

## 構造物周りの風速計位置が観測値に及ぼす影響

防災技術研究部 気象防災  
主任研究員 荒木 啓司

### 1. はじめに

強風に対する列車の安全を確保するために、現在、鉄道沿線には風速計が設置され、その風速値（瞬間風速）に基づき列車の運転を抑止する、あるいは走行速度を制限するといった運転規制が行われている。これまでの運転規制の考え方は、橋梁など線路構造物の近傍に取り付けられた風速計で観測される風速値は線路構造物の影響を受けず、線路構造物周りの風が一様であるという前提に基づいている。しかし、過去の観測から、橋梁上に取り付けられた風速計による風速の観測値が構造物の影響を受けることが明らかとなっており<sup>1)</sup>、より合理的な運転規制のためには構造物周りの風速計位置の違いが観測値に及ぼす影響を定量的に把握する必要がある。

本発表では、適切な風速計の取り付け位置の検討に際しての基礎資料とすべく、橋梁や盛土周りの風速特性を風洞試験と現地試験により調べ、風速計位置の違いによって観測値が構造物から受ける影響について検討した結果について報告する。

### 2. 構造物周りの風速計位置が風観測値に及ぼす影響の検討方法の概要

風速計の位置の違いによって観測値が構造物から受ける影響の程度を定量的に把握するために、線路構造物周りの風速分布を風洞試験および現地観測により調べたうえで、基準となる位置（車両や線路構造物の影響を受けない風上側の車体中心高さの位置）での風速と比較することとした。対象とした線路構造物は、在来線の代表的な線路構造物である単線橋梁、複線高架橋および単線盛土である（図1～3）。

本研究では、まず風洞試験を実施し、各線路構造物周りの測定点および基準位置における風速分布を把握した。ところで、風洞試験の結果として一般的に用いられる測定風速は、一測定時間の平均風速であって瞬間風速ではない。一方、実際の強風時の運転規制では、風速計で観測された瞬間風速に基づき規制判断が行われている。したがって、本研究で検討すべき風速の観測値に対する構造物影響は、瞬間風速で表現する必要があると考えた。そこで、単線盛土を対

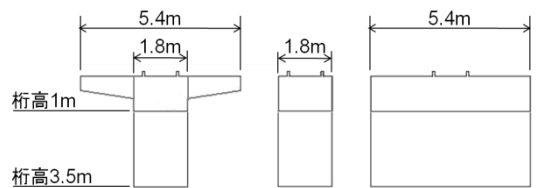


図1 線路構造物形状（単線橋梁）  
（左：標準形，中：桁幅形，右：最大幅形）

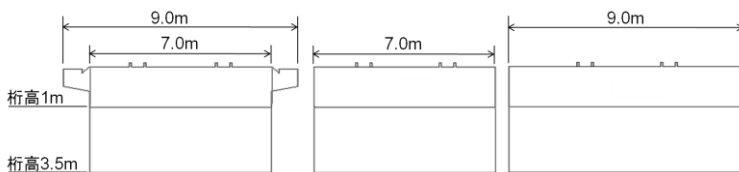


図2 線路構造物形状（複線高架橋）  
（左：標準形，中：桁幅形，右：最大幅形）

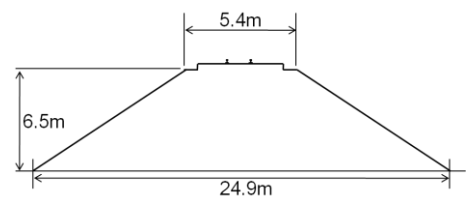


図3 線路構造物形状（単線盛土）

象とした風向風速の現地観測を行い、この結果から平均風速と最大瞬間風速を関係づける指標としてピークファクター $k$ を求めた（ピークファクター $k$ については4章で述べる）。そして、風洞試験で得た各測定点の平均風速と風速の標準偏差ならびに現地観測で得たピークファクターを用いて、線路構造物周りの各測定点および基準位置での最大瞬間風速の分布を推定し、各測定点での最大瞬間風速を基準位置での最大瞬間風速で除した最大瞬間風速比 $R_i$ を求めることで、測定点、即ち風速計位置の違いが最大瞬間風速値に及ぼす影響を定量的に把握した。風洞試験および現地観測により、単線橋梁、複線高架橋ならびに単線盛土の各線路構造物周りの測定点における最大瞬間風速比 $R_i$ の算出フローを図4に示す。

