

1.はじめに

台風等による強風による構造物被害の原因としては、(1) 構造物の破壊強度を上回る風荷重が生じた場合、(2) 変動風荷重や風による振動等による繰り返し荷重効果によって構造物に疲労損傷が生じた場合、(3) 飛散物等の衝撃に伴う場合、等が考えられる。風による疲労損傷に伴う被害は、鉄塔、煙突、照明灯などの比較的風によって振動し易い構造物に観測されてきたが、台風の被害調査から、強風時に大きな繰り返し風荷重の掛かる屋根葺材や外装パネルなどの定着部等についても、疲労損傷に対する十分な配慮が必要であることが次第に明らかになりつつある。

構造物あるいは定着ボルト等の風による疲労損傷の検討は、(1) 風速のレベルと頻度の関係を把握し、(2) 構造物に作用する繰り返し荷重のレベルと回数の関係を決定し、(3) 繰り返し荷重のレベルと構造物の疲労損傷の関係を検討し、(4) 上記の関係をを用いて使用年限中の構造物の累積疲労損傷を算出することによって行う。これには、膨大な観測及び実験データと専門的な知識が必要とされるため、通常の構造物や接合部の設計では風による疲労損傷の検討は行われない。

本研究では、このような煩雑な疲労損傷の検討を、通常の設計業務においても実施できるようにするための方法を検討する。検討にあたっては、建築基準法に定められている風荷重によって設計を行った場合に、疲労損傷に対してどの程度の危険性があるのかを判断するとともに、疲労損傷に対する安全性を確保するためには、どの程度、風荷重を割りませば良いのかを算出する。

2. 荷重レベルと継続時間

図1は、大阪での風速の観測データと台風シミュレーションから、基準風荷重比の超過確率を求めたものである。図の縦軸が超過確率、横軸が再現期間50年を基準とした風荷重に対する比を表している。図1より、荷重比が0.2以上では荷重比の超過確率は指数関数で精度よく近似することができる。即ち、ある荷重を超える確率は以下の式で近似することが可能である。

$$F = 3 \times 10^{-4} e^{-5\beta} \quad (1)$$

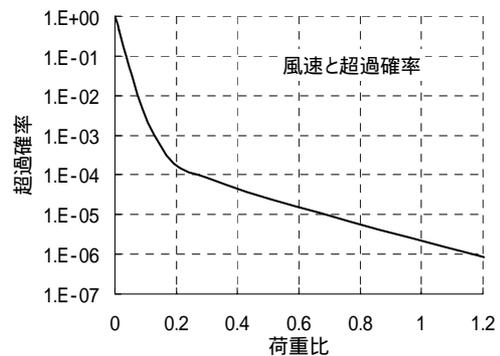


図1 荷重レベルと超過確率

ここに F は超過確率、 β は荷重比である。したがって、ある荷重比以上の継続時間は、(1) 式から求まる F に供用期間を乗じることによって求まる。即ち、単位時間あたりの繰り返し回数を、供用期間を T とすると、供用期間内にある荷重比を越える風荷重が生じる繰り返し回数 n と荷重比の関係は(2)式で表される。

$$N = F \times T \times \nu = 3 \times 10^{-4} e^{-5\beta} T \nu \quad (2)$$

3. 疲労判定

構造物の使用期間を50年、単位時間当たりのピークを1回/秒と仮定した場合、荷重レベルと繰り返し回数との関係は(3)式で表される。

$$N = 4.73 \times 10^5 e^{-5\beta} \quad (3)$$

一方、構造物の疲労荷重と繰り返し回数との関係は(4)式によって近似することができる。

$$N' = 1.5 \times 10^6 e^{-6\gamma} \quad (4)$$

疲労損傷の度合いは、(4)式で表される疲労限度に対する、荷重の繰り返し回数の比で表され、その累積和が1を超える時に疲労破壊が生じる。即ち、

$$\sum \frac{n(\beta_i)}{N'(\beta_i)} = \int_0^P \frac{dN(\beta)}{N'(\beta)} = \int_0^P 1.58 e^{\beta} d\beta = 1.58(e^P - 1) > 1$$

が成立すればパネルは破壊する。ここに、 P は計算上の上限荷重を表す。上式を用いれば、構造物あるいは部材の疲労特性に応じた疲労損傷の度合いを算定することができ、疲労損傷に対して安全な荷重レベルを定めることが可能である。