

I-221 架橋地点における自然風の乱れ特性に関する一考察

三菱重工業(株) 正員 平井 滋登

三菱重工業(株) 正員 斎藤 通

三菱重工業(株) 正員 本田 明弘

1. まえがき

橋梁構造物の耐風性において風の乱れが大きな影響を与えることは、これまで多くの報告がなされている。より合理的な耐風設計を実施するためには、この風の乱れを考慮することが不可欠であると考えられるが、個々の橋梁に作用する自然の風の乱れ特性は周辺の地形の起伏あるいは地物の状況によりまちまちである。現在のところ、耐風設計の条件となる乱れ特性の値を定めるためには、前もって架橋予定地点にて実風観測を行う方法に頼っている。最近では、実風観測の結果と乱流風洞試験の結果から、空力不安定振動に対する空力的対策の設置を見合わせた耐風設計例もみられる。

しかしながら、この実風観測には、①多大な手間と費用を要する、②限られた観測期間内に必要な強風時のデータが得られるとは限らない、③観測点が桁架設位置より離れた位置になる場合がある、などの問題点を抱えている。一方、既存の各種基準等においては、地表面の状況から3～5段階程度の地表面粗度区分に分け、各々の区分毎に風のモデルを与えている。しかし、①粗度区分の判断が困難な場合がある、②特性値が段階毎の離散的な値としてしか得られない、③ガスト応答を主対象とした値である、など空力不安定振動を対象とした耐風設計のインプットとするには改良の余地を残している。

本研究では、特に空力不安定振動に対する検討を念頭におき、実測された自然風の最小の乱れ強さをべき指数という形にて評価し、周辺地物の状況を表す地表面粗度との関係に着目することによって、架橋地点における自然風の乱れ特性を推定することを試みた。

2. べき指数での評価

自然風の乱れ特性は、周辺地形及び地物の状況の他、観測高度に依存して変化するため、異なる地点の実測値をそのまま比較することはできない。ここでは、平均風速の鉛直方向分布をべき法則でモデル化することにより、実測された乱れ強さを以下の関係式より高度に依存しないパラメータとしてべき指数に変換した。

$$\begin{aligned}
 I_u &= \sigma_u / U & I_w &= \sigma_w / U \\
 \left\{ \begin{array}{l} \sigma_u = 6K U_{10} \\ U = U_{10} (z/z_{10})^\alpha \\ K = (k\alpha)^2 \end{array} \right. & & \left\{ \begin{array}{l} \sigma_w = 1.3 K U_{10} \\ U = U_{10} (z/z_{10})^\alpha \\ K = (k\alpha)^2 \end{array} \right. \\
 I_u &= 6k\alpha / (z/z_{10})^\alpha & I_w &= 1.3k\alpha / (z/z_{10})^\alpha
 \end{aligned}$$

ただし、 I ：乱れ強さ、 σ ：変動風速の標準偏差、 U ：平均風速、 K ：地表面摩擦係数、 z ：高度、 α ：べき指数、 k ：カルマン定数(0.4)、添字 u ：主流方向成分、添字 w ：鉛直方向成分を表す。

なお、周辺地形あるいは地物の状況が風向別に異なることから、乱れ特性は風向依存性を考慮して16風向別に独立の値として扱った。また実測にみられる値のばらつきは、空力不安定振動に対して設計的に安全側となるよう、最小値を代表値とした。このようにして得られたべき指数の例を図1に示す。この値は平均風速の鉛直方向分布から直接求められたものではないが、ある地点固有の風向別乱れ特性を高度に依存しない形で表すパラメータであると考えられる。

3. 地表面粗度との相関

次に、地形の起伏が大きいと考えられる山間部を除いた既存の観測地点を対象に、実測結果より求められたべき指数と地表面粗度の相関を調べた。地表面粗度の値は、客観的に決定されるよう縮尺20万分の1の土