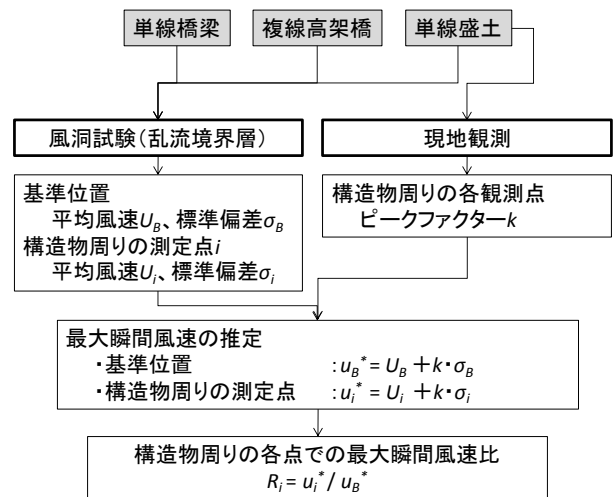


図4 線路構造物周りの測定点における最大瞬間風速比 $R_i$ の算出フロー

### 3. 風洞試験による構造物周りの風速測定

単線橋梁、複線高架橋および単線盛土を模擬した線路構造物模型を用いて、各々の線路構造物周りの風速を風洞試験により測定した。以下に、単線橋梁（最大幅形）を対象とした風洞試験について述べる。使用風洞は（株）IHI 大型大気乱流風洞（長さ6m×高さ3m×長さ24m）、試験風速は8m/sとした。単線橋梁模型の縮尺は1/40、風速測定点は23点を設定した（図5）。風洞気流は、地表面付近の自然風の鉛直分布を模擬した乱流境界層（ベキ指数1/7）の気流を再現した。単線橋梁の線路方位を0度として、90度、67.5度、45度および22.5度の風向角条件にて試験を実施した。風速測定時のサンプリング周波数は1kHz、一測定あたりのサンプリング時間は約40秒とした。

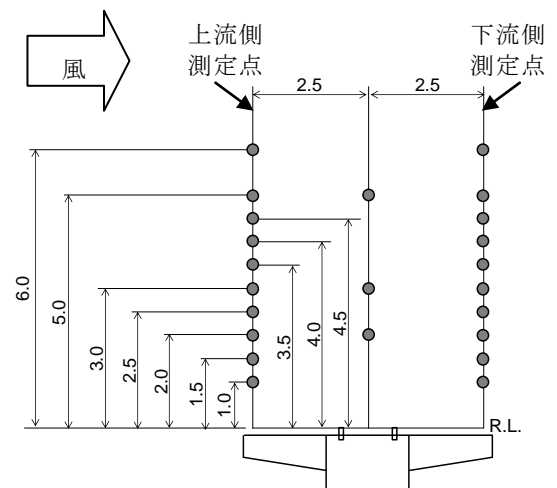


図5 単線橋梁周りの風速測定点配置（単位：m）

図6に桁高3.5mの単線橋梁を対象とした風洞試験から求めた風向角別の平均風速比、乱れの強さを例示する。なお、平均風速比は各測定点での測定風速を基準位置での風速で除したもので、乱れの強さは、各測定点での風速の標準偏差を平均風速で除したものである。上流側測定点では、風向角が大きいほど平均風速比が大きい傾向がみられたが、いずれの風向角でも、平均風速比はレールレベル（これ以降、R.L.と記す）からの高さ方向には大きく変わらなかった。上流側の乱れの強さは、いずれの風向角でも0.1~0.15程度と小さく、R.L.からの高さ方向にも大きな差異はなかった。下流側測定点では、風向角によって風速比の鉛直分布に大きな違いがみられ、その傾向は風向角が大きいほど、またR.L.からの高さが低いほど顕著であった。下流側の乱れの強さは、R.L.からの高さが2m以下で風向角による違いが大きく、風向角90度のR.L.からの高さが1mの位置で0.42となった。

