I-290　振動感覚から見た橋梁の使用性について

金沢大学工学部　正会員　小堀為雄
福井工業大学　正会員　○梶川康男

1 まえがき　構造解析の目的は、耐用期間中に許されないような、あるいは好しくないような状態が生じないことの確実さを求めることにある。絶対に壊れることのない橋の設計は不可能であるが、壊れることの少ない橋の設計は可能である。また、構造物は統一された思想で解析・設計されねばならない。安全性が信頼度あるいは破壊確率にて評価されるならば、使用性もまた確率にて評価さるべきであろう。そこで、快適な使用状態が損なわれる確率を「さまざまな載荷状態によって生ずる橋の振動が歩行者に好しくない反応を生起させる確率」と定義し、損傷確率（仮称）と呼ぶことにする。これを破壊確率と対比して示すとつぎのようになる。

安全性, 荷重 ──→ 構造モデル ──構造解析──→ 断面力 (S) ──→ 破壊確率 $P_f = Prob(S>R)$ ←── 材料強度 (R)

使用性, 動的荷重 ──→ 振動モデル ──動的応答解析──→ 振動の刺激としての動的応答量 (S) ──→ 損傷確率 $P_d = Prob(S>R)$ ←── 歩行者の感覚 (R)

SとRとが独立であれば P_f ならびに P_d はともに次式にて求めることができる。

$$\left.\begin{matrix}P_f\\ P_d\end{matrix}\right\} = \int_0^\infty f_S(x)\left\{\int_0^x f_R(y)\,dy\right\}dx = \int_0^\infty f_S(x)F_R(x)\,dx \qquad (1)$$

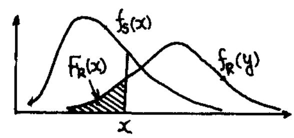

図-1 破壊確率と損傷確率

2 歩行者の心理的反応確率　歩行者の中には感じやすい人、感じにくい人がいる。また、同じ人でも時と状況によって反応が変わるであろう。したがって、同じ刺激に対して反応がかなりばらつくことが考えられる。図-2は筆者らの実験結果[1]の一部であり、振動刺激としての振動速度とその累積反応分布を示したものである。これらの累積分布はほぼ正規型であると考えることができる。

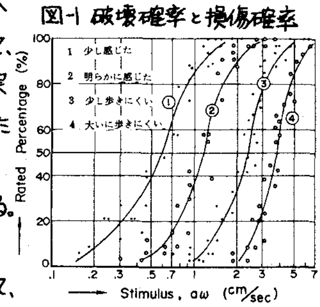

図-2 心理的反応分布

3 刺激の発生確率　本文では歩道橋を考え、荷重として歩行者を考える。歩行者の到着時間が位相 k のアーラン分布に従うものとすると、微小時間間隔 (Δt) 内に i 人がいる確率は $ke^{-k\lambda\Delta t}(k\lambda\Delta t)^{ik+k-1}/(ik+k-1)!$ となる。そして、時間Tを N個の微小区間 $(\Delta t = T/N)$ に分けた時、ある配列状態になる確率 $P_S(n)$ は j 区間に i_j 人がいる確率の積となり、つぎのように表わされる。

$$P_S(n) = \frac{k^{N-1}\,{}_kP_T(n)\cdot(nk+k-1)!}{N^{nk+k-1}\,N^{(N-1)(k-1)}}(k\lambda T)^{(N-1)(k-1)}\prod_{j=1}^{N}\frac{1}{(i_jk+k-1)!} \qquad (2)$$

ここに、$n=\sum_{j=1}^{N} i_j$, ${}_kP_T(n)$ は区間T内に n 人がいる確率である。

4 刺激の大きさ　ある歩行者は橋上にいる間に、自らひき起こす振動のほかに自分よりも前にいる人によって起こされた強制振動と減衰振動の影響を受け、自分よりも後にいる人によって起こされる強制振動の影響を受ける。（図-3参照）これらの合計が刺激となる。時間間隔τだけ離れた人によって受ける影響を文献[2]に示したような応答スペクトルにて計算しておけば、ある配列の時の刺激を求めることができ、その発生確率は $P_S(n)$ となる。すべての配列を考えれば刺激の分布 $f_S(x)$ を求めることができ、式(1)にて損傷確率が計算できる。

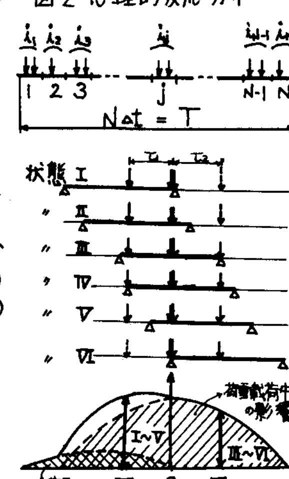

図-3. 刺激の発生確率と大きさ

参考文献　1) 小堀・梶川：橋梁振動の人間工学的評価法，土木学会論文報告集第230号
2) 小堀・梶川；単一動荷重に対する道路橋の振動感覚，土木学会論文報告集第248号