地利用図より求めることとした。具体的には、方位距離別のメッシュ毎に表1に示すように地表面粗度を求め、それを連続的な値とみなして方位別の代表値を決定した。その際、乱れ特性を説明づけるのに適切な地表面粗度の評価範囲を検討するため、評価範囲をパラメータとして先のべき指数との相関係数を調べた(図2)。

この結果より、相関係数が最大となるのは評価範囲を2kmとした場合であった。この評価法による地表面粗度を用いて、単回帰分析から回帰式を求め、乱れ強さの実測値と推定値(地表面粗度による)とを比較した結果が図3である。推定値は観測値に比べ、主流方向の場合で±4%程度、鉛直方向で±3%程度以内の範囲にはば収まっているものの、場合によっては差が大きなケースも見られる。これは、今回対象とした地点においても地形の起伏の影響が無視できない場合があることによるものと考えられる。

4. まとめ

乱れ特性をべき指数というパラメータで表すことにより、地表面粗度と定量的に関係づけることができた。今後、地形の起伏の影響を別のパラメータで考慮し、さらに推定精度の向上を図る予定である。

表1. 地表面粗度

地表面粗度	土 地 利 用
1. 0	水面・河川
2. 0	田・畑
3. 0	林地・住宅地・工業地
4. 0	都市中心部(商業地)

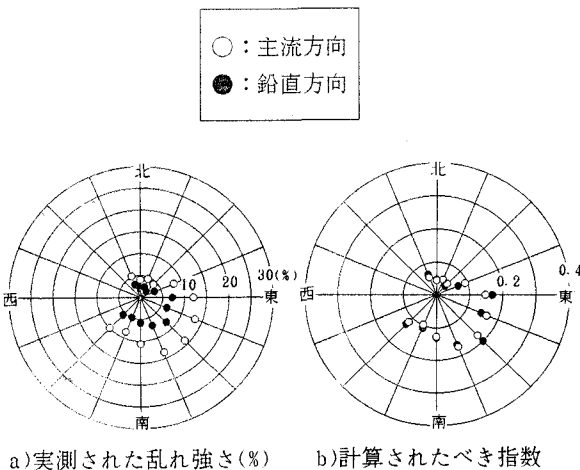


図1. 乱れ強さとべき指数の例

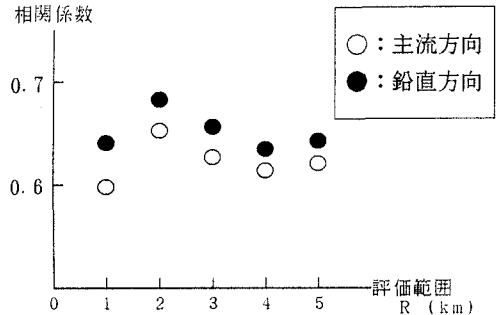


図2. 粗度の評価範囲による相関係数の範囲

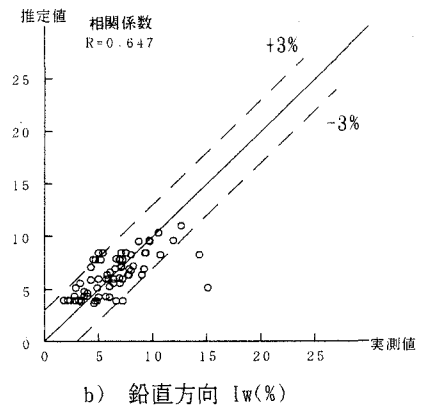
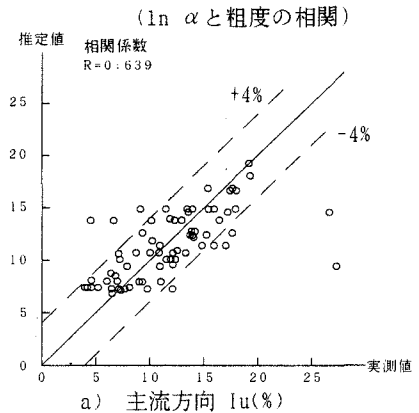


図3. 乱れ強さの実測値と推定値