

橋梁構造物の渦励振及びバフetting振動に対する安全性評価について

京都大学大学院 学生員○村上琢哉 京都大学工学部 正 員 松本 勝
 京都大学工学部 正 員 白石成人 四国電力 正 員 築山有二
 京都大学大学院 学生員 三澤 彰

1. まえがき 現行の耐風設計では、設計上考えられる不確定要素を補正係数の導入という形で評価している。しかし、これらの補正係数は、経験に基づく工学的判断により決定されていること、また構造物が風に対して、どの程度の安全性を有しているのかを定量的に表せないなどの問題点があげられる。そこで本研究では、橋梁構造物の安全性を定量的に評価するために、まず、架設地点の風向別強風の極値分布を推定する方法について検討した。さらにこれを用いて、渦励振及びバフetting振動に対して破壊及び疲労の面から、安全性を評価する算定方法について検討した。

2. 風向別強風の極値分布の推定 橋梁架設地点における短期間自然風データから得られる母集団分布 (Weibull分布) に、Gomes&Vickeryの方法¹⁾及び台風の影響の大きさを経験的に求めた補正係数 (台風係数) を適用して風向別極値分布を推定する方法は、筆者ら²⁾によって提案されている。本研究ではこの方法について検討した。まず、全国気象官署133地点における15年間(1964-1978)の定時観測記録を用い、高風速域を評価したWeibull分布パラメータC, Kを求めた。そして台風係数R年を、年最大風速をGUMBELL分布に当てはめて推定されるR年再現期待値と、高風速域を考慮した母集団分布 (Weibull分布) からGomes&Vickeryの方法により推定されるR年再現期待値との比と定義し、台風係数を算定した。その結果100年台風係数で概ね1.0-1.8程度の値が得られた。これを用いて、任意地点の台風係数を求めるために台風係数地域区分図を作成した。それを図1に示す。



図1 台風係数地域区分図 (再現期間100年)

3. 渦励振及びバフetting振動に対する安全性評価

(1) 初通過破壊に対する検討 安全性を定量的に評価するため、破壊確率の算定方法を検討した。概念図を図2に、概略の手順を図3に示し、特徴について簡単に説明する。

① 風のモデルには、2.で述べた高風速域での適合性を考慮したWeibull分布を用い、そして「橋梁を破壊に至らしめるある10分間の風が、橋軸直角風向の着目する風速であるとして、この風速が構造物の耐用期間内に少なくとも1回以上生起する確率」を与えた。(図2の $P^*(u)$)

② 風による静的あるいは動的な変形に対応する応力を算定し、風速とこれによって発生する応力の関係を求める。ここで、発生応力については現象別に以下のように考える。

・死荷重は、変動せず常に一定。また渦励振は定常振幅を有

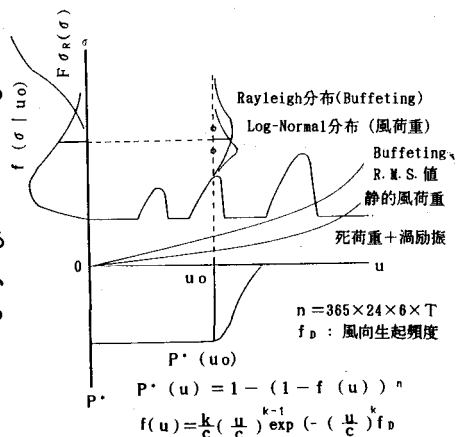


図2 破壊確率の算定方法の概念図

Takuya MURAKAMI Masaru MATSUMOTO Naruhito SHIRAISHI Yuji TSUKIYAMA Akira MISAWA

する振動であるため、発生応力は、同じく確定的と見なせる。

・静的風荷重は、抗力係数や空気密度に関係があり、それらは気流の乱れ、気温の変化によってばらつくことが考えられる。故に本研究では、発生応力を対数正規分布と仮定し、応力のばらつきを表現した。

