

吊橋の信頼性に関する一考察

京都大学工学部	正員	工博	小西一郎
京都大学工学部	正員	工博	白石成人
日本鋼管	正員	工修	○北川貴一

1. まえがき

近年、土木構造物の信頼性解析が多く研究者によってなされているが、それらの研究は大きく分けて次の二つに分けられると思われる。

a. 静的外力を受ける構造物の信頼性解析

b. 変動外力を受ける構造物の信頼性解析

a. は土木構造物の受ける外力のことを考えると、また長大吊橋のような非常にフレキシブルな土木構造物を考えると、簡単な解析法ではあるが非現実的な考え方であり、b. では、現在のところ構造物の抵抗を既知とした初通過破壊の問題として取扱われているに過ぎないが、もし構造物の抵抗をも不規則変数として考えるならば、*gust factor* のような荷重割増し係数を用いて動的応答を静的応答に置換して信頼性解析を行なうといった方法が考えられる¹⁾。しかし、*gust factor* のような荷重割増し係数を用いることは、架空の外力に対して信頼性解析を行なっていることになり、真の破壊確率を求めていることにはならない。そこで、ここでは変動風を受ける吊橋の信頼性解析を行なう場合、真の破壊確率の推定法の基本的な考え方を述べ、更に信頼性解析を根拠とした *gust factor* の決定法について簡単に述べる。

2. 変動外力を受ける構造物の信頼性解析

変動外力、特に変動風のような外力においてはその平均値自身もある分布に従って発生するため、変動外力を受ける構造物の破壊確率を求める場合には、外力に対して平均値の分布と変動成分の分布の両方を考慮する必要があると思われる。(図1参照)

そこで、構造物の抵抗を R 、応答を S とし、 S は平均値と変動部分の和で表わされるとすると、破壊確率 P_f は次のようになる。

$$P_f = P_r[R \leq S] = \int_0^{\infty} P_r[(S_0 = s_0) \cap (R \leq S^*)] ds_0 = \int_0^{\infty} P_r[S_0 = s_0] \cdot P_r[R \leq S^*] ds_0$$

$$P_r[R \leq S^*] = \int_0^{\infty} P_r[(R = r) \cap (r \leq S^*)] dr = \int_0^{\infty} P_r[R = r] \cdot P_r[r \leq S^*] dr$$

$$\therefore P_f = \int_0^{\infty} f_{S_0}(s_0) \int_0^{\infty} f_R(r) \cdot P_r[r \leq S^*] dr ds_0 \quad \dots (1)$$

ここで、 $f_{S_0}(s_0)$ は 10 分間平均風速のような変動外力による応答の平均値の確率密度関数であり、 $f_R(r)$ は抵抗の確率密度関数である。また S^* は応答の平均値が s_0 として具

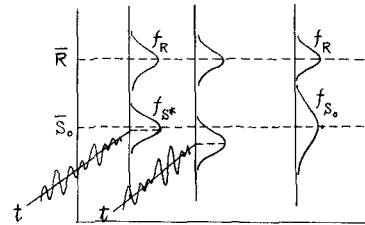


図-1

体化された時の応答である。

式(1)の $P_r[r \leq S^*]$ は初通過破壊の問題²⁾として従来から研究されているが、その厳密解はまだ発見されていないようである。そこでこの問題に対して、 S^* は定常で、初通過破壊は独立に発生すると仮定すると、時間々隔 $(0, t]$ 内の破壊の発生数は定常増分をもつポアソン過程となるので、

$$\left. \begin{aligned} P_r[r \leq S^*] &= 1 - \exp(-\lambda t) \\ \lambda &= \int_{-\infty}^{\infty} |\dot{s}^*| f_{\{s^*\}|\{\dot{s}^*\}}(r, \dot{s}^*) d\dot{s}^* \end{aligned} \right\} \quad \dots (2)$$

となり式(1)は解析可能となることがわかる。

3. gust factor の決定法

前節の式(1)において、gust factor G_u を導入し、 $S^* = G_u \cdot A_0$ として変動応答を静的応答に置換すると、 S^* の分布は考慮する必要はなくなり、

$$\int_0^{\infty} f_R(r) P_r[r \leq S^*] dr = F_R(G_u \cdot A_0) \quad \dots (3)$$

F_R : 抵抗の確率分布関数

となるので、破壊確率は次のようになる。

$$P_f = \int_0^{\infty} f_{S_0}(A_0) F_R(G_u \cdot A_0) dA_0 \quad (4)$$

従がって、信頼性解析を根拠にして gust factor を決定するに、式(3)が成立するようにすればよいことがわかる。

4. 問題点及び今後の課題

2節において変動外力から変動応答への変換が可能であると仮定しなければ抵抗と応答の大小比較は不可能であるが、この変換では抵抗が不規則変数であるため、抵抗の平均値を用いて応答計算をするなどして解析を行なう必要がある。また変動応答がその平均値によって異なった分布に従う場合にも式(1)の計算は不可能となる。更く2節で述べたように、初通過破壊の厳密解がまだ発見されていないので近似解を用いねばならず、これらの点が今後の課題として残っていると思われる。

参考文献

- 1) I. Konishi, T. Kitagawa, M. Katsuragi ; " Structural Reliability Analysis Considering Strength Assurance Level " Reliability Approach in Structural Engineering, May 1974, Tokyo
- 2) Y. K. Lin ; " Probabilistic Theory of Structural Dynamics " McGraw-Hill, 1967