

橋梁基本断面の空力増幅関数に関する実験的研究

京都大学工学部 正員 白石 成人
 京都大学工学部 正員 岡南 博夫

京都大学工学部 正員 松本 務
 日本国有鉄道 正員 丸山 俊

1. よえがき

長大吊橋の耐風設計を行なう場合、自然風の乱れに起因する不規則強制振動は、部材疲労の問題等を含み、近年極めて重要な問題となっている。従来よりこの問題は、A. G. Davenportの研究にみられるように、統計的手法を用いて、設計風速の割増しとして耐風設計にとり入れられようとしている。しかし、この方法だけでは、変動風速の不規則性が吊橋に与える影響を定量的に把握し合理的な設計を行なうには十分とはいえない。中でも、変動風速と変動空気を関係づける空力増幅関数の把握が重要である。本研究においては、橋梁基本断面の空力増幅関数を風洞実験より求め、理論解の示されている薄翼との比較を行なうことにより、空力増幅関数に影響を及ぼす要因の解明を行なうものである。

2. 揚力伝達関数

風洞実験において対象とした橋梁基本断面を右図-1に示す。薄翼 NACA-0012 は、理論的比較を行なう目的で実験を行なった。入力となる変動風は可変翼による二次元変動風、および格子による三次元乱流である。また、出力として AC 三分力天秤により直接揚力を測定した。構造断面に鉛直成分変動風速 $u(t)$ が作用することにより、生じる単位長さ当りの変動揚力 $L_a(t)$ を次式で表わす。

$$L_a(t) = 2\pi\sigma b U u(t) \cdot Ad(k) \quad (1)$$

ここで、 $Ad(k)$ を揚力伝達関数と呼ぶものとする。式(1)の両辺のパワースペクトルを取ることにすると、 $Ad(k)$ は次式で表わされる。

$$|Ad(k)|^2 = \left(\frac{1}{2\pi\sigma b U}\right)^2 \cdot \frac{S_u(\omega)}{S_u(\omega)} \quad (2)$$

上式により、求めた揚力伝達関数の実験結果を図-2 (NACA0012)、図-3 (トラス桁剛断面 KT) に示す。入力は二次元変動風であり、各図中 ●印は単一正弦波を入力とした場合、○印は不規則変動風を入力とした場合、●印は周期的変動成分の卓越する物体の wake (短辺:長辺 = 6^{cm}:30^{cm} 矩形断面後方 1.2m) を入力とした場合を示す。薄翼についての実験結果は理論式である Sears 関数の絶対値 $|S(k)|$ と、これを静的空気係数勾配で補正した曲線の範囲内に

ある。また KT 断面は平板状構造断面にもかかわらず、Sears 関数とは傾向が異なり、まいることがわかる。これはトラス面の充実率が大きいことも一因と考

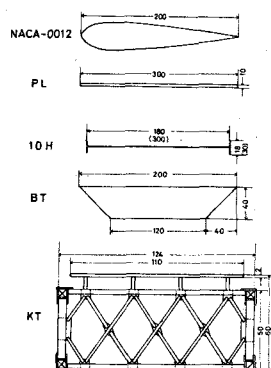


図-1

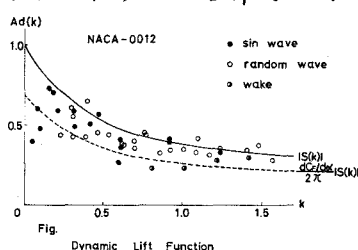


図-2

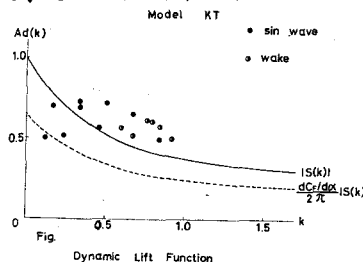


図-3

えられろが、今後検討を加える必要がある。次に、格子乱流を入力とした場合の揚力伝達関数はスパン方向へ入ガストの低減効果を加味する必要があり、ある1点での測定変動風速のパワースペクトル $S_v(\omega)$ と構造断面に圧力を生じさせるのに有効なパワースペクトル $S_{ev}(\omega)$ の間には、次式の関係があるものとする、

