

長大構造物の風に対する安全性について

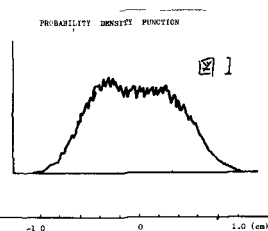
京都大学工学部 正員 小西一郎
 京都大学工学部 正員 白石成人
 大阪府 正員 〇村田新一郎

1. まえかき

構造物の耐風性に関する研究は、未解決の問題が多く、その応答特性についての解析の多くは、模型を用いた風洞実験に頼らざるを得ない段階である。本研究はこうした風洞実験によってえられた縮尺模型の応答について、評価を加え、さらに、実橋についての安全性に評価を加えるための、一助となるために行なわれたものである。風洞実験結果に対しては、風の作用によって生じる、振動系のたわみねじれ連成振動の、フラッターをおこす付近で発生する特有の応答に対する評価を加えた。また、模型応答の実験結果と、計算値によってえられた結果との比較を行なった。実橋として、本州四国連絡橋(明石ルート)を例にとって、その安全性について、若干の評価を加えた。

2. 解析法

風に対する応答の風洞実験結果をみてみると、限界風速付近では、1次の確率密度関数は、0付近で下がってきて、図1のような形をしたものが、得られている。ここではまず、こういう1次の確率密度をもつものに対しての、シミュレーションを考えた。確率過程 $X(t)$ として、次式のように、sinusoidal な波と、ガウスホワイトノイズの重ね合わせとして、表わした。



$$X(t) = a X_0(t) + \mu X_1(t) \quad (1)$$

ここで $X_0(t) = \sin(\omega_m t + \varphi)$ φ ; $0 - 2\pi$ に一様分布

$X_1(t)$; 平均値が0、分散が1のガウスホワイトノイズランダム過程

a は $X(t)$ の代表的な片振幅、 μ は、ガウスホワイトノイズの貢献度である。

$X(t)$ の1次の確率密度は、式(2)のようになる⁽²⁾。また、 $X(t)$ と $\dot{X}(t)$ の結合確率密度は、式(3)のようになる。

$$P(x) = \frac{1}{\mu \pi \sqrt{2\pi}} \int_0^{2\pi} \exp \left\{ -\frac{(x - a \cos \theta)^2}{2\mu^2} \right\} d\theta \quad (2)$$

$$P(x, \dot{x}) = \frac{1}{(2\pi)^2 \mu \dot{\sigma}^2} \int_0^{2\pi} \exp \left\{ -\frac{B(\theta)}{2\mu^2 \dot{\sigma}^2} \right\} d\theta \quad (3)$$

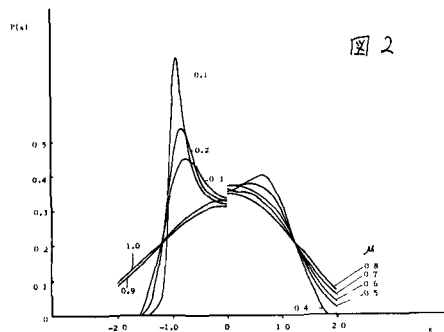
ここで $B(\theta) = (x - a \sin \theta)^2 \dot{\sigma}^2 + (x - a \omega_m \cos \theta)^2 \mu^2$

