車両走行安全性検討のためのトラス桁と箱桁橋梁上の横風特性の計測

横浜国立大学　フェロー　○勝地　弘、正会員　　金　惠英
横浜国立大学　フェロー　　山田　均、学生　　松岡　弘真
本州四国連絡高速道路（株）　正会員　竹口　昌弘
（株）本田技術研究所　大西　康之

１．はじめに

海上や沿岸、V 字谷に架かる橋梁においては、走行する車両は強風の作用を受けやすく、ハンドル操作が困難となったり、横転事故につながることもある。強風が予想される橋梁においては、風速に応じて、速度制限や通行止めなどの規制が取られるとともに、一部の橋梁では遮風壁を設置して、横風を低減する対策なども取られている。2018 年、2019 年に襲来した大型台風時には、多くの車両が横転するとともに長時間に及ぶ通行止めがなされたことにより、安全性や規制方法に関して注目が集まった。橋梁上の車両への横風の影響については、走行安全性や橋梁の耐風安定性に対する検討[1)、2)]は過去にもなされているが、近年の CFD 技術の発展を踏まえると、より精緻な検討が行えると考えられる。本研究は、橋桁形状や走行車線の違いによる橋梁上の横風特性を風洞実験により調査し、今後のより精緻な走行安全性検討の基礎資料を得ることを目的とした。

２．風洞実験による橋面上の横風計測

南備讃瀬戸大橋のトラス補剛桁（主構幅 30m、高さ 13m）模型および辺長比 1:4 の箱桁模型を用い（いずれも縮尺 1/80 相当）、風洞実験によって橋面上の風速を熱線風速計（X 型プローブ）によって計測した。気流は、一様流および格子乱流（$I_u = 11.5\%$、$I_w = 9.6\%$）の 2 種類で、風速は約 10m/s とした。計測位置は、トラス断面では、風上側から路肩防護柵、路肩オープングレーチング中央、走行車線中央、追越車線中央、中央分離帯と風下側も同じ位置の計 9 箇所に対して、また、箱桁断面では、風上側から路側帯中央、走行車線中央、追越車線中央と風下側も同じ位置の計 6 箇所に対して、路面から 40cm 毎に 5.2m 高さまでの 13 箇所とした。1,000Hz でサンプリングし、30 秒間を 2 回計測した。

図 1　熱線風速計による風速計測

３．橋面上の風速、乱れ強さ分布

図 2 に一様流中のトラス桁橋面上の風速分布（接近流との風速比）（上段）、主流乱れ強さ（下段）の分布を示す。風速比 1 の境界が剥離せん断層に相当すると考えられるが、上流側の桁端、防護柵から剥離した流れが厚みを増しながら下流に流れていることがわかる。図 3 には明石海峡大橋の同様の計測結果[1)]を示すが、最下流位置で 3.5m 程度の厚みとなっており、本研究での結果とほぼ同じとなっている。また、図 2 下段の主流乱れ強さも剥離せん断層内では、10%以上となり、路面近くでは 40%以上となっている。横転の起こり易い車高の大きいトラックでは、風上車線ではより強い風速が作用するが、風下車線では剥離せん断層内となり風速は 50%程度に低減する。ただし、主流乱れ

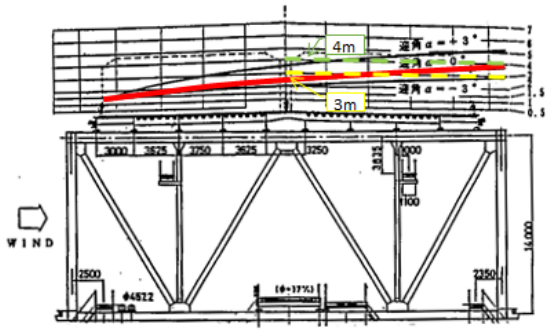


図 3　明石海峡大橋での剥離せん断層位置[1)]

キーワード　横風，車両走行性，風洞実験
連絡先　　〒240-8501　横浜市保土ヶ谷区常盤台　横浜国立大学都市イノベーション研究院　ＴＥＬ045-339-4243

© Japan Society of Civil Engineers

強さは、風下車線では30～50%とかなり大きくなり、変動風、変動空気力が増大することがわかる。

次に、図 4 には、箱桁橋梁上の風速分布（接近流との風速比）（上段）、主流乱れ強さ（下段）の分布を示す。ここでは、左側に一様流での結果、右側に乱流での結果を示す。流れのパターン、乱れの分布は、トラス桁と同様であるが、風上側桁端からの剥離せん断層厚はトラス桁よりも大きいことがわかる。これはトラス桁は開口があるものの、箱桁は鉛直ウェブを有する充腹断面であることから剥離が大きくなっているものと考えられる。一様流と乱流での結果を比較すると、乱流中では風下側で流速回復が見られ、乱れ強さも小さくなっている。これは、乱流の作用により、剥離せん断層の再付着傾向が風下側車線領域で促進された結果であると考えられる。トラス桁と同様に、箱桁でも、風上車線と風下車線では風速と乱れ強さの関係で走行車両の安定性が決まるが、入力が一様流と乱流では大きな差があることがわかる。トラス桁の場合には、このような顕著な差がなかったことから、風洞実験や CFD によって、横風に対する車両の安全性を検討する際には、接近流条件の考慮も重要である。

