

大阪大学工学部 正会員 前田 幸雄  
 大阪大学大学院 学生員 〇秋山 寿行

1. まえがき 近年、構造物の安全性の解析に対して、信頼性を導入し、確率論的観点から安全性を究明しようという研究が、漸く盛んになりつつある。本研究は、対象構造物として(活荷重)合成桁橋を選び、主桁における作用応力を推定し、その作用応力および材料強度の統計的ばらつきについてのみ着目して、数値計算をもとに安全性評価について考察するものである。

2. 計算方法 静的と疲労の2つの強度から破壊確率を求める。材料強度を $R$ 、作用応力を $S$ 、それぞれの確率密度関数を $f_R(x)$ 、 $f_S(y)$ 、累積確率関数を $F_R(x)$ 、 $F_S(y)$ とすると、載荷回数1回に対して、静的破壊確率は次のようになる。

$$P_{sn} = P\{R \leq S\} = \int_0^{\infty} f_R(x) \left\{ \int_x^{\infty} f_S(y) dy \right\} dx = \int_0^{\infty} f_R(x) \{1 - F_S(x)\} dx \quad (1)$$

(したがって、たとえば道路橋のように載荷回数 $n$ 回の場合、それまでに破壊する確率 $P_{sn}$ は、

$$P_{sn} = \int_0^{\infty} f_R(x) \{1 - F_S^n(x)\} dx \quad (2)$$

となる。一方、疲労破壊の場合は、 $S-N$ 曲線が基礎となる。現在までに、数多くの疲労被害則およびその修正法が提案されているが、本研究では修正直線被害則を採用する。疲労破壊確率 $P_{fn}$ は次のようになる。

$$P_{fn} = P\left\{ \frac{S}{N_0} > 1 \right\} = P\left\{ \frac{n}{N_0} \int_0^{\infty} S^\theta f(S) dS > 1 \right\} = P\left\{ \frac{n}{S_0} \int_0^{\infty} S^\theta f(S) dS > N_0 \right\} \\ = \int_0^{\infty} f_{N_0}(x) dx \quad (C = \frac{n}{S_0} \int_0^{\infty} S^\theta f(S) dS) \quad (3)$$

ここに  $S$ : 応力レベル,  $S_0$ : 基準となるレベル,  $n$ : 載荷回数,  $N$ : 応力 $S_0$ に対する疲労寿命,  $\theta$ :  $S-N$ 曲線の傾き,  $f(S)$ :  $S$ の確率密度関数,  $f_{N_0}(x)$ : 応力振幅 $S_0$ の片振疲労寿命の確率密度関数

道路橋の主桁に発生する実働応力の波形は、図1のように高周波成分を含んだものである。静的破壊に対しては、ピーク応力が重要であり、疲労破壊に対しては応力計数法上、ピーク応力を数える方が便利である。(したがって、本研究の対象とする作用応力は、高周波成分を除いた波形の極大値(ピーク応力)とする。なお、この高周波成分を除くことについては、それほど影響を及ぼさないとと思われる。

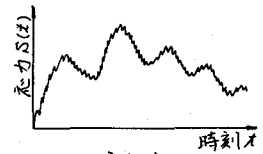


図1 実働応力波形

ピーク応力の確率密度分布は、次に述べるピーク応力発生に必要な十分条件より求めることができる。

- 1) 着目点に1つの集中荷重がある。
- 2) 着目点の前後のそれぞれの荷重合計の差が、着目点に作用する集中荷重より小さい。(ただし、この条件は、着目点が支間中央の場合に限る。)

具体的な計算順序は、図2に示す。

3. 計算例とその結果 橋梁の安全性評価にとって、自動車総重量は重要な因子である。そこで、昭和47年11月の建設省の調査をもとにして、自動車総重量分布のモデルを設定する(図3)。モデルは、重量車混入率の大小に重点をおき、まず、混入率の大きいものとして国道4号線(福島県白河市)、次に、小さいものとして国道32号線(高知市御座)、そして、中間的なものとして全国平均の3つとする。総重量分布は、一般に、小型車、大型車について、それぞれ正規分布あるいはPearson系I型があてはまるといわれている。ここでは、自動車を小型車、中型車、大型車の3種からなり、各車種ごとに正規分布があてはまるものとする。そして、それらの正規分布を重ね合わせることにより、総重量分布を表わす(図3)。その他の因子としては、車頭間隔(自動車存在台数)の大小を考慮する。

