

## 風洞実験による橋梁上の防風柵まわりの風速測定

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○種本 勝二  
 (財) 鉄道総合技術研究所 非会員 鈴木 実

### 1. はじめに

我が国での強風による列車脱線転覆事故は、今日まで 30 件以上あり、平均して約 4 年に 1 回の割合で発生していることになる。強風対策としては、車両に対する外力を小さくする防風柵の設置が有効な方法である。在来線の鉄道において、防風柵は 27 箇所設置され、強風対策に役立っている<sup>1)</sup>。鉄道総研では、強風時の安全を目的とした研究の一環として、車両に働く空力特性を解明するための風洞実験を実施してきた<sup>2)</sup>。ここでは、風洞実験により、鉄道橋梁に防風柵を設置した場合の、防風柵下流の減風範囲を把握するために実施した、橋梁まわりの風速測定の結果を紹介する。

### 2. 風洞実験の概要

#### 2.1 風洞設備と風洞気流

風洞実験は鉄道総研所有の大型低騒音風洞(滋賀県米原市)の密閉型測定部で実施した。測定部の大きさは、幅 5m×高さ 3m×長さ 20m である。模型縮尺は 1/40 である。風洞吹き出し口より下流 16.8m の位置のターンテーブル上に橋梁模型を設置した。橋梁に当たる風の風向角は線路直角方向となる 90 度とした。風洞の基準風速  $U_0$  は、ターンテーブル中心から 5m 上流、風洞中心より 1.5m 側方、風洞床面より高さ  $Z_0=1.8m$  の位置に設置したピトー管の風速とし、 $U_0=20m/s$  で実施した。風洞気流は、バリア、ラフネスブロック等の乱流境界層生成装置をターンテーブル上流側に設置することにより、風洞内に自然風の境界層を模擬した気流を再現した。今回の風洞試験では、日本建築学会建築物荷重指針・同解説<sup>3)</sup>による分類の田園地帯の河川を渡る橋梁を想定し、べき指数 1/7 (0.14) の気流を再現した。

図 1 に、乱流境界層(べき指数 1/7)の平均風速の鉛直分布と乱れ強さを示す。横軸は、測定部に模型が設置されていない場合のターンテーブル上における風速比  $U/U_0$  と乱れ強さ ( $\sigma_u/U$ ,  $\sigma_u$  は主流方向の風速変動の実効値) である。橋梁の設置高さ(風洞床面からレールレベル高さ 539mm(実寸換算 21.56m))での風速比は 0.72(試験風速  $U_0=20m/s$  時  $U=14.4m/s$ ) である。

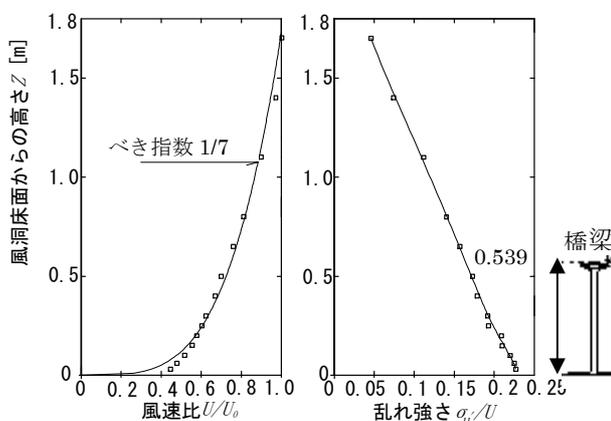


図 1 風洞気流の鉛直分布

#### 2.2 橋梁模型と風速測定方法

橋梁模型は、鉄道における一般的な単線橋梁の形状を想定し、桁の厚さは 25mm (実寸換算 1m) とした。図 2 に、橋梁上の防風柵の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、橋梁中心から風上側の 70.5mm (実寸換算 2.82m) の位置に設置した。防風柵は充実率 0% (防風柵無し), 40%, 60%, 80%, 100% (防風壁) の 5 種類の条件について実施した。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。

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

キーワード 防風柵, 風洞実験, 防風対策, 橋梁, 充実率

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2 丁目 8 番地 38 号 TEL 042-573-7319

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が約 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。