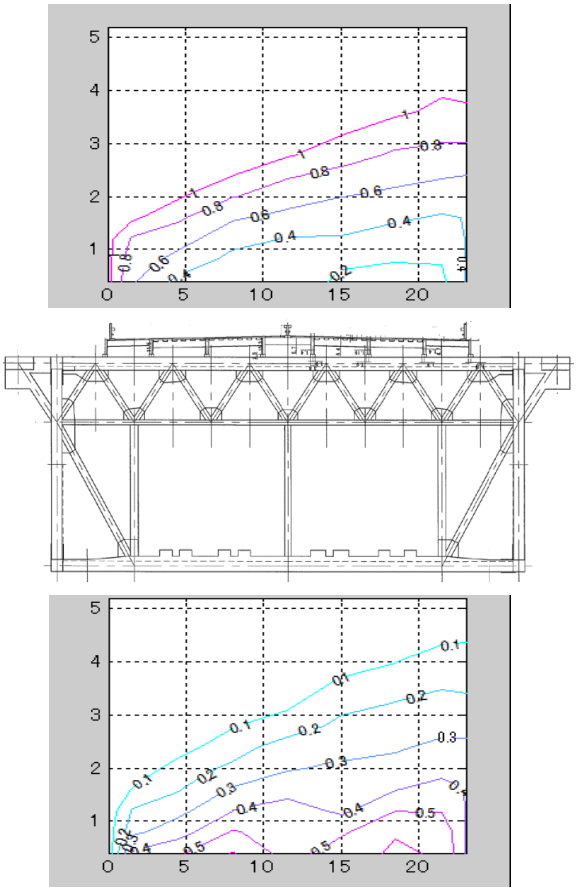
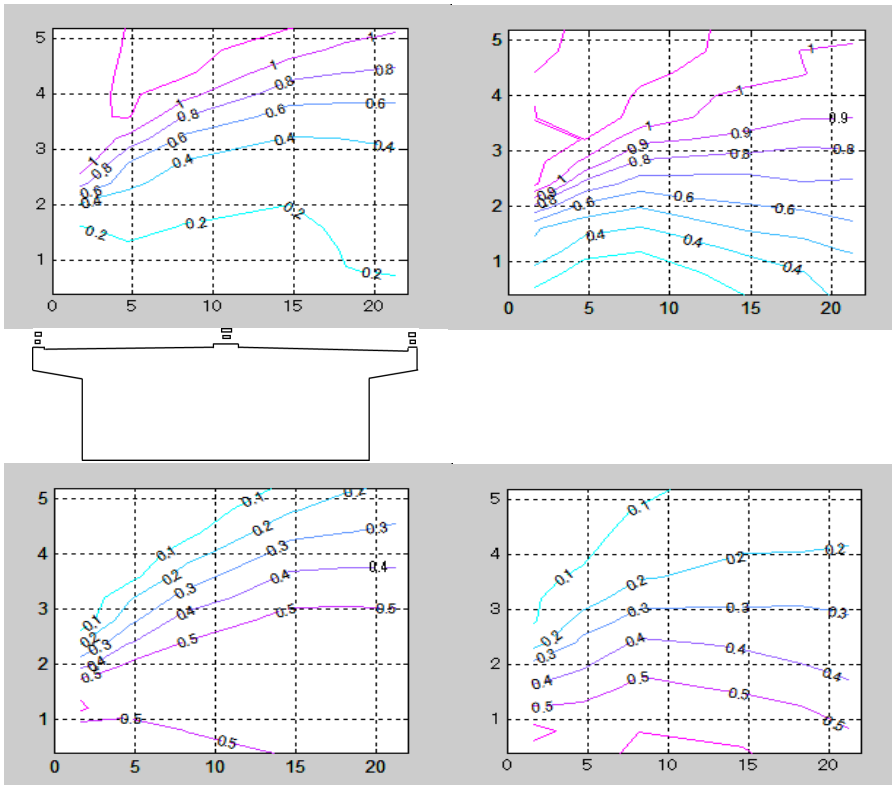


図 2　トラス桁での風速分布（上段）と乱れ強さ（下段）（一様流）

4．まとめ

トラス桁と箱桁断面を対象に、橋梁上の横風特性を風洞実験により調査した。その結果、トラス桁、箱桁ともに、風上車線では横風風速が高く、風下車線では横風風速は低減するものの乱れ強さが増大し、変動風、変動空気力の作用が大きくなる。さらに、特に箱桁においては、橋面上の流れのパターンが接近流の乱れに大きく左右されることから、横風に対する車両の安全性を検討する際には、接近流条件の考慮が重要である。



（一様流）　　（乱流）

図 4　箱桁での風速分布（上段）と乱れ強さ（下段）

参考文献

1）本州四国連絡橋公団、長大橋梁橋面上風速分布測定試験報告書、1994.3.
2）武藤秀人，金恵英，藤野陽三ほか、東京湾アクアライン橋梁部における車両の強風時安定性に関する数値シミュレーション、第 74 回年次学術講演会講演概要集、I-287、2019.

© Japan Society of Civil Engineers