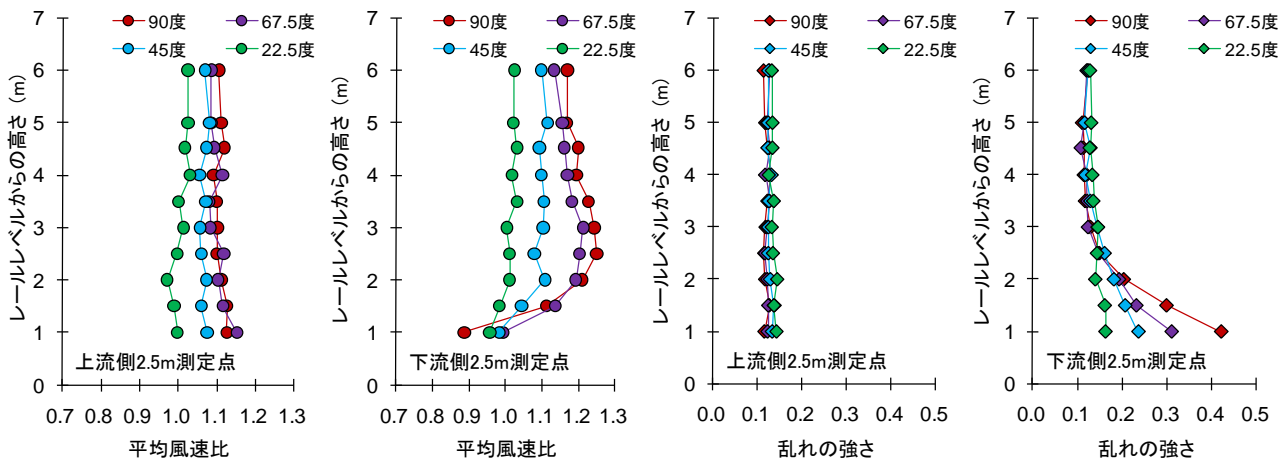


図6 風洞試験により求めた風向角別の平均風速比および乱れの強さ（単線橋梁，桁高 3.5m）

#### 4. 現地観測によるピークファクターの算出

平均風速から瞬間風速の推定の際に必要なピークファクターの算出を目的として、実在の単線盛土周りで風向風速の現地観測を行った。観測点の配置を図7に示す。風速計には、プロペラ型 (R.M.YOUNG 社製 CYG-5103), 風杯型((株)ホリー製 02-2E)および超音波型((株)カイジョーソニック製 SAT-540)の3種類を使用した。プロペラ型を全観測点に配置し、観測点BおよびC1に風杯型と超音波型を併設した。観測項目は風向および風速（風杯型は風速のみ）で、サンプリング周期は1秒とした。図7に示した9観測点（プロペラ型）で得られた風速データを用いて、各観測点におけるピークファクター $k_j$ を求めた。ここで、ピークファクター $k_j$ とは、観測点 $j$ の最大瞬間風速 $v_{maxj}$ から平均風速 $V_j$ を引いた値を風速の標準偏差 $\sigma_j$ で除したものであり、式(1)で表される。

$$k_j = \frac{v_{maxj} - V_j}{\sigma_j} \quad (1)$$

9観測点（プロペラ型）で得られた風向風速データから1分代表値を作成したうえで、B観測点を基準点として、当該風速計の1分間平均風速10m/s以上が観測された同時刻の全9台分の1分代表値を強風事例として抽出した。抽