$\dot{\sigma}^2$ は $\dot{X}(t)$ の分散

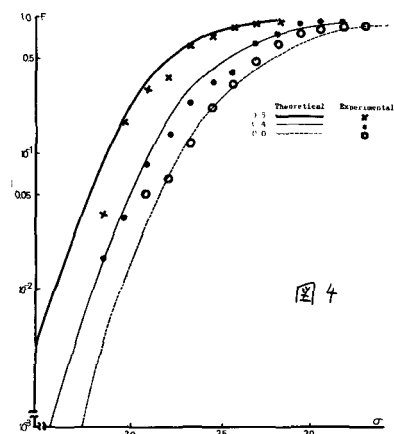
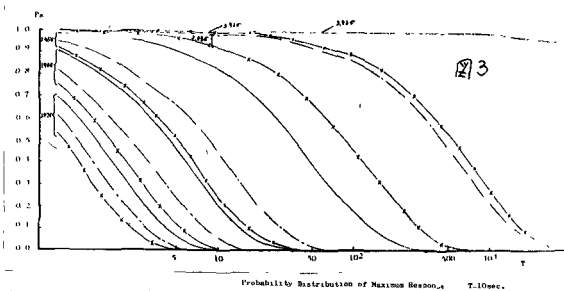
式(2)より $P(x)$ を計算して $a=1$ として、 μ をパラメーターにして示したものが、図2である。これ

をみれば、 μ が小さくなるに従って、sinusoidal な波の確率密度に近づき、また μ が大

きくなるにつれて、正規分布に近くなるようすがわかる。次に、上の確率密度を使った、



初通過破壊の問題を考えた⁽¹⁾。従来の研究では、実際の適用としては、ほとんどが、ガウスランダム過程として、取扱われている。ここでは、上で考えたシミュレーションに対して破壊を考えている。破壊の到着が独立であると仮定すると、ポアソン過程が成り立つが、これは厳密に成り立つのは、ホワイトノイズの場合と考えられる。今の場合、破壊の基準より sinusoidal な波の部分を含いて、破壊の基準が時間によって周期的に変わると考えることができる。このようにして、 α と μ の比を変えて残存確率を求めたものが図3である。この場合、sinusoidal な波と、ガウスホワイトノイズの分散、及び速度過程の分散は、元のパワースペクトルより決め、ホワイトノイズとしたものの速度過程の分散が決まるから、これは理想的な、ホワイトノイズではない。上で求めたものの妥当性を確かめるため、数値実験を行なって、最大応答の確率分布を求め、比較したものが、図4である。

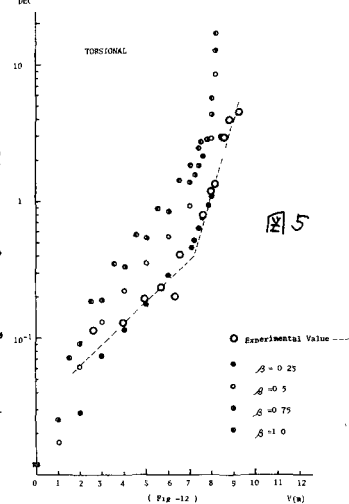


突橋の評価としては、疲労の問題をとり扱った。ここでは、風の乱れに起因する吊橋の鉛直方向の振動応答のみを考えて、マイナーの方則を使った。

3. 考察

1) 上で述べたようなシミュレーションにより、風洞実験で得られたものとよく似た1次の確率密度をもつものが得られた。しかし、応答の確率構造のすべては、把握できていない。しかし、少なくともこの方法を使って破壊確率を求めると、従来の方法で解析されるよりずっと小さくなることが分った。

2) 模型(本四連絡橋補剛トラス断面)のためおなじ振動の応答解析⁽³⁾では、実験値と計算値の間に、おおよそ一致した特性をつかむことができた。図5に、その一例として、おなじ応答の RMS value を示す。



3) 風による吊橋の疲労については、ここで取扱った限りでは、非常に小さいことがわかった。しかし、ここでは風による疲労の問題に対して、その一部を取扱っただけで、今後さらに多方面にわたる研究が必要であろう。

なお実験値は、京都大学工学部土木工学教室橋梁研究室において行われたものを用いた。
参考文献 1) Lin, Y. K. Probabilistic Theory of Structural Dynamics edited by McGraw-Hill 1967

2) Rice, S. O. Mathematical Analysis of Random Noise, Selected Papers on Noise and Stochastic Processes

3) Siraishi, N. A. Few Fundamental Investigations on Aerodynamic Response Characteristics of Plate-like Structures in Fluctuating Gusts.