

## 高欄形状による少数主桁橋の空力特性の変化

関東学院大学  
関東学院大学

正会員 ○中藤 誠二  
学生会員 坂井 拓郎

1. はじめに 経済性に優れた少数主桁橋を長大スパンに適用する場合には、ねじれ振動数が低下することなどから、耐風安定性の検討が重要となる<sup>1),2)</sup>。経済性を重視した断面であるので、空力対策部材を付加することは合理的でない。構成する部材において、空力対策として形状を工夫できる余地のあるものとして高欄（防護柵）が挙げられる。そこで、本研究では、少数主桁橋の部分模型に種々の高欄取り付け、その空力特性について風洞実験により検討した。

2. 実験方法および模型 風洞は吹き出し口の断面が 40cm×40cm のエッフェル型風洞である。模型の長さは  $L=40\text{cm}$  で木製である。断面図を図 1 に示す。幅員  $B=184\text{mm}$ 、桁高  $d=26\text{mm}$  の 4 主桁で、想定している実橋はないが、1/100 スケールとすると幅員 18.4m、桁高 2.6m となる。実験は模型の高欄の種類を変えて行った。高欄無し、壁高欄高さ 10mm、壁高欄高さ 20mm（図 1）、壁高欄開口あり（開口 A）、壁高欄開口あり（開口 B）（図 2）、それぞれの開口に充実率約 50% メッシュを取り付けたもの（開口 AM、開口 BM）の 7 ケースとした。開口のケースの高さはいずれも 20mm である。

模型は吹き出し口下流側 15cm の位置に中心位置がくるように水平方向に取り付けた。床面以外は開放されている。模型の両端には高さ 20cm、幅 30cm の端板を取り付けた。2 分力計（日章電機製 LMC-2507- 100N）を 2 台用いて模型を支持し、模型全体に作用する抗力、揚力を 1kHz で 20 秒間測定した。風速は 11.7m/s（代表長さを  $D=51\text{mm}$  としたとき、レイノルズ数  $3.6 \times 10^4$ ）まで 20 段階で増加させた。測定位置での乱れ強さは約 1.0% である。

3. 実験結果 空気力係数の風速による変化を図 3 に示す。迎角  $0^\circ$  において風速 9.5m/s 以上において変動揚力係数が急激に増加している。パワースペクトルのピーク周波数はいずれも 33Hz であり、模型の固有振動数において渦励振が生じているものと思われる。そのような風速域では、変動抗力係数、揚力係数に変化がみられるものの、抗力係数はほぼ一定の値となっている。一方、迎角が  $-6^\circ$  以下、 $6^\circ$  以上ではこのような変動揚力の増加は見られない。これらの傾向は他のケースも同様であった。

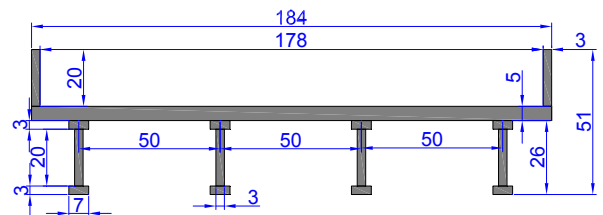


図1 模型断面図(単位 mm)



