

幅の広い高架橋に設置した防風柵の効果

環境工学研究部 車両空力特性研究室
主任研究員 種本 勝二

1. はじめに

防風柵からの車両の離れと車両に働く空気力の関係を評価する為、幅の広い高架橋などの風上側に防風柵を設置し、防風柵からの離れを変えて車両に働く空気力測定のための風洞試験を実施した。また、防風柵の風下側の風速分布を測定した。防風柵風下側の風速低減効果を検証する為、約一年分の現地風観測データと現地を再現した風洞試験による風速分布結果を比較し、風洞試験の妥当性を確認した。

2. 幅の広い高架橋等の風洞試験

2.1 車両に働く空気力の測定概要

風洞試験は、鉄道総研の大型低騒音風洞（米原風洞）を使用して実施した。風洞気流は乱流境界層べき指数 1/7 とした。模型の縮尺は 1/40、空気力を測定する車両模型の形式は 103 系とした。試験風速は 30m/s である。空気力の測定車両模型の内部に 3 分力天秤を内装し、横力、揚力、ローリングモーメント（車体中心回り）を測定した。防風柵（R.L.から高さ 2m 充実率 60%）を構造物の風上側に設置した。高架橋試験では複線高架橋 2 体を並行に、橋梁試験では単線橋梁 2 体を並行に並べて距離を変えて試験を実施した（図 1）。空気力測定の風洞試験の様子を図 2 に示す。

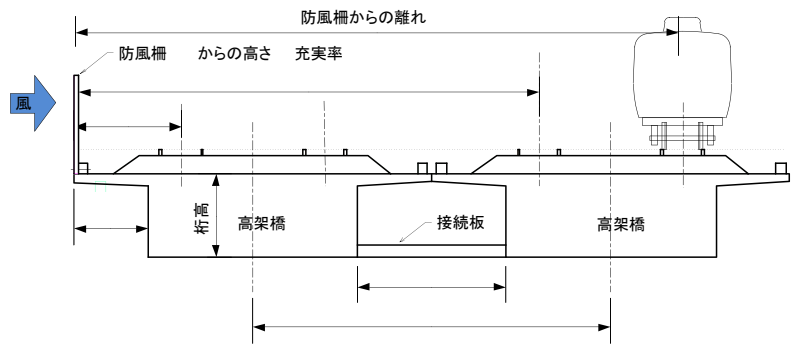


図 1 高架橋と防風柵からの車両位置関係（実寸）

2.2 車両に働く空気力の測定結果

充実率 60%、R.L.からの高さ 2m の防風柵を設置した場合の、桁高 1m の橋梁と高架橋の横力係数と防風柵からの離れとの関係を図 3 に示す。防風柵がない場合の横力係数はどちらもほぼ同じ 1.4 程度となった。防風柵からの離れが 13m 以上で橋梁の横力係数が高架橋の横力係数より大きくなっているが、この原因は二つの橋梁間が空いており気流がその中を通るため、その影響により高架橋より横力係数の低減効果が低いた