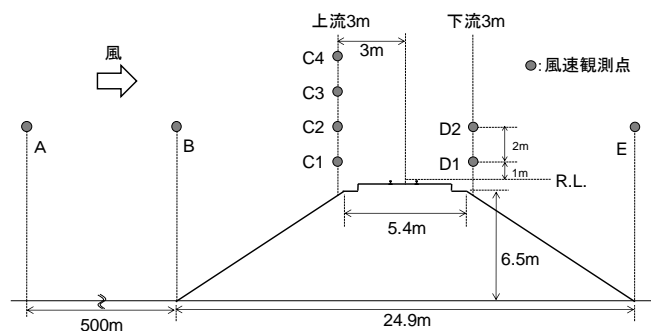


図7 単線盛土周りの風速観測点配置

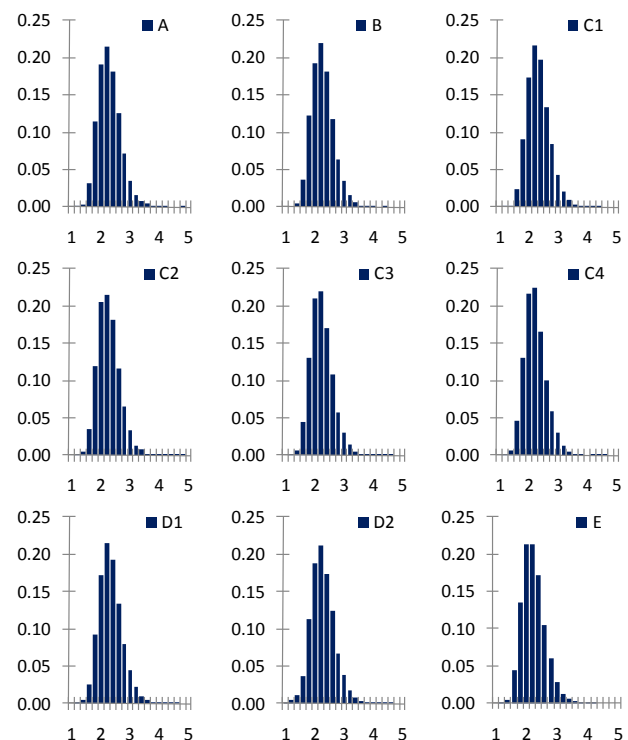


図8 現地観測結果（プロペラ型）から求めた各観測点のピークファクターの相対出現度数 ※グラフの横軸はピークファクターの階級値、縦軸は相対出現度数を表す

出した強風事例のそれぞれについて、式(1)を用いて、ピークファクター $k_j$ を求めた(図8)。なお、図8に示した相対出現度数とは、各ピークファクターの階級に属する観測度数をデータ総数で除したものであり、ピークファクターの階級幅は0.2刻みとした。図8より、ピークファクターの分布は、観測点の位置に関わらず $2.0 \leq k_j < 2.2$ の範囲に最頻値をとることが分かった。また、いずれも図は省略するが、上記の結果は強風時の風向にも依存しないこと、風速計の種類にも依存しないことが分かった。これらの結果から、ピークファクター $k_j$ は定数として扱うことが可能であると判断し、最大瞬間風速の推定に際して $k=2$ を採用した。

## 5. 構造物周りの風速計位置が風観測値に及ぼす影響の定量化

風洞試験で求めた各測定点における平均風速 $U_i$ と風速の標準偏差 $\sigma_i$ ならびに現地観測から求めたピークファクターである $k=2$ を用いて、各測定点での最大瞬間風速を推定し、基準位置での最大瞬間風速で除した最大瞬間風速比 $R_i$ を求めた。単線橋梁(桁高3.5m)における風向角別の $R_i$ の分布を図9に例示する。

上流側の測定点における風向角別の最大瞬間風速比の鉛直分布をみると、風向角が大きいほど、最大瞬間風速比が大きい傾向にあるものの、いずれの風向角でもR.L.からの高さの違いによる最大瞬間風速比の違いは10%未満であった。

一方、下流側の測定点での風向角別の最大瞬間風速比は、90度で1.11~1.38、67.5度で1.10~1.30、45度で1.06~1.18、22.5度で0.99~1.02であり、風向角が大きいほど最大瞬間風速比が大きい傾向は上流側より顕著であった。風向角90度のケースでは、下流側のR.L.からの高さが3m以下の位置で最大瞬間風速比は1.2以上になり、R.L.からの高さが1.5m、2.0mの位置ではそれぞれ1.38、1.33となった。

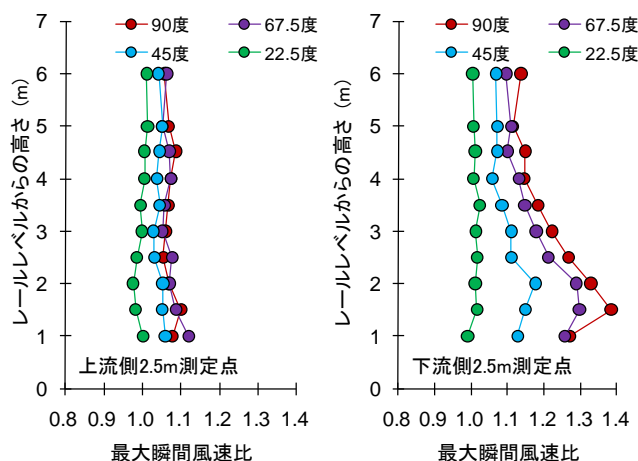


図9 風向角別の最大瞬間風速比  
(単線橋梁, 桁高3.5m)

## 6. おわりに

本研究では、風速計の位置の違いによって風速観測値が構造物から受ける影響の程度を、風洞試験と現地観測を組み合わせで検討した。その結果、観測値に与える構造物の影響は、構造物の下流側、特にR.L.からの高さが低い位置で大きく、構造物の影響のない位置での風観測値に比較して最大38%もの増速効果となって現れることがわかった。一方、本研究では単線橋梁や複線高架橋については複数の形状、桁高を対象に検討したが、盛土については1種類のみとなった。今後、盛土の形状や大きさのパターンを増やした検討を行い、成果の一般化を進めたい。

## 文献

- 1) 今井俊昭, 藤井俊茂, 種本勝二, 島村泰介, 松田洋一: 風速分布の局所性に関する観測事例, 鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp.639-642, 1998