図2 高欄の側面図（上：開口 A，下：開口 B）

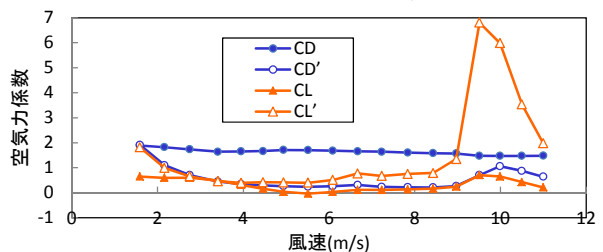
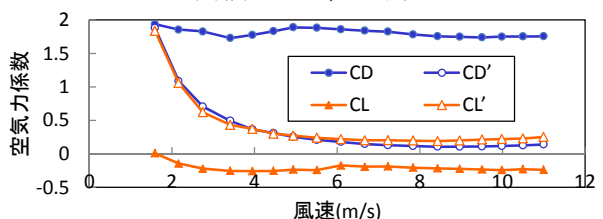
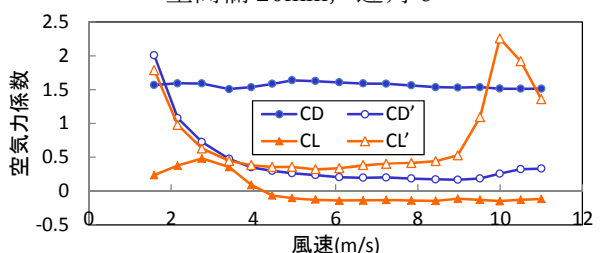
壁高欄 20mm, 迎角  $0^\circ$ 壁高欄 20mm, 迎角  $6^\circ$ 開口 A, 迎角  $0^\circ$ 

図3 空気力係数の風速による変化

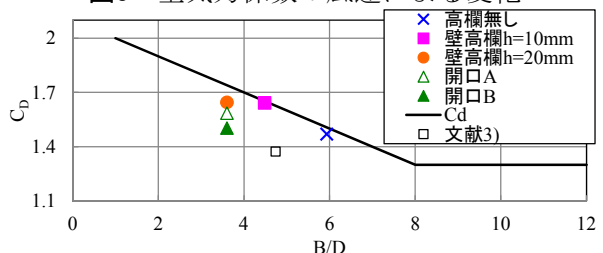


図4 空気力係数の辺長比による変化

キーワード 4 主桁, 高欄, 空気力係数, ばね支持試験

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学理工学部 TEL 045-786-7752

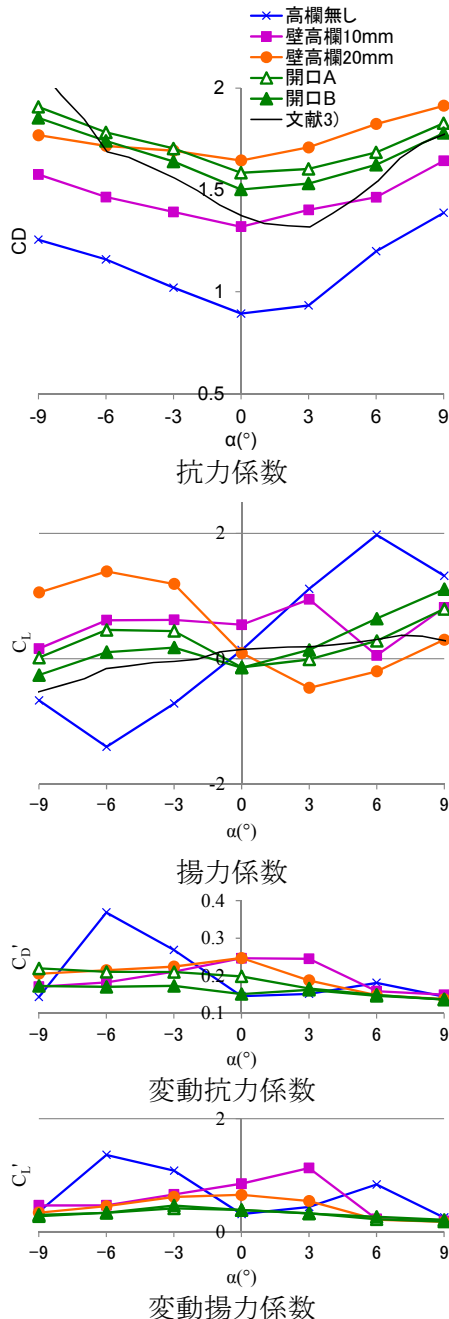


図5 空気力係数の迎角による変化

これを踏まえて空気力係数は風速 5.5m/s から 8.4m/s までの 6 個データの平均として求めた。迎角 0°のときの抗力係数を図 4 に示す。代表高さ D は高欄無しでは 31mm, 壁高欄 10mm では 41mm, その他は 51mm としている。実線は道路橋示方書の値であり, 本実験結果はいずれの高欄においても, それを下回っている。既往の 4 主桁 (B/D=4.74) の風洞実験を結果についても合わせて示している<sup>3)</sup>。

