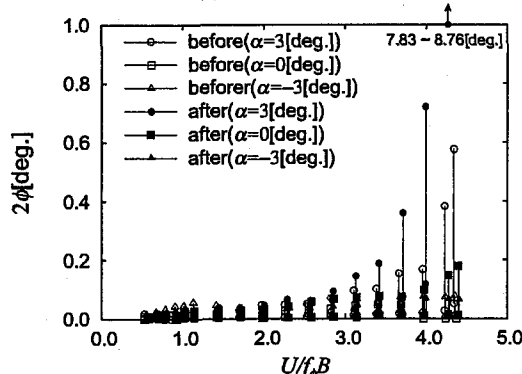
迎角 α (°)	-3, 0, 3 : 高欄水平部材の追加による影響の検討時 3 : 高欄の閉塞による影響の検討時
風洞風速 U (m/s)	1.0~8.0 (一様流)
レイノルズ数 Re	$Re = UD/\nu = 3333\sim25667$
閉塞率 (%)	3 (迎角 $\alpha = 0^\circ$ のとき)

イルバネとピアノ線を調整することにより変化させる。さらにオイルダンパーを用いることにより減衰率の調整を行う。風速はピトー管とマンノメーターより、模型の振動応答はレーザー変位計より計測する。

自由振動実験諸元を表-2に示す。迎角 α は、高欄水平部材の追加による影響を検討する際、迎角 $\alpha = -3^\circ, 0^\circ, 3^\circ$ 、高欄の閉塞状況を変化させたときの影響を検討する際、迎角 $\alpha = 3^\circ$ を設定する。風洞風速 U は渦励振応答、フラッター発現風速を確認するため1.0~8.0m/sを設定し、一様流としている。それに伴うレイノルズ数 Re は桁高 D を用いて、3333~25667の範囲で変化する。閉塞率は迎角 $\alpha = 0^\circ$ において3%である。



(a) たわみ応答



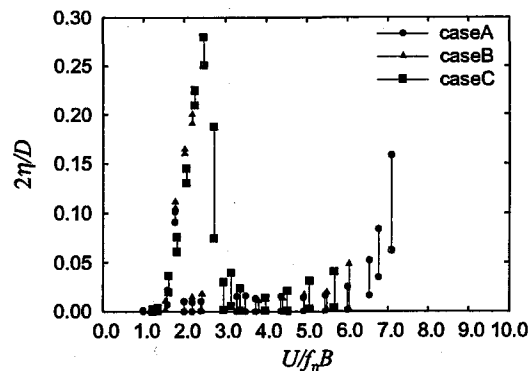
(b) ねじれ応答

図-3 高欄水平材追加前後の自由振動応答

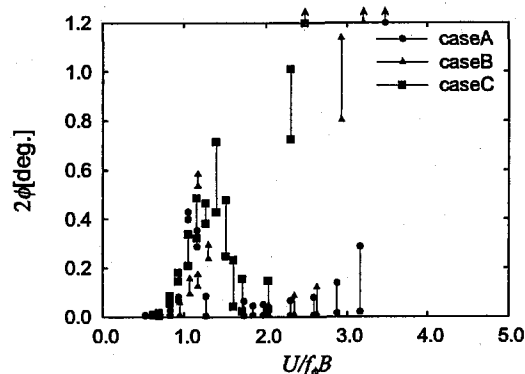
4. 高欄水平部材の追加による影響

図-3に高欄水平材追加前後の自由振動応答を示す。ここで、横軸は換算風速、縦軸はたわみ・ねじれ倍振幅、凡例中の before, after は水平部材追加前後をそれぞれ示している。

図-3(a)のたわみ応答より、実験ケースすべてにおいて低風速域の1.0~3.0付近でたわみ応答は特に発達せず、渦励振はみられなかった。また風速の増加に伴い、たわみ応答も増加する傾向がみられた。水平部材の追加前後によるたわみ応答の明確な差異がみられず、たわみ応答での水平部材追加による耐風安定性への影響は小さいと予測される。図-3(b)のねじれ応答より、実験ケースすべてにおいて換算風速1.0~2.0の低風速域ではねじれ応答の発達が特にみられず、渦励振は発現しなかった。また高風速域での迎角 $\alpha = 3^\circ$ における水平部材追加前後のねじれ応答の変化をみるとねじれ応答が増大している様子が見られた。特に水平材追加後の迎角 $\alpha = 3^\circ$ において換算風速3.8付近からねじれ応答が大きく発現し、ねじれフラッターが発現したと考えられる。それ以外の実験ケースでは計測した風速範囲内において明確なねじれ応答の増加はみられなかった。水平部材の追加前後によるねじれ応答の差異は、迎角 $\alpha = 3^\circ$ の高風速域において確認され、ねじれ応答での水平材追加による耐風安定性への影響がみられた。ここで、水平部材の影響が大きく現れなかったのはフラップによる制振効果が作用したためだと予測される。よって空力的制振対策に余裕のない条件では、水平部材の追加によって耐風安定性が悪化する可能性も考えられる。



(a) たわみ応答



(b) ねじれ応答

図-4 高欄水平材追加後の閉塞状況を変化させた自由振動応答

5. 高欄の閉塞による影響

図-4に高欄水平材追加後で水平部材間の閉塞状況を変化させた場合の自由振動応答を示す。ここで、横軸は換算風速、縦軸はたわみ・ねじれ倍振幅を示して。

図-4(a)のたわみ応答より、換算風速1.5~3.0の範囲でたわみ応答が大きく発達しており、渦励振が発現した。また閉塞位置が高欄下部となるほど渦励振応答量が增大する傾向を示した。図-4(b)のねじれ応答より、換算風速0.8~1.8の範囲でねじれ応答が大きく発達しており、渦励振の発現がみられた。また閉塞位置が高欄下部となるほど渦励振応答量が增大する傾向を確認した。さらに換算風速2.0以上においてねじれフラッターが発現し、そのねじれフラッター発現風速は高欄下部を閉塞するほど低風速側に移動する傾向がみられた。たわみ、ねじれ応答共に、高欄下部を閉塞するほど耐風安定性への影響が増大した。

6. おわりに

高欄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を自由振動実験より検討した。その結果、高欄水平部材追加後の断面においてねじれフラッターが現れること、高欄の閉塞を変更した断面において高欄下部を閉塞した場合、耐風安定性に大きな影響を及ぼすことを確認した。

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) 宇部宮英彦、長尾文明、吉岡鋭二、池内彰：高欄水平材の渦励振に及ぼす影響に関する研究、土木学会第50回年次学術講演集(1995)
- 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)