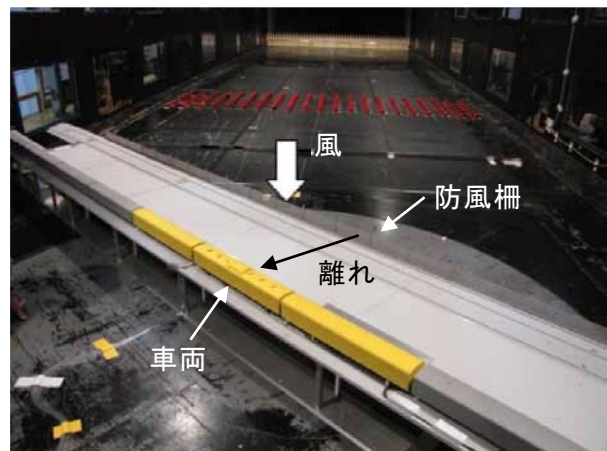


図 2 空気力測定の風洞試験の様子

めと考えられる。高架橋では6線位置に相当する離れまで空気力低減効果があることを確認した。

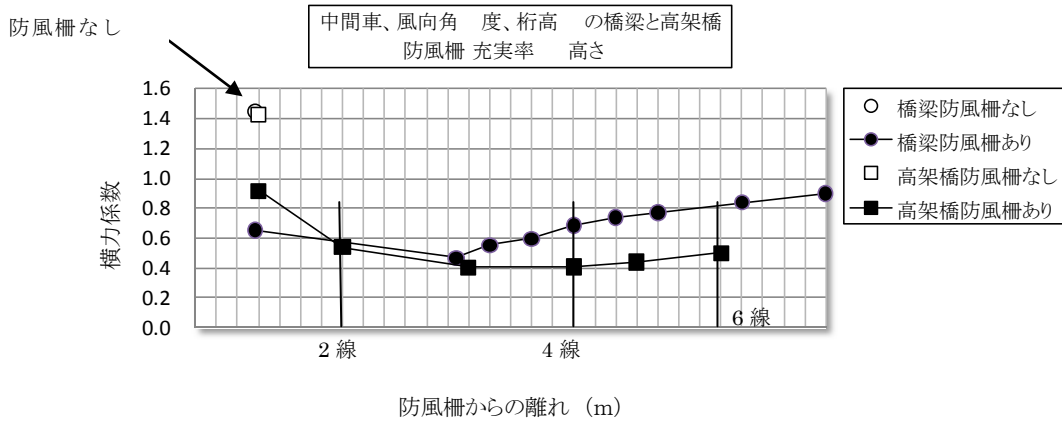


図3 防風柵からの離れと横力係数の関係（高架橋、橋梁）

2.3 風速分布の測定概要

高架橋模型は 空気力測定に用いたものと同様とした。図4に 高架橋上の防風柵下流側の風速測定点を示す。レールレベル R.L. からの高さ 50mm（実寸換算 2m）の防風柵を 高架橋の片側の位置に設置した。防風柵は充実率 60%について実施した。ただし 防風柵のメッシュの形状は実物と一致していない。測定点は防風柵からの離れ 75mm（実寸換算 3m）から 825mm（実寸換算 33m）間を 150mm（実寸換算 6m）間隔とした。測定点の鉛直方向は 鉛直上方にレールレベルからの高さ 12.5mm（実寸換算 0.5m）から 125mm（実寸換算 5m）までの範囲とした。

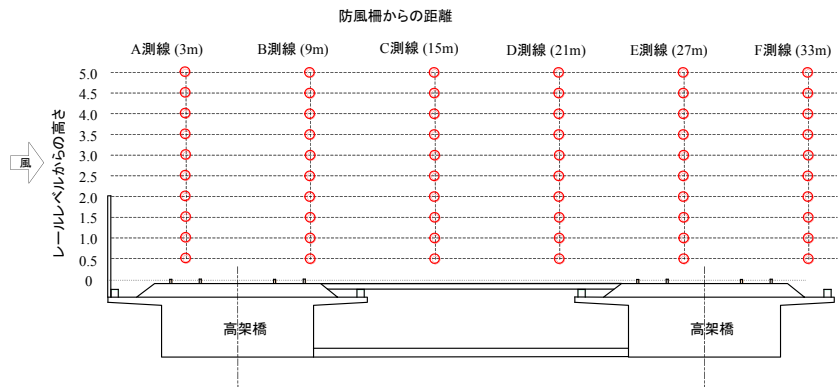


図4 風速測定点

風速測定には熱線風速計（KANOMAX 社製，IHW-100システム）を使用した。センサーには主流方向 u と鉛直方向 w の2次元風速を測定できるX型フィルムプローブ MODEL1223を使用した。測定データはサンプリング時間を約 40 秒間とし、主流方向 u と鉛直方向 w の平均値と標準偏差をそれぞれ算出した。鉛直成分の符号は上向きが正である。