空気力係数の迎角による変化を図 5 に示す。ここでは代表高さはすべて 51mm としており, 係数の大小は空気力の大小を表している。また抗力係数と揚力係数には, 前述した既往の実験結果も合わせて示している。辺長比の近い壁高欄 10mm のケースで抗力係数は近い値を示すが, 揚力係数は異なる傾向を示している。桁高の総高に対する比が文献では 0.69 倍であるのに対して, 本実験では 0.63 倍であること, 模型のスケールが本実験の方が約半分と小さく, 部材も相対的に厚くなっていることなどが影響していると考えられる。壁高欄では迎角が正, すなわち頭上げのときに抗力が大きくなるが, 開口を設けるとことで, 迎角が正の範囲で抗力が低減している。揚力係数は高欄無しでは, 揚力勾配が 0°付近で右上がりとなっているが, 壁高欄 10mm で勾配は水平の傾向となる。さらに, 壁高欄 20mm では迎角 0°付近で明らかな負勾配となり, 空力不安定現象であるギャロッピングの発生可能性を示している。開口を設けることで, 0°から正側への勾配が正になり, 空力的に安定化しているといえる。変動抗力係数と変動揚力係数は似た傾向を示し, 高欄無しで-6°で最大, 壁高欄 10mm で 3°で最大となっている。壁高欄 20mm ではいずれも小さくなり, 開口を設けることで, さらに変動空気力係数が低減している。なおメッシュを付けた場合にも傾向はそれぞれの開口の結果と大きく変化はしなかった。

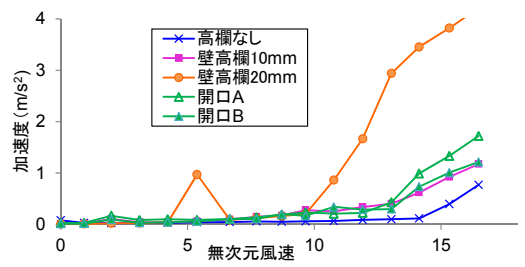


図6 ばね支持試験によるたわみ加速度

ばね支持試験では模型の両側の風上側と風下側の 4 か所で, それぞれ上下 2 つバネで支え, たわみとねじれの 2 自由度とした。たわみとねじれの固有振動数はそれぞれ  $f=2.78\text{Hz}$ ,  $5.0\text{Hz}$  で, 対数減衰率は  $\delta=0.026$ ,  $0.028$  であった。壁高欄 20mm 以外は, 一定風速以上でねじれ振動が卓越したが, 壁高欄 20mm ではたわみ振動も同程度に発生した。図 6 にたわみ加速度の無次元風速に対する変化を示す。壁高欄 20mm において無次元風速 5 付近で渦励振と思われる振動が確認され, 無次元風速 10 以上では振動が増加しギャロッピングが生じている。開口を設けた場合には, 発現風速は 13 付近となっている。

4. まとめ 種々の高欄を設置した 4 主桁模型の空気力の迎角による変化を調べた。壁高欄 ( $h=20\text{mm}$ ) において, 揚力勾配が負となったが, 開口を設けることで 0°から正側への勾配が正となった。ばね支持試験を行ったところ, 揚力勾配から示された結果と対応した結果が得られた。また開口による空力安定化が確認された。

参考文献

- 1) 山田均: 少数主桁橋の耐風特性, 鋼構造と風に関するシンポジウム論文報告集, pp. 59-67, 2001
- 2) 村越 潤, 麓興一郎ほか: 鋼少数主桁橋の耐風特性について, 土木学会第 58 回年次学術講演会, pp. 225-226, 2003
- 3) 畠中真一ほか: 大型パネルで覆われた I 桁橋の耐風特性, 川田技法, Vol. 34, 2015