

ある連続高架橋路面上の横風分布

高知工科大学 学生会員 ○山形 典子
高知工科大学 フェロー 藤澤 伸光

1. はじめに 瀬戸大橋の番の洲高架橋で、斜風時に、走行車線において周期的に大きな風速変動が発生して車両が壁に接触するなどの問題が生じていた。この問題は防風フェンスの設置によって解決したが、周期的風速変動の発生原因は不明のままである。今回、風洞実験によって現象を再現して路面風の特徴を調べた結果、この現象の発生原因がほぼ明らかになったので、その概要を報告する。

2. 路面上の風速分布 番の洲高架橋の縮尺模型を製作し、サーミスタ風速計によって風上側走行車線と追い越し車線における風速分布を測定した。模型縮尺は1/230である。使用風洞は押し込み型エッフェル風洞（1240H×800W×3500L）、測定風速は約5m/s、使用気流は一様流である。風向の影響を調べるために、偏角 $\theta=0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ で測定した。また、橋梁形状のどの部分が路面風に影響を与えているのかを調べるために、以下の4つの形状で実験を行った。

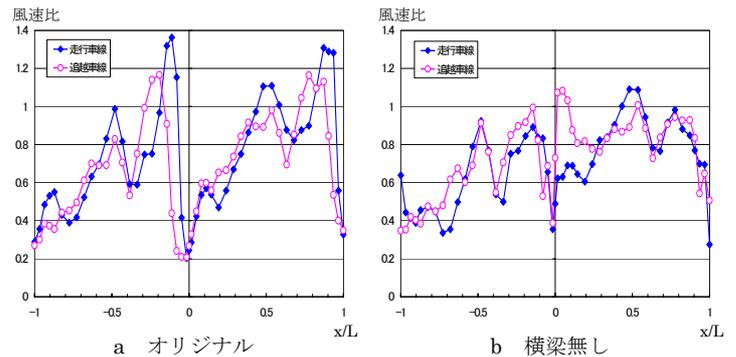


図1 $\theta=30^\circ$ における風速分布の例

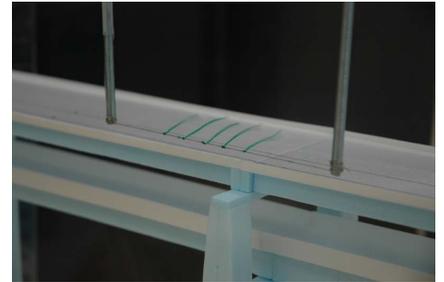
実橋の形状である「オリジナル」、横梁の突出部を除去した「横梁無し」、脚柱間の壁を除去した「中板無し」、両方とも除去した「両方無し」である。番の洲高架橋は、横梁の上に主桁が載っているのではなく、横梁と主桁の上フランジが同一面にあるという特殊な構造である。このため、壁高欄の直下に横梁先端が突き出た形となっている。この突出部を除去した形を「横梁無し」と称する（写真1、2参照）。

$\theta=30^\circ$ における代表的な測定結果を図1に示す。縦軸は接近流で無次元化した風速比、横軸はスパン長Lで無次元化した中心の橋脚からの距離である。x/L=0が橋脚部分、0.5がスパン中央を表す。 $\theta=0^\circ$ 以外では、x/Lが正の側が風上、負の側が風下に偏った配置である。オリジナルでは、横梁付近で0.2程度まで低下した風速比が、風上側に向うにしたがって単調に増加している。橋脚近傍の風上側では、橋脚に沿って発生する上昇流が壁高欄からの剥離を強めた結果、背後に大きな剥離バブルが発生して弱風域が生じるのではないかと考えられる。風上に向かうに従って上昇流の影響は弱くなると考えられるので、風速比が漸増する現象も合理的に説明できよう。一方、橋脚近傍の風下側では、短い区間で風速が激増している。この特異な風速分布が、走行障害を誘発したであろうことは想像に難くない。このような風速の急変は、風上側のような距離の増加に伴う上昇流の影響の減少というメカニズムでは説明できないように思われる。

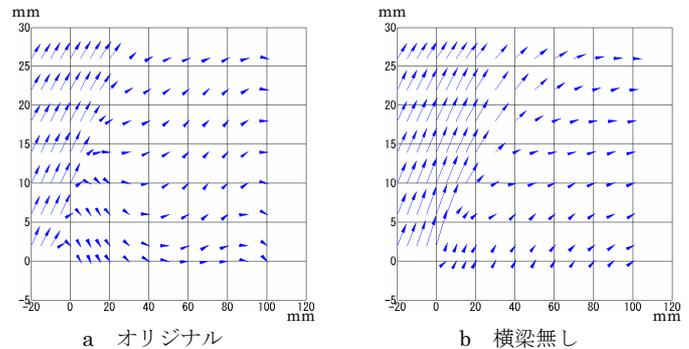
図1から明らかなように、横梁無しの場合は、オリジナルのような風速の急変は認められない。なお、「中板」の有無では、「横梁」のような有意な風速変化は生じないことが分かった（図は省略）。以上から、横梁突出部の存在が、図1のような特異な風速分布の発生原因と考えられる。