$$S_{ev}(\omega) = C(\omega) \cdot S_v(\omega) \quad (3)$$

ここで、 $C(\omega)$ は風速の空間スペクトル相関であり、近似的に次式で与えられる。

$$C(\omega) = \int_0^0 \int_0^0 R(x, x'; \omega) dx dx' \quad (4)$$

$$R(x, x'; \omega) = \exp\left\{-\frac{|x-x'|}{L(\frac{\omega}{U})}\right\} \quad (5)$$

ここで、 $L(\frac{\omega}{U})$: 乱流のスケール

これより揚力伝達関数は次式で与えられる。

$$\{Ad(k)\}^2 = (\frac{1}{2} \rho F b U)^2 \cdot S_{ev}(\omega) / (C(\omega) \cdot S_v(\omega)) \quad (6)$$

実験結果を図-4、図-5に示す。薄翼の結果より、三次元揚力係数は、この方法である程度評価できるものと思われる。

2. 非定常揚力伝達関数

線形自由度系を狭帯域フィルタを用いて調和解析を行うことにより、出力として鉛直方向変動風速および変動揚力の各非定常パワースペクトルを求めることにより各周波数成分の揚力伝達関数を時間の関数として求めることができる。結果を図-6、図-7に示す。これより薄翼に比べ逆梯形断面の方が非定常性が強く、はく離流の影響と考えられる。また図中に、評価時間10秒の自己相関関数より定義される乱流のスケールを示すが、この乱流のスケールの時間変化特性と低周波成分の揚力伝達関数の時間変化特性の傾向が似ていることがわかる。これより、入力の非定常性が揚力伝達関数を変化させている可能性があり、特に低周波数にその傾向が顕著であるものと思われるが、解析上の問題点等も含め、この点については、今後検討を加える必要がある。

3. 結論

本研究により、揚力伝達関数は断面特有のものであるとともに、この関数に影響を与える因子はさまざまあり、特に時間領域でガスト応答を評価する場合、この点を加味して揚力伝達関数を決定する必要があるものと思われる。

最後に、終始御熱心に御指導いただいた、中部工業大学小西一郎教授に感謝の意を表します。

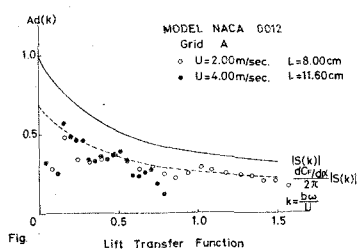


図-4

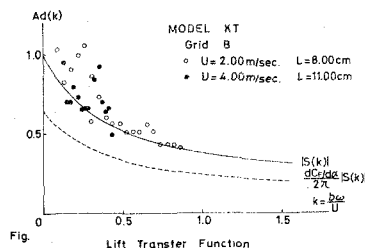


図-5

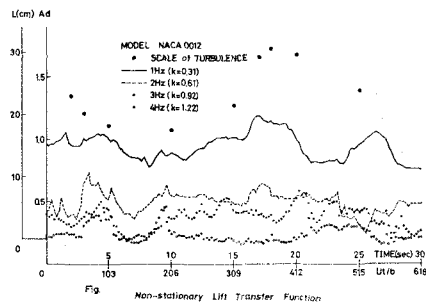


図-6

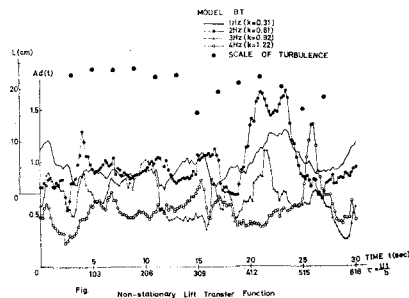


図-7