

自然風中の風圧の特性とその解析方法

河井宏允・奥田泰雄

1. はじめに

自然風において観測された建物に作用する風圧変動は、風洞実験によって得られた風圧変動に比べて極めて非定常性が大きいことが、従来から指摘されてきた。これは、自然風そのものの持つ非定常性が、風洞では十分に再現することができないためであると考えられる。したがって、風洞実験の風圧変動を自然風中に建設される実建物に応用しようとする場合、自然風で観測される観測結果を、自然風自体の持つ非定常性によるものと、建物周りの流形形成に伴うものとに適切に分け、後者のみに風洞実験結果を適用することが望ましい。この為には、自然風の観測データを分ける適切な評価時間を見いだす必要がある。本研究では、潮岬風力実験所で観測された大スケールの建物模型 ($2 \times 2 \times 8\text{m}$ 、実物の約 $1/10$) の壁面に作用する同時風圧測定結果を用いて、適切な観測時間の定め方を述べるとともに、それに基づいた風圧力の評価結果を報告する。

2. 自然風の風圧変動の定式化

自然風において観測された風圧変動を観測すると、速度圧変動に準定常的に追従する長周期成分と、建物周りの流形形成に伴って生じる短周期成分より成り立っていることが分かる。即ち、風圧変動は、

$$p(t) = \bar{p}(t) + \hat{p}(t) = \frac{1}{2} \rho \bar{V}(t)^2 C_p (\bar{\theta}(t)) + \hat{p}(t)$$

で表すことができる。上式の右辺第1項が自然風の非定常性を表す準定常成分、第2項が流形形成に伴う風圧力成分である。 $\bar{p}(t)$ 、 $\bar{V}(t)$ 、 $\bar{\theta}(t)$ は、それぞれ評価時間 T に対する平均風圧、平均風速、平均風向を表し、時間とともにゆっくりと変動する。

3. 評価時間の決定方法

観測された速度圧変動と風圧変動データに様々な評価時間で移動平均を施した後、それらの相互相関を計算し図1に示した。評価時間10秒以上では、側面及び背面を含めて、速度圧変動との相関は0.8以上と大きく、10秒以上の風圧変動は、どの面においても速度圧変動に準定常的に追従して生じると考えてられる。どの面とも、相互相関は10秒から1秒の間に急激に減少する。なお、図に示した評価時間は、実物建物に換算したものである。

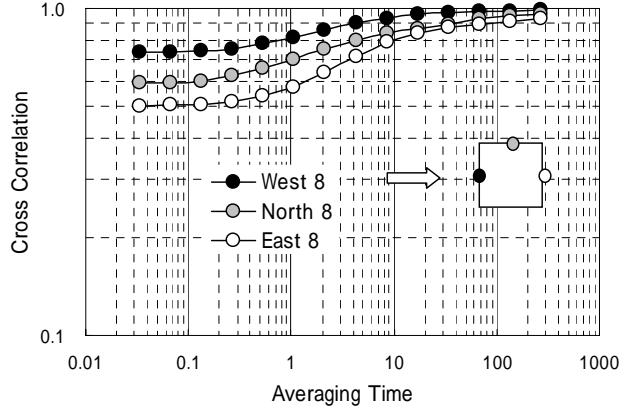


図1 風圧変動と速度圧変動の相互相関の評価時間による変化（長周期成分）

図2は、流形形成に伴う風圧変動成分と短周期の速度圧変動成分との相互相関を調べたものである。解析は、評価時間に対応する平均速度圧や平均風圧を差し引いた残りのデータに対して、相互相関を求めている。したがって、この図の最も大きい評価時間の相互相関値は、図1の最も小さい評価時間の相互相関とほぼ一致する。図から分かるように、この場合も、評価時間が10秒以下では、相互相関は急速に減少し、1秒以下では相互相関はどの面とも0.1以下となる。即ち、1秒以下の高周波数成分は、速度圧変動とはほとんど関係がない。

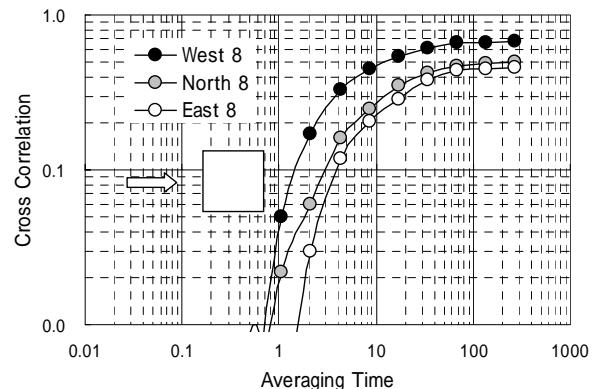


図2 風圧変動と速度圧変動の相互相関（短周期成分）

3. 結論

以上の解析により、速度圧変動に伴って準定常的変化する成分と、流形形成に伴う成分とを分ける適切な評価時間は、約3秒程度であると考えられる。