

防風柵による風速低減効果の現地風観測と風洞実験の比較検討

(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 荒木 啓司
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 三須 弥生

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、車両に対する空気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¹⁾。ここでは、羽越線の防風柵が設置されている盛土上の風観測を実施し、それを再現した 1/40 縮尺模型を用いた風洞実験による風速分布結果と比較した結果を紹介する。

2. 現地風観測

風観測サイトは、東日本旅客鉄道株式会社が羽越線で風観測している盛土箇所とした(図 1)。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る。風観測サイトの線路は南北から約 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。図 2 に解析に用いた超音波風向風速計と盛土及び防風柵(R.L.からの高さ 2m で充実率 60%)の状況を示す。線路直角方向にほぼ並行に風速計①(線路外西側)と風速計②,③(上下線間)及び風速計④(東側盛土肩)を配置した。風観測データはこの風速計で収録され



図 1 風観測サイト(盛土上の防風柵)

た 2009 年 12 月 1 日～2010 年 12 月 7 日の約一年分のデータ(サンプリング周波数 4Hz)である。異常値除去のため風観測データに品質管理(雨・雪等による風向風速のノイズデータの除去)を施し風況調査を行った。観測期間中における風速計⑤による 10 分間平均風速(主方向の水平成分)の最大値は 21.5m/s、当該 10 分間の平均風向は 283 度(西)であった。また、当該 10 分間の最大瞬間風速は 28.8m/s、その時の風向は 290 度(西北西)であった。風観測サイトでの風向は西北西に集中する傾向が確認された。

線路内に防風柵側から吹く西風のデータに対して、風上側の風速計①を基準に、風下側の各風速計の評価時間 10 分の平均風速比を求めた結果を図 3 に示す。防風柵の風上側風速計①に対する風下側の風速計②,③,④の平均風速比をみると、それぞれ 1.00(風速計①), 0.37(風速計②), 0.60(風速計③), 0.74(風速計④)となった。線路の高さ方向についてみると、R.L.からの高さが低い風速計②の方が風速計③より小さい傾向となった。風速の評価時間を 3 秒～10 分に変えて解析した結果でも同様な傾向を示すことが確認された。

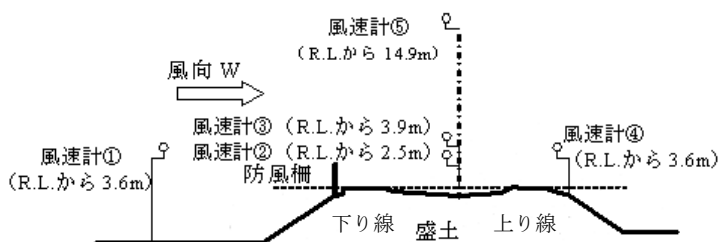


図 2 風観測サイトの状況(線路断面方向)

