

F型標識柱における風速頻度分布に着目した疲労照査の一検討

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 ○正会員 有馬 直秀 多賀 翔一 小塚 正博
株式会社 高速道路総合技術研究所 福山 雅彦

1. はじめに

道路橋における標識構造物の疲労照査を検討する上で、疲労の3要素である「継ぎ手の種類(強度等級)」、「作用する応力範囲」、「繰返し数」を設定する必要がある。継ぎ手の種類は、既往の文献等から設定することが可能である¹⁾。支柱基部の応力範囲は、標識板に風圧($P=1/2 \rho C_d V^2 A$)を受け、基部の曲げモーメントから応力を算出することができる。しかしながら、繰返し数の設定方法は、確立されたものがなく照査者の判断に委ねられている。

本検討では、過去の計測結果から標識柱が強風・微風時でも標識柱の固有振動数で常に揺れていることから、繰返し数の設定は、標識柱の固有振動数を基に算出する²⁾。但し、繰返し数の内訳である各風速の出現頻度分布をどのように設定するか技術的課題が残る。このため本検討では、既往の文献や気象庁のデータを用いて、各風速の出現頻度分布を作成し、その違いによる疲労耐久性の影響を検討する。

2. 検討概要

2.1 検討方針

本検討では、高速道路で多く使用されているF型標識柱を対象とし、検討方針の流れを図-2.1に示す。また、標識柱の主要な構造寸法も付記する。着目部位は、支柱基部とし既往の文献から疲労強度等級をG等級(50MPa)と設定する¹⁾。応力範囲は、標識柱が両振りと仮定し、支柱基部の曲げ応力を算出する。風向は、実際にはあらゆる角度から風が吹くが本検討では、標識板に正対して吹くと仮定する。繰返し数は、風により標識柱の固有振動 f (3Hz)で揺れていると仮定し、1年間の繰返し数は、 $3\text{Hz} \times 60\text{秒} \times 60\text{分} \times 24\text{時間} \times 365\text{日} \approx 9,460\text{万回}$ と設定した²⁾。なお、各風速の出現頻度は、以下に示す3つのケースの頻度分布を作成して疲労寿命を試算し、風速頻度分布の違いによる疲労耐久性の影響を検討する。

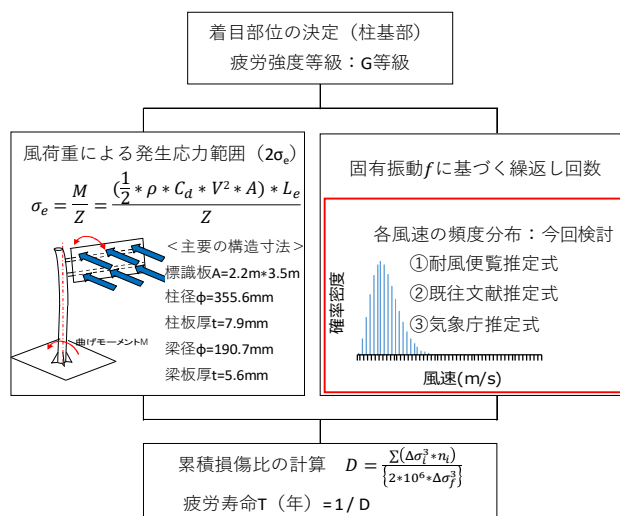


図-2.1 検討方針

2.2 各風速の出現頻度分布の算出方法

各風速の出現頻度分布の1つ目ケースは、式-1に示す耐風設計便覧の推定式(以下、耐風便覧推定式)を用いて算出する。下記の式は、10分間の平均風速が U を超える確率を示しており、100年間再現期待値に相当し、ワイブル分布を基にしたものである³⁾。本検討では、津(基本風速 30m/s)と那覇(基本風速 45m/s)の2地域で検討する。なお、高度は10m、地表粗度IIとして補正係数は1として検討する。