・パフエティング振動は不規則振動であるため、発生応力も当然ばらつくことが考えられる。パフエティングの振動変位の確率密度関数が正規分布に従い、ある卓越周波数を有する場合の振動振幅の確率密度関数はRayleigh分布に従うことが知られているので、本研究でもこれを採用した。

③ 以上のことを考慮して、発生応力の分布 $f_{\sigma}(\sigma)$ が定義される。さらに材料強度の分布関数 $F_{\sigma R}(\sigma)$ を用いることにより破壊確率 P_f は次式で求められる。

$$P_f = \int f_{\sigma}(\sigma) F_{\sigma R}(\sigma) d\sigma$$

(2) 疲労破壊に対する検討 渦励振及びパフエティング振動に対し、B.S. 5400³⁾にも適用されているマイナー則を用いた疲労損傷度の算定方法を検討した。この手順を簡単に説明する。まず風速—応答振幅曲線から振幅と発生応力の線形性を利用し、風速とこれにより発生する応力の関係を求める。得られた発生応力の分布を風のモデル(本研究ではWeibull分布)、固有振動数、耐用年数などを用い、応力とある耐用期間内の振動生起回数の分布に変換する。そして、鋼材の応力と繰返し回数の関係(S-N曲線)より得られるある応力に対する疲労限界回数 N_j と、振動生起回数 n_j とから累積疲労損傷度 γ が導かれる(図4参照)。この γ が、1を超えるかどうかによって疲労を検討するものである。

4. 結論

・短期間自然風観測データから風向別強風の極値分布を推定する方法について検討した。その結果、台風係数地域区分図を作成できた。今後は、全国各気象官署で地表面粗度の統一された風向別Weibull分布を算定し、本研究で得られた台風係数地域区分図を用いて風向別全国基準風速図の策定を検討する必要があると思われる。

・橋梁構造物の安全性を定量的に評価する指標として、破壊確率及び累積疲労損傷度を考え、その算定方法について検討した。この方法は、定量的な風に対する安全性評価、さらにはより耐風安定性のすぐれた桁断面形状の選定につながるものとして有効であると思われる。

(参考文献)

- 1) L. Gomes, B. J. Vickery "On the prediction of extreme wind speeds from the parent distribution" Journal of Industrial Aerodynamics, 2(1977), pp. 21-36
- 2) 松本 勝・白石成人・白土博通・築山有二 "強風に対する橋梁構造物の安全性に関する研究" 第10回風工学シンポジウム論文集、1988年12月、PP. 331-336
- 3) British Standards Institution "Steel, Concrete and Composite Bridges part2" Specification for Loads (BS5400), 1978

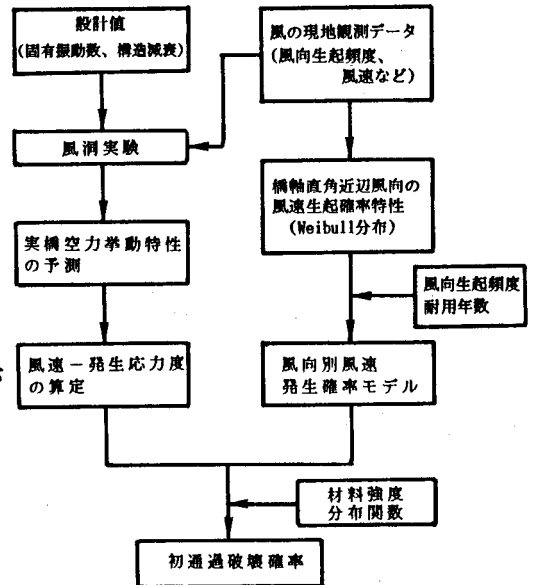


図3 破壊確率の概略手順

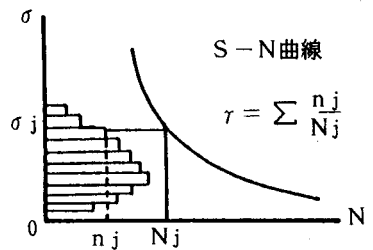


図4 累積疲労損傷度の概念図