

翼のガスト応答に関する基礎的研究

京都大学工学部 正員 白石成人 京都大学大学院 学生員 丸山 俊
 京都大学工学部 正員 松本 勝 京都大学大学院 学生員 ○森野純孝
 京都大学大学院 学生員 金川昌義

1. まえがき

吊橋や斜張橋などの剛性の比較的小さい長周期構造物の補剛桁はトラス桁、扁平六角断面などのように耐風的には平板状構造物と考えられ、航空工学の分野でその空力特性が右から研究されている薄翼の空気力学的な性質を明らかにすることは、実橋の耐風性を知る上で基礎的なことであり、ここでは自然風の乱れによる強制振動外力を評価するための簡単な考察を行なう。

2. ガスト応答の性質について

風洞実験により、2次元模型として薄翼のNACA0012および六角断面を用いて、風速の変動によるたわみ応答を調べた。変動風は風洞上流に設置した6枚の翼を持ち、可変装置をもつた変動風発生装置により生じさせ、変動風の種類の単一正弦波、合成正弦波および風洞内で乱流境界層発生装置を用いてつくられた境界層乱流を可変装置に入力して再現したガストの3つである。測定された変動風の波形および応答の記録を一例として図1に示し、スペクトル解析結果も同時に示す。これはNACA0012の場合であり迎角は0度、平均風速4m/sである。これから次の事項が言えよう。

1) 単一正弦波による応答は変動がなめらかであり、変動風の周波数が最高24までしかつくれなかつたため、高周波の場合については不明な点もあるが、最大たわみは倍率で2mmぐらいであり、風速の変動中は0.3m/s程度である。応答の周波数は変動風のそれと一致しており強制振動となっている。

2) 合成正弦波では応答の倍率は1)の場合の倍程度である。応答波形は弱干乱れている。スペクトル図から明らかのように各正弦波の周波数と応答の周波数と一致がみられる。

3) 境界層ガストによる実験結果は、1)、2)とは次の点で相違がみられる。

(a) ガストの変動中は他の場合とあまり変わらないが、応答の最大値は目に見えて大きくなる。その振動状態もゆるやかでなく衝撃的な激しい変化がみられる。

(b) 風の変動成分中はスペクトル図からわかるように低周波成分が連続的に分布しているが、応答の周波数はほとんど系の固有振動数である。

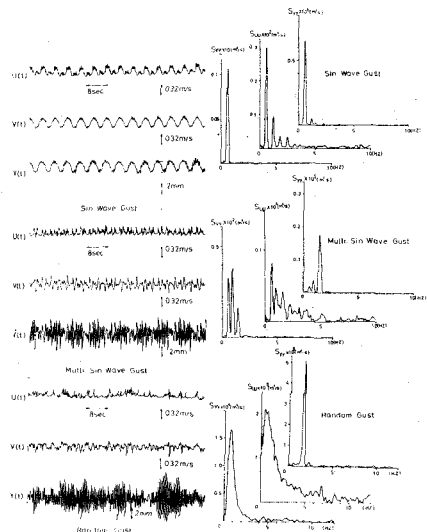


Fig.1 変動風による応答記録の例

自然風は二の可変翼により再現されたものほどの程度相似性があるかは明らかでない点もあるが、2H₂以下については一つのがストの例と考えるならば、(a), (b)の2点は自然風による空気力のモデル化の上で一つのヒントを与えている。すなわち、ガストの場合は正弦波と比較して風が衝撃的に作用しているとも考えられる。

3. 空気力の *Indicial Function* による評価について

以上のようなガスト特性からステップ関数あるいは衝撃応答関数による空気力としての *Indicial Admittance*、その時間微分が意味をもつてくる。これについては、R. H. Scanlan⁽¹⁾ や Ali. Sabzevari などの研究、古くは Wagner 問題、Küssner 問題⁽²⁾ などが有名である。Wagner 関数は薄翼がある迎い角をもつて動主出する場合と同じ状態の風を受けたとする揚力の時間過渡変化を与え、Küssner 関数は静止翼にステップガストが *leading edge* から作用していく場合の揚力の時間的成長を要する。したがって、これらの *Indicial Admittance* を用いて、自然風の乱れによる変動揚力を Duhamel 積分により求めることが出来る。すなわち、 $\psi(\tau)$, $\psi(\tau)$ をそれぞれ Küssner 関数および Wagner 関数とすると、鉛直変動風を $v(t)$ とし、変動揚力は次の式で与えられる。($\tau = Ut/b$: 無次元時間)

$$L(\tau) = 2\pi\rho b U^2 \int_0^\tau \frac{v(\sigma)}{U} \cdot \frac{d\psi(\tau-\sigma)}{d\tau} d\sigma$$

あるいは

$$L(\tau) = 2\pi\rho b U^2 \left\{ \frac{v(\tau)}{U} \psi(0) + \int_0^\tau \frac{v(\sigma)}{U} \cdot \frac{d\psi(\tau-\sigma)}{d\tau} d\sigma \right\}$$

この式中 $d\psi/d\tau$, $d\psi/d\tau$ は単位衝撃による応答を表わす。Küssner 関数は図 2 のように 0 から 1 へ、Wagner 関数は 0.5 から 1 へ単調に増加するから、その時間微分である単位衝撃による応答は Wagner 関数の方がゆるやかにゼロに落ちる。これは、自然風ガストによる不規則振動現象を考えると、Wagner 関数による揚力が Küssner 関数による揚力と比べて、その直前の時間の風の作用をより受けることを表わしている。

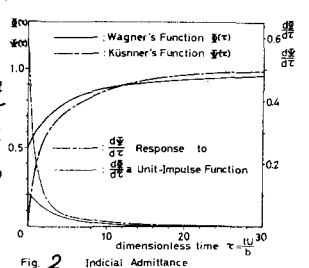


Fig. 2 Indicial Admittance

4. あとがき

自然風ガストの作用は正弦波変動流に比べて衝撃外力的である。したがって *Indicial Function* を用いた空気力としての評価は、それが風波数での議論の補助手段としてではなく現象面から大いに意味のあるところであり、*Indicial Admittance* の再検討が必要であろう。さらに詳しくは当日発表の予定である。また、ガストによる強制振動現象について、空力減衰力が風の主流変動成分により変化することが考えられ、それがガストによる応答にどのような影響があるのかについても検討が必要であろう。最後に、終始暖かい御指導いただいた岸本章士氏、ならびに風角博文氏に心から感謝いたします。

参考文献

(1) R. H. Scanlan etc.: *Indicial Aerodynamic Loading Functions for Certain Structural Forms*, ASCE, N. S. E. M., April, 1974 (2) Y. C. Fung: *The Theory of Aeroelasticity*, J. Wiley, 1965