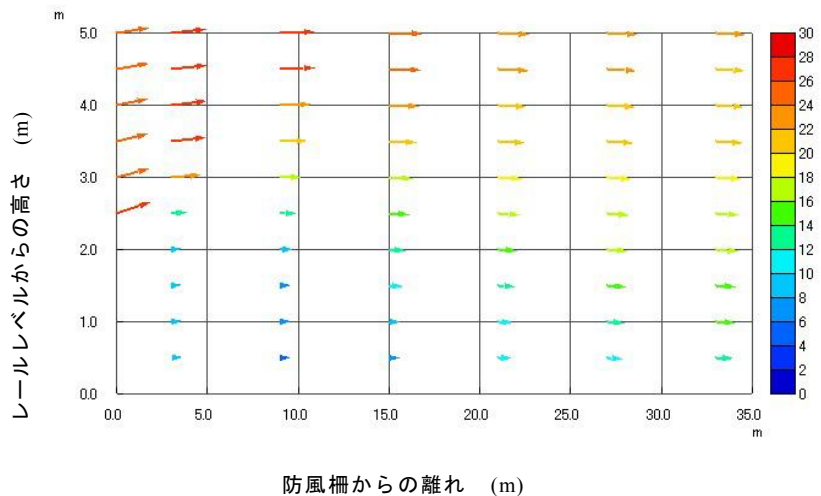


図5 風速測定結果（防風柵、風向角度の場合）

2.4 風速分布の測定結果

風速測定結果を、横軸に防風柵からの離れ x 、縦軸に R.L. からの高さ z とし、ベクトル図 5 に示す。試験風速は $U_0=30\text{m/s}$ である。図は R.L. からの高さ 2m 充実率 60% の防風柵を設置した場合の風向角 90 度の結果を示す。図では水平風速 u 、鉛直風速 w から合成風速 U を求め、合成風速 U の大きさを矢印の大きさと色で示す。防風柵の設置される位置（離れ $x=0\text{m}$ ）の高さ 2.5m では風速 $u=25.2\text{m/s}$ 、 $w=8.6\text{m/s}$ 、 $\theta=18.8$ 度の上向きの風となっている。R.L. から高さ 2m の防風柵下流についてみると、離れ $x=3\text{m}$ の風速 $U=8.2\text{m/s}$ 、($U/U_2=0.34$: U_2 は防風柵がない場合の R.L. から高さ 2m の風速値)、離れ $x=15\text{m}$ の風速 $U=12.9\text{m/s}$ 、($U/U_2=0.55$)、離れ $x=33\text{m}$ の風速 $U=17.5\text{m/s}$ 、($U/U_2=0.75$) と、離れるにつれ徐々に風速が増加する傾向を示している。

3. 現地風観測と再現風洞試験

3.1 現地風観測

風観測サイトは、日本海に面する庄内平野の JR 線で観測している箇所とした。風観測データは約一年分のデータが提供された。風観測サイト周辺数キロの領域はそのほとんどが水田で平坦な地形であり、線路構造は複線盛土と単線トラス橋梁で線路西側にレールレベルからの高さ 2m、充実率 60% の防風柵が設置されている。線路の方位は北から約 5 度東寄りとなっていて、盛土高さは約 5m、盛土幅約 35m である。風観測の状況を図 6（線路断面方向）に示す。風速計は主に 3 次元超音波風向風速計である。

風観測データには超音波風速計のプロープ間が雨や雪で遮断されることにより、ノイズを含むデータが取得されているため、異常値判定モデルを用いて解析を実施した。パンザマスト上部に設置された D 風速計（R.L. から 14.65m の高さ）から求めた風速階級別風向出現度数を図 7 に示す。図から分かるように強風時はほとんど W~NW の風向であった。観測期間中における D 風速計による 10 分間平均風速の最大値は 21.5m/s、最大瞬間風速は 28.8m/s、その時の風向は 290 度（西北西）であった。