材料(SM50)の静的強度と疲労強度との分布型は表1のように設定する。対象とする道路橋は、「活荷重

合成桁橋標準設計」(建設省道路局監修、建設省土木研究所設計・昭38)より選ぶ(表2)。応力算定位置は、外桁の支間中央下フランジの下縁とする。耐用年限(橋梁の場合は50年とする)内の評価は、載荷回数 $2 \times 10^6$ 回に対応する破壊確率でもって行なう。

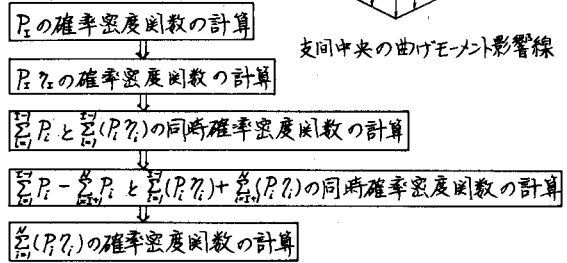
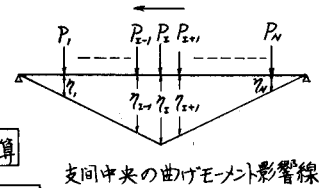


図2 ピーク応力計算順序

計算結果(図4)より、次のことがわかる。

- 1) 重量車混入率の大小の効果が大きい。
- 2) 橋上の単位長さ当たりの自動車平均存在台数の効果は小さい。
- 3) 支間長24mに比べて、40mの方が破壊確率が小さい。
- 4) 重量車混入率が小さい場合は、耐用年限内の疲労破壊確率は非常に小さい。

4 考察 一般に、実橋の破壊確率は、この計算

結果よりも小さいと推定される。その考えられる要因としては、床版や横桁、横構などによる荷重の分散のため、実働応力が推定応力よりも小さいということである。これに関連して、自動車総重量の扱ひ方にも問題がある。それは、作用荷重に対して、最速軸距の大小を考慮していないということである。最速軸距が大きい場合は、総重量を集中荷重として扱うことはやはり不都合である。

車頭間隔の分布について、本研究の応力推定法としては、橋上の自動車存在台数に着目して行なっているが、その載荷位置については考慮せず一様分布を仮定している。しかし、より正確な安全性評価を行なうには、車頭間隔から直接計算する必要がある。

その他、橋軸直角方向の車の位置の分布や走行速度についても考慮しなければならない。今後は、上記の問題について検討し、さらに、風荷重や地震力などを扱ってゆきたい。

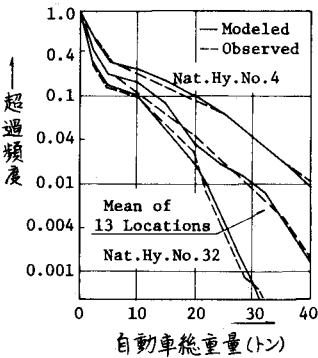


図3 自動車総重量超過頻度分布

表1 材料(SM50)のモデル

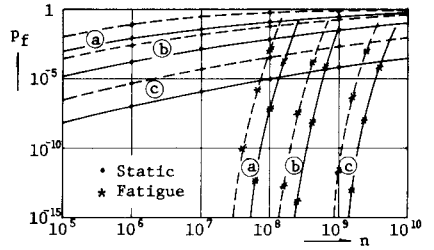
(1) 静的強度

対象とする強度	降伏点
強度の分布型	対数正規分布
平均値	3750 kg/cm <sup>2</sup>
標準偏差	300 kg/cm <sup>2</sup>

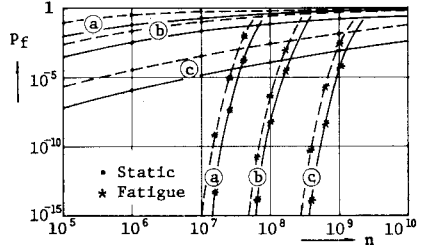
(2) 疲労強度

対象とする強度	時間強度
強度の分布型	対数正規分布
対数平均値	log 1500
対数標準偏差	0.25
S-N曲線の傾き	6.0

(1) 支間長40m



(2) 支間長24m



①国道4号線 ②全国平均 ③国道32号線

図4 計算結果

表2 対象道路橋

橋格幅	員支間長	死荷重応力+残留応力
1等橋 6m	40m	1200 kg/cm <sup>2</sup>
1等橋 6m	24m	930 kg/cm <sup>2</sup>

\*参考文献

前田・宮村, 道路橋の安全性に関する確率論的考察 才19回橋梁・構造工学研究発表会 1972.12