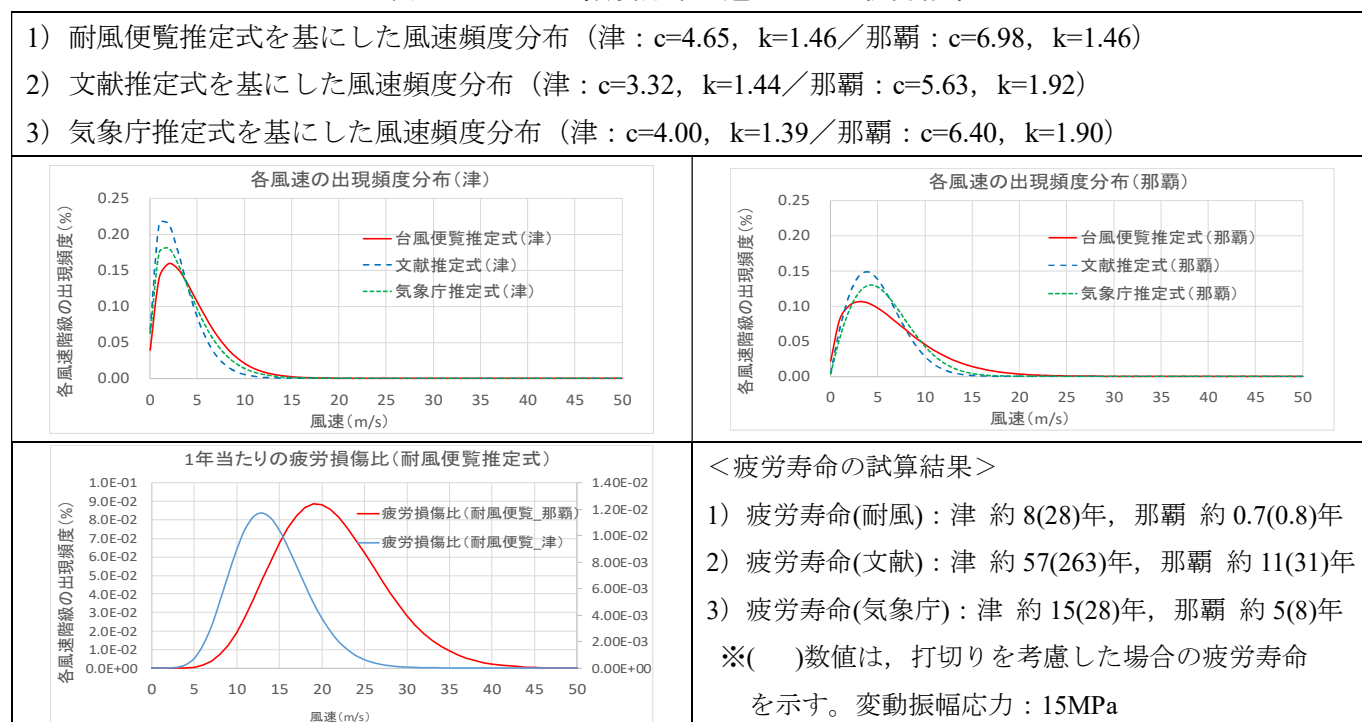
$$P(U) = \exp\left(-\left(\frac{U}{0.166U_{50}}\right)^{1.46}\right) \quad \text{式-1}$$

2つ目のケースは、白石らの研究⁴⁾により、全国の各気象管署で得られた15年間の10分間平均風速記録より、確率統計手法によって各地の風向別風速頻度分布特性を明らかにしており、ワイブル分布によって近似的に推定式(以下、文献推定式)を作成している。その推定式を活用する。3つ目のケースは、気象庁50年データ(1969/1/1~2018/12/31)の3時間ピッチの風速データを使用し、50年間における各風速の割合から出現頻度分布を作成し、ワイブル分布によって近似的に推定式(以下、気象庁推定式)を作成する。

キーワード：継ぎ手の種類、応力範囲、繰返し数、ワイブル分布

連絡先：〒460-0003 名古屋市中区錦1-8-11 電話 052-212-4551

表-3.1 風速の頻度分布の違いによる検討結果



3. 検討結果

風速の頻度分布の違いによる検討結果を表-3.1に示す。なお、表にはワイブル分布のパラメータである尺度係数 c および形状係数 k の値を付記する。

3つの推定式では、那覇(基本風速 45m/s)の方が津(基本風速 30m/s)に比べて尺度係数が大きくなり、分布形状が右側(風速が大きい)に移行する結果となった。また、耐風便覧推定式が他の2つ推定式に比べるとその分布傾向は、もっとも右側に移行している結果となった。津の疲労寿命は、耐風便覧推定式で約 8 年、文献推定式で約 57 年と試算され、約 7 倍程度の差が生じる結果となり、那覇についてもその傾向は概ね同じ結果であった。このため、耐風便覧推定式では、他の推定式に比べ疲労寿命が短く、安全側の評価になっていると推察される。

また、各風速における疲労への影響を確認するため、耐風便覧推定式で算出した各風速の頻度分布を基に1年当たりの各風速の疲労損傷比の結果を表の左下に示す。津では、風速 4m/s~30m/s の範囲で疲労損傷比の影響が大きくなるのに対し、那覇では、風速 5m/s~45m/s の区間で疲労損傷比が大きくなる結果となった。このように、実際の風速の頻度分布を基にワイブル分布で近似的する場合には、出来るだけ疲労損傷比の影響が大きい風速区間で分布形状

が似通うようにあてはめることが重要と考える。

今回の検討結果より、各風速の頻度分布形状により疲労耐久性の評価に大きく影響が生じている。このため、新設の標識柱に対して疲労照査を行う場合、照査の煩雑さを軽減させるため安全側の評価で検討することが重要と考えられるが、一方、既設の標識柱に対しては、地域性を考慮した風速の頻度分布を作成し疲労照査を行うことが重要と考える。

4. まとめ

- 1) 耐風便覧推定式では、他の推定式に比べ疲労寿命を試算すると強風地域(基本風速 45m/s)では、極端に短くなり、安全側の評価となる結果となった。
- 2) 既設の標識柱の疲労耐久性を評価する場合、既往の文献や気象庁等のデータを活用し、対象地域の風速頻度分布を作成し、疲労損傷比の影響が大きい風速区間を合わせることが重要と考えられた。

参考文献

- 1) 山田健太郎他：鋼管柱基部の疲労強度，構造工学論文集，Vol.38A，pp.1045-1054，1992.3.
- 2) 福山雅彦他：標識構造物の現地計測による疲労への影響把握，第33回日本道路会議，論文集，No.2023，2019.11
- 3) 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧，pp.59-85，2007.12.
- 4) 白石成人他：日本の風向別風速発生頻度分布特性 - Weibull パラメータの同定一，日本風向学会，第22号 1984.12.