II―40　構造物の疲労度の推定について

神戸大学工学部　正員　西村　昭

航空機・車輛・橋梁などの構造部分は実働状態において応力の反復作用を受け，疲労破損の累積を生じ，場合によっては疲労破壊に至る。それに対する安全性を確保するため，構造材料及び継手の疲労試験を行ない，その結果に基づいた許容応力によって構造物設計が行なわれている現状にある．しかし，ごく限られた場合を除き，構造部材が受ける繰返し応力は一般にその極大値が変動する，いわゆる変動繰返し応力となるため，許容応力選定に際して基礎資料を提供した疲労試験における定応力振幅繰返しの場合とは著るしく趣を異にする．

従来の定応力振幅試験による試験結果によって，各種材料・継手等の相互間の繰返し荷重に対する優劣を判定することはできるが，それを上述のように許容応力選定の基礎としても，それによって設計された実部材にどの程度の対繰返し荷重安全度を期待しうるかは甚だ莫然としており，構造物設計の合理化上好ましくない。従って，できうれば実働繰返し応力を再現し，それによって疲労試験を実施することが望ましい。しかし現在のところ任意の変動荷重を再現しうる疲労試験機は未開発である．

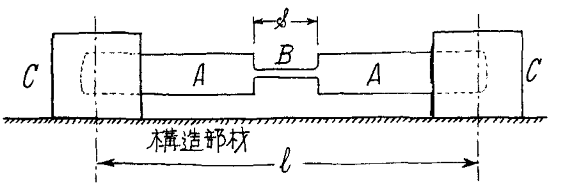
本研究は構造部材をいわば試験機とし，それに作用する実働応力を利用して疲労試験を行なう方法を提案したもので，併せてその結果を利用してその部材の疲労寿命を予知する方法を示したものである。

一般に構造部材に作用する実働応力絶対値は，設計時に要求する材料の疲労強度よりもかなり低いのが常であって，同等の実働応力下で疲労試験を行なうとしても，試験片が破壊に至る時間はその構造物の耐用寿命と同程度のものとなり，これでは実用的なものとは言えない。そこで

(1)　実働応力と相似の応力を試験片に加える；

(2)　実働応力を適当な倍率で拡大して試験片に加える。

と云う2条件を満たす方法を考えることによって，構造物の耐用寿命よりもはるかに短い期間に試験が完了することになる。図-1はその一つの方法を示したものであって，ABAが取付け試験片；Bはその平行部で；Cは試験片を構造部材に固定するための部片である．部分Aの断面積に比して部分Bの断面積を著るしく小に作成することによって実部材の区間 l の歪を，試験片の区間 s に集中せしめることができ，従って部分Bの応力を構造部材に生ずるもののほぼ l/s 倍に拡大して作用せしめることになる。l を定値とすれば，s を任意に選べば倍率を任意にとりうることになる。



図－1

さて橋梁部材を対象に選び，繰返し荷重の影響が最も顕著である場合として，死荷重応力が活荷重応力に比して無視しうる程度の場合を考える。すなわち，変動応力の形式（片振・両振など）が活荷重応力実測によって既知とする。それと同形式の繰返し応力Sに対する$S-N$関係が（図－2参照）

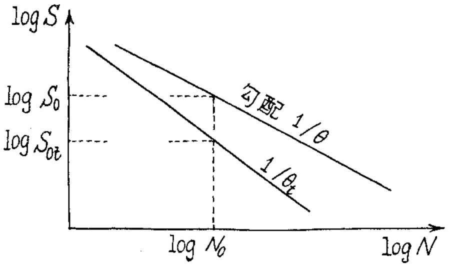
$$
\left.\begin{array}{ll} \text{実部材に対し} & N = N_0\,(S_0/S)^{\theta} \\ \text{試験片に対し} & N = N_0\,(S_{0t}/S)^{\theta_t} \end{array}\right\} \quad (1)
$$

但し，N_0, S_0, S_{0t}, θ, θ_t は既知とする。

で表わされ，変動応力に対する疲労破壊はいわゆるMinerの法則にならい，

$$\sum(n/N) = A \qquad (2)$$

と仮定する。Aは未知常数とする。次にSの頻度分布の確率密度を$g(S)$とすると，応力作用回数Qで破壊する条件は式(2)より次のようになる。



図－2

$$Q\int g(S)\,dS/N = A \qquad (3)$$

例えば，$g(S) = \lambda\exp(-\lambda S)$ ，λ：常数　の場合は，応力倍率ρのとき，式(3)より

実部材に対し

$$Q\rho^{\theta} = A N_0 S_0^{\theta} \lambda^{\theta}/\Gamma(\theta+1) \qquad (4)$$

$$\log\rho = -\frac{1}{\theta}\log Q + \frac{1}{\theta}\log\frac{A N_0 S_0^{\theta}\lambda^{\theta}}{\Gamma(\theta+1)} \qquad (5)$$

試験片に対し

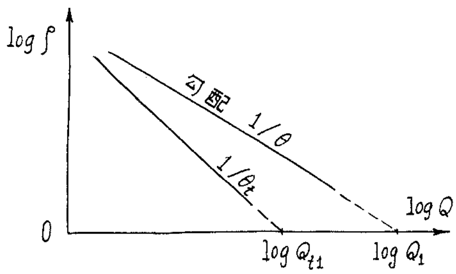
$$Q_t\rho^{\theta_t} = A N_0 S_{0t}^{\theta_t}\lambda^{\theta_t}/\Gamma(\theta_t+1) \qquad (6)$$

$$\log\rho = -\frac{1}{\theta_t}\log Q_t + \frac{1}{\theta_t}\log\frac{A N_0 S_{0t}^{\theta_t}\lambda^{\theta_t}}{\Gamma(\theta_t+1)} \qquad (7)$$

となる。式(5)，(7)よりわかるように，$\rho \sim Q$（またはQ_t）関係は両対数グラフ上で$S-N$関係と同一傾斜直線となる。（図－3）

特に$\rho = 1$の場合は実際の実働応力が作用する場合に相当し，それに対する実部材の寿命は式(4)，(6)によって次のようにえられる。

$$Q_1 = \frac{(\lambda S_0)^{\theta}}{(\lambda S_{0t})^{\theta_t}}\,\frac{\Gamma(\theta_t+1)}{\Gamma(\theta+1)}\,Q_{t1} \qquad (8)$$



図－3

従って，試験片についてρを変化してえられた各寿命Q_tから$\rho = 1$の場合の推定値Q_{t1}がえられれば，式(8)より実部材のQ_1を推定しうる。また，このQ_1に対してその部材の経験回数がわかれば，それのQ_1に対する比によって疲労度を推定しうることになる。