3. 風速変化の原因 前述の風速変化の原因を調べるために、トレーサー法、タフト法による可視化実験、および数値解析を行った。ここでは、横梁突出部近傍の局所的な流れの特徴を最も端的に示しているように思われたタフト法の結果を述べる。横梁、高欄付近では気流の乱れによるタフトのランダムな変動が大きく、目的とする平均的な流れの観測が困難であった。このため、タフトの先端に発泡スチロールの小粒を接着して、タフトの乱れを抑えた。この小粒によって重力の影響が増加するが、今回の目的である横梁突出部有無による平均流れの定性的変化の把握には支障ないと判断した。写真1に風向角 $\theta=30^\circ$ オリジナルの横梁近傍の結果を示す。左側2本のタフトは上を向いているが、右側のタフト3本は下を向いている。すなわち、橋脚風上側（左

側)では剥離による上昇流が発生しており、横梁の下流にあたる位置(右側)では上昇流がほとんど見られないことが分かる。写真2は $\theta=30^\circ$ 横梁無しの結果を示したものである。横梁無しの場合、前述のオリジナルの結果とはかなり異なり、全てのタフトが上を向いていることが分かる。横梁の下流にあたる位置でも、オリジナルのような下向きタフトは観測されなかった。以上の結果から、横梁突出部がある場合、横梁下流側では高欄からの剥離が弱くなっていると言える。

写真1 $\theta=30^\circ$ オリジナル写真2 $\theta=30^\circ$ 横梁無し

高欄からの剥離状態を定量的に把握するために、スプリットフィルムセンサーを用いて風軸に平行な鉛直面内の風向風速を計測した。結果を図2に示す。図の原点が高欄頂部である。オリジナルでは、高欄の背後でベクトルが下向きもしくは真横を向いており、剥離バブルが小さくなっていることがわかる。一方、横梁無しの場合、ベクトルは全て上を向いており、大きな剥離バブルの発生を示唆しているように思われる。なお、今回の結果には、図1に示したような風速の絶対値の差は明確には現れていない。計測した面が、必ずしも横梁の影響が最も大きい面となっていなかったのではないかとと思われるが、詳細は不明である。

図2 $\theta=30^\circ$ ベクトル図

横梁下流側で高欄からの剥離が弱くなる理由として、横梁先端からの剥離剪断層が高欄から再び剥離する、いわゆる2段剥離が考えられよう。2段剥離が原因であるか否かを検証するため、I形センサーを用いて、横梁先端-高欄間の風速分布を計測した。結果を図3に示す。なお、図では、風速の鉛直勾配が最大となる点を剪断層の位置としてプロットした。横軸0mmの位置が横梁突出部の前縁である。また横軸20mmの位置に高さ6mmの高欄がある。剪断層は、高欄が無ければ一点鎖線のような形状になると想像される。測定値を外挿すると破線のような変曲点を持つ曲線となることが予測され、横梁前縁からの剥離剪断層が高欄の影響で明らかに転向していると言えよう。2段剥離については一般的な定義は示されていないが、横梁前縁からの剥離流が明らかに高欄の影響を受けて流れの方向が変化しているという意味で、ここで観測された現象を2段剥離と解釈してよいのではないかとと思われる。

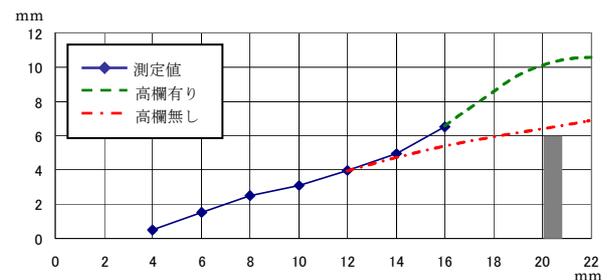


図3 剥離せん断層

4. 結論

- 番の洲高架橋では、路面上に、空間的に極めて特異な周期的風速分布が発生していたと考えられる。特に橋脚付近で変動が大きく、これが走行障害の原因と推定される。
- 路面上の風速分布の発生原因は、高欄からの剥離によって発生する大きな剥離バブルによる減速と、横梁下流における2段剥離による剥離バブルの縮小に伴う増速である。

キーワード 路面風 走行障害 2段剥離 剥離バブル

連絡先 〒782-8502 高知工科大学 社会システム工学科 TEL 0887-57-2417