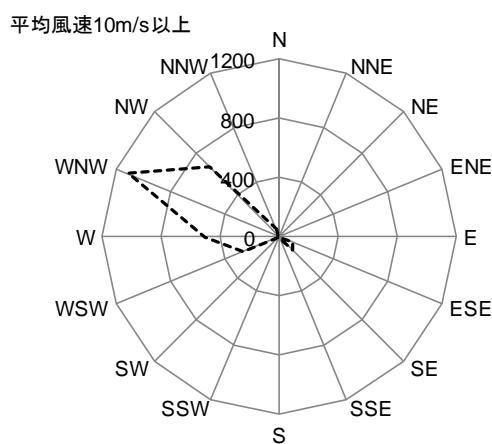


図 7 風向頻度分布

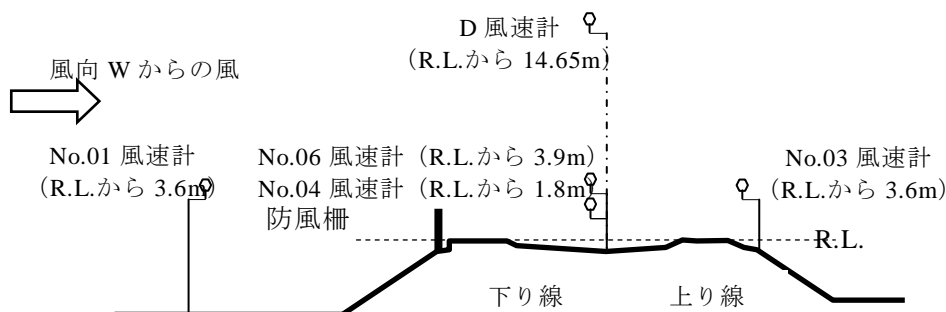


図 6 風観測サイトの風速計配置

3.2 再現風洞試験

風洞試験は鉄道総研の大型低騒音風洞の密閉洞で実施した。風洞気流は現地付近の自然風の特徴を再現した乱流境界層（ベキ指数 1/7, 乱れ強さ 0.15）とした。盛土模型の縮尺は 1/40 とした。現地と同じレールレベルから高さ 2m で充実率 60%の防風柵を下り線軌道中心から 3.73m（模型寸法 85mm）離して設置した。

盛土に対して真横の風となる風向角 270 度（西風）の場合の風速分布を図 8 に示す。試験風速は 30m/s, 矢印の大きさは風速の大きさを示す。防風柵の風上側の No.01 風速計の位置となる A 線の平均風速は, 地面からの高さ 5.74m ~ 8.98m で風速 14m/s ~ 15m/s になっている。防風柵のすぐ風下側の B 線は R.L. から 2m の高さでは風速が A 線の同じ高さの半分程度に減速し, 高さ 2.6m より高い位置では 2 割程度増速している。No.04, No.06 風速計の位置の上下線間となる C 線の R.L. から高さ 2.24m の風速は B 線の同じ高さの風速と同程度となった。

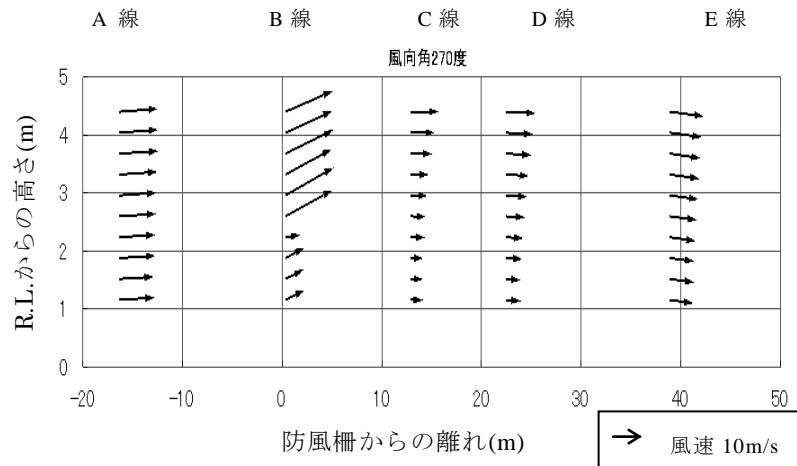


図 8 風速分布（風向角 270 度の場合）

3.3 現地風観測結果と風洞試験結果の比較

現地風観測で得られたデータと再現風洞試験結果を比較した。D 風速計を基準点として, 10 分間平均風速が 10m/s 以上でかつ 10 分間平均風向が 275 度 ± 5 度（風洞試験の風向角 270 度）のデータについて解析した。解析は風上側風速計 No.1 の 10 分間平均風速を分母として求めた各風速計の風速比と標準偏差から求めた乱れ強さを算出した。風の主方向の水平成分の平均風速比と乱れ強さについて現地風観測と風洞試験を比較した結果を表 1 に示す。この結果から, No.4 風速計の平均風速比は風洞試験結果の方が 2 割程度大きい, 他の結果は現地風観測と風洞試験はよい一致を示し, 風洞試験の妥当性が確認できた。

表 1 現地風観測と風洞試験の比較（風向 W, 平均風速比は風上側風速計 No.1 を基準）

風速計	現地風観測		風洞試験	
	平均風速比	乱れ強さ	平均風速比	乱れ強さ
No.1 風速計	1.0	0.22	1.0	0.20
No.4 風速計	0.29	0.54	0.39	0.49
No.6 風速計	0.61	0.47	0.62	0.44
No.3 風速計	0.74	0.41	0.67	0.43

4. 今後の課題

今回の風洞試験では 1/40 縮尺の車両と構造物が共に静止した模型を用いて防風柵に関する検討を行った。このため, 防風柵の開口部形状の影響, レイノルズ数の影響, 防風柵の風向角の減風効果, 車両が走行する場合の防風柵の効果は実際の状況と異なる。今後, これらの検討事項に関する風洞試験法の研究を進めていく予定である。