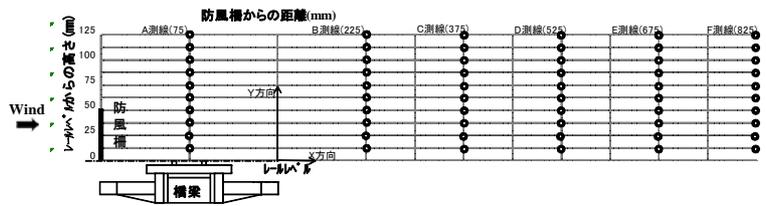


図 2 防風柵の風下側の風速測定点

### 3. 風洞試験結果

図 3 に、充実率 60% の場合について、防風柵からの離れと風速の関係を示す。防風柵の高さ (R. L. から高さ 50mm) 以下の風速を見ると、おおよそ防風柵から離れるに従い風速が増加する傾向を示す。最も風速が小さいのは A 測線 (75mm) である。B 測線 (225mm) も防風柵高さ以下の風速は、A 測線と同程度であり、防風柵の高さより上方の風速は A 測線よりも小さくなっている。防風柵からの離れが C 測線より下流の風速になると、防風柵から離れるに従い、おおよそ風洞気流に近づいていく。R. L. から車両側面に相当する高さ約 100mm (実寸換算 4m) までの高さごとの風速を平均すると、防風柵からの離れが B 測線 (実寸換算 9m) で最も小さくなると考えられる。

図 4 に、充実率を変えた場合について、A 測線 (75mm) の風速分布を示す。防風柵高さ (R. L. から 50mm) 以下の風速は、充実率 40% では 12~13m/s、60% では約 5m/s、80% では約 4m/s、100% では 6~7m/s となった。充実率 100% を除き、充実率の増加に従い風速が減少している。従って、充実率 100% の風速は逆流と推測される。充実率が 60% の場合、防風柵高さ以下の風速は、防風柵が無い時の風速 17m/s の 3 割程度の風速となった。

### 5. まとめ

縮尺模型を用いた風洞試験を実施し、橋梁上に防風柵を設置した場合の、防風柵下流の風速を測定した。その結果、防風柵の高さ以下では減速、その上方では増速となる風速の鉛直分布を示し、防風柵からの離れの影響が明らかとなった。また、充実率 60% では、防風柵からの距離が 225mm (実寸換算 9m) 程度までの範囲において減風効果があることが推測された。しかし、充実率 100% の下流では逆流が推測され、詳細な流れを検証する必要がある。今回の試験では、縮尺模型による結果のため、実際のレイノルズ数  $Re$  とは約 40 倍異なる。縮尺の防風柵のメッシュの違いも今後検討する必要がある。また、防風柵の下流に位置する車両に働く空気力と風速分布の関係を明らかにする必要がある。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：第 5 回強風対策協議会資料，2008.4.9
- 2) 種本勝二他：強風下での車両に働く空気力と低減対策に関する風洞試験，鉄道総研報告，18 巻 9 号，pp.17-22，2004.
- 3) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説 (2004)，pp.22

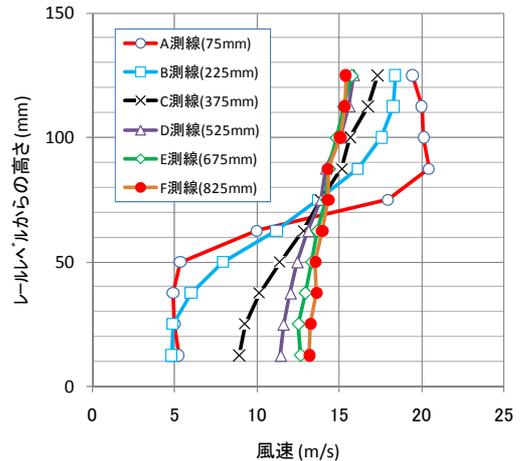


図 3 防風柵からの離れと風速の関係 (充実率 60% の場合)

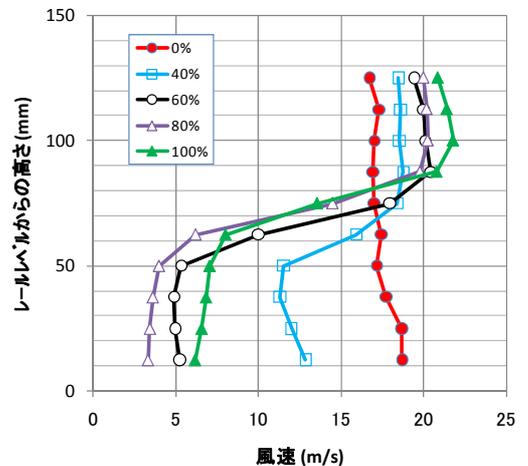


図 4 充実率と風速の関係 (A 測線 (75mm) の場合)