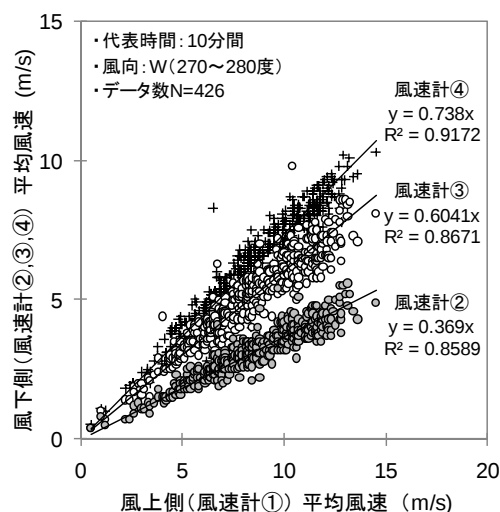


図 3 防風柵の風上・風下の平均風速の関係

キーワード 防災, 防風柵, 盛土, 風洞実験, 風観測, 風速測定

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

3. 風洞実験

風洞実験は鉄道総研の大型低騒音風洞の密閉胴で実施した²⁾。風洞気流は現地付近の自然風の特徴を再現した、べき指数 1/7、乱れ強さ 0.15 とした。現地を再現した盛土等の地上構造物の模型の縮尺は 1/40 とした。平地から盛土上のレールレベル(R.L.)までの高さは 4.58m (以下実寸換算値)、盛土底面幅 32.47m、盛土肩幅 21.2m である。現地と同じ R.L.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 (85mm)風上側に離して設置した。風速測定点は風速計①の位置に相当する防風柵からの離れ-16.35m(A 線)、防風柵から離れが線路内 0.33m(B 線)、風速計②、③の位置に相当する防風柵からの離れ 12.9m の上下線間(C 線)、風速計④の位置に相当する防風柵からの離れ 22.42m の上り線盛土肩(D 線)、防風柵から 38.9m 離れた平地部の位置(E 線)の 5 測線とした。測定高さは、R.L.から上方 1.16m～4.4m 間の 10 点を測定点とした。風速測定には熱線風速計 (KANOMAX 社製、MODEL IHW-100) を使用した。センサーには主流方向成分と鉛直方向成分の 2 次元風速を測定できる X 型プローブ 1241-20 を使用した。実験風速は 30m/s、測定時間は実スケールの 10 分間平均に相当する 16 秒間とした。

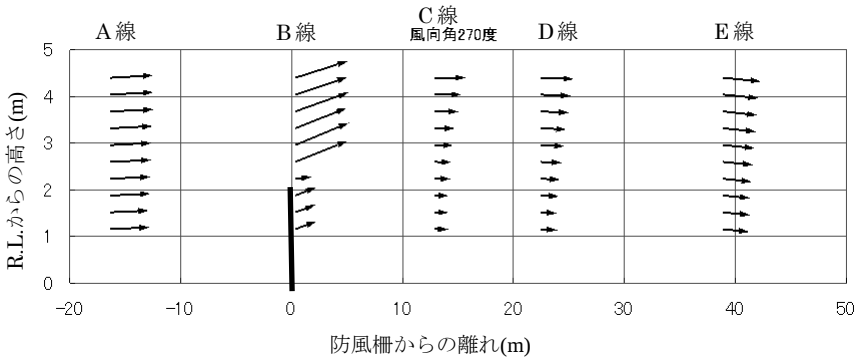


図 4 盛土まわりの風速分布の風洞試験結果

西風 (風向角 270 度) の場合の各測定点の平均風速ベクトルを図 4 に示す。ここで、矢印の大きさは風速の大きさを示す。縦軸は R.L.からの高さ、横軸は防風柵からの離れで東方向を正に取った。防風柵による風速と風向の変化が分かる。B 線上の防風柵から下の位置では減風され、防風柵以上の高さでは吹き上げの風となっている。

4. 現地風観測と風洞実験結果の比較

防風柵風下側の風速低減効果について、現地風観測で得られたデータと再現風洞実験結果を比較した。現地風観測は風速計⑤を基準として、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 (風洞実験の風向角 270 度) のデータを対象とした。解析は風上側風速計①の 10 分間の平均風速を基準として求めた各風速計の風速比 (主方向の水平成分) と各風速計の標準偏差から乱れ強さを求めた。風洞実験結果も風速計①に相当する位置の風速を基準として求めた風の主方向の水平成分の平均風速比と乱れ強さを求めた。現地風観測と風洞実験を比較した結果を表 1 に示す。この結果から、上下線間の低い位置にある風速計②の平均風速比は風洞実験結果の方が 2 割程度大きい、他の風速計では現地風観測と風洞実験はよい一致を示し、風洞実験の妥当性が確認できた。

表 1 現地風観測と風洞実験の比較 (風向 W、平均風速比は風上側風速計①を基準)

風速計	現地風観測		風洞実験	
	平均風速比	乱れ強さ I	平均風速比	乱れ強さ I
風速計①	1.0	0.22	1.0	0.20
風速計②	0.29	0.54	0.35	0.47
風速計③	0.60	0.47	0.62	0.43
風速計④	0.74	0.41	0.67	0.43

風の主方向の水平成分
U : 平均値
σ : 標準偏差
 $I = \sigma / U$: 乱れ強さ

5. まとめ

盛土区間に設置されている防風柵周辺の風観測データに品質管理を用いた解析を実施し、現地を再現した 1/40 縮尺模型を用いた風洞実験と比較した結果、防風柵風下側の風速計での平均風速比はよい一致を示し、風洞実験の妥当性が確認できた。なお、今回の風洞実験では 1/40 縮尺の盛土に関しての一例であり、防風柵のメッシュの違い、のレイノルズ数の影響等今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省 : 第 5 回鉄道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