

ランダム荷重下におけるコンクリートの疲労特性に関する研究

岡 山 大 学 正 会 員 阪 田 憲 次
岡 山 大 学 学 生 員 ○ 佐 藤 亨
鳥 取 大 学 正 会 員 井 上 正 一
鳥 取 大 学 正 会 員 西 林 新 蔵

1. まえがき

実際のコンクリート構造物に作用する荷重は、一定なものばかりでなく時間とともに大きさの変化するランダムなものも多く存在する。そのためコンクリート構造物の設計を合理的に行うためには、ランダム荷重下におけるコンクリートの疲労特性を明確に把握する必要がある。しかし実働のランダム荷重の種類は無限に存在し、実験室においてこのような荷重を再現することは非常に困難である。したがって、一定振幅試験の結果からランダム荷重下のコンクリートの疲労寿命を推定する方法の確立が望まれている。このような推定方法の1つにマイナー則を用いるものがある。このマイナー則の妥当性を検討するためにもランダム荷重下における疲労試験を行う必要がある。

以上のような目的により、本研究は頻度分布が指数分布型のランダム荷重下におけるコンクリートの疲労試験を実施し、その特性を明らかにするとともに、マイナー則の妥当性についても検討するものである。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は碎石（最大寸法20mm、比重2.81）、細骨材は川砂（比重2.80）を用いた。コンクリートの配合を表-1に示す。供試体はφ10×20cmの円柱供試体で、28日間標準水中養生を施した後、疲労試験実施日まで実験室内に保存した。疲労試験は島津製作所製サーボパルサー（容量40t）を用い、繰返し載荷速度は5.2Hz、荷重と時間の関係は正弦波形の条件下で行った。一定振幅試験は、S～N線式を定めるためのもので、その上限応力比は疲労試験実施直前に行った各打設バッチごとの平均圧縮強度（397～427kg/cm²）に対する百分率で選び、下限応力比はすべて静的強度の10%とした。

ランダム試験における荷重の頻度分布は指数分布とした。この分布は、海洋における波高とその生起する回数の関係を比較よく表しているといわれている。その確率密度関数は次式で表される。

$$f(S) = C \exp[-C(S - S_0)] \quad \text{————— (1)}$$

ここに、sは上限応力比（%）、s₀は上限応力比のうちの最小

表-1 コンクリートの配合

C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	W/C (%)	S/R (%)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	Air (%)
320	160	56.3	44	799	1099	2.0

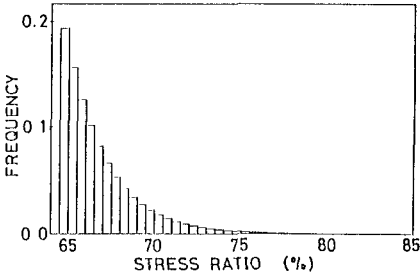


図-1 荷重の頻度分布

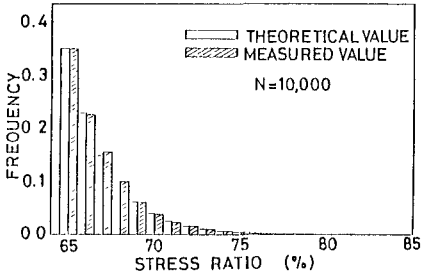


図-2 荷重の頻度分布

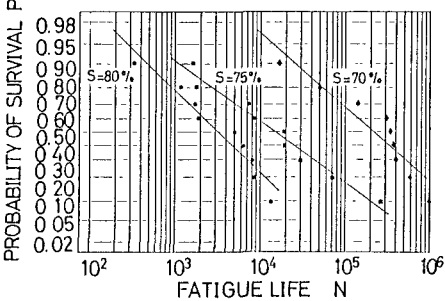


図-3 P～N線図

値である。また、 c は上限応力比が大きくなるにつれてその生起確率が小さくなる程度を表す。

本実験では、実験に要する時間を考慮して最小の上限応力比(S_0)を64.5%、最大の上限応力比を84.5%とした。また、係数 c の値を0.43とした。図-1に実験に用いた荷重の頻度分布を示す。図-1に示したランダム荷重の作成と載荷手順は以下のとおりである。①一様乱数の発生②乱数の指数分布への変換③正弦波形の作成④波の分割デジタル化⑤D/A変換とデータレコーダの磁気テープへの書き込み⑥疲労試験機への入力
図-2は上限応力比の理論上の分布とデータレコーダの磁気テープに書き込まれた電圧より求めた上限応力比の分布を比較したもので、波数の合計は10000波である。図より明らかなようにほぼ一様な乱数が発生していること、換言すれば指数分布型のランダム荷重が正しく載荷されていることがわかる。

3. 結果と考察

一定振幅試験の結果を図-3に示す。図より疲労寿命の分布が対数正規分布することがうかがえる。また、平均疲労寿命と上限応力比の関係は次式で示される。

$$S = -5.340 \log \bar{N} + 98.171 \quad (2)$$

ランダム試験の結果は、次に示す累積回数比 M によって評価する。

$$M = n_1/\bar{N}_1 + n_2/\bar{N}_2 + \dots + n_i/\bar{N}_i \quad (3)$$

ここに、 $\bar{N}_i$ は一定振幅試験における応力比 S_i における平均疲労寿命である。図-4に M の頻度分布を示す。図より上限応力比の高い領域での損傷度が低い領域での損傷度とほぼ等しいことがわかる。マイナー則においてはコンクリートが疲労破壊する時、 M は1となる。しかし一定振幅試験における疲労寿命がかなりばらつくことから、 M の値もばらつくことが予想される。図-5はランダム試験における疲労寿命と生存確率の関係を示したものである。図-6は M と生存確率の関係を示したものである。図より明らかなように、ランダム荷重下の疲労寿命および累積回数比が対数正規分布することがわかる。また M の期待値は0.396となり1よりも小さくなる。これは、ある大きさの荷重負荷によりそれ以下の荷重による損傷が一定振幅試験による損傷に比べて増加するためであると推察される。また、本研究結果にマイナー則を適用するためには $\bar{M}=0.4$ で疲労破壊が起こるとする必要がある。しかし、累積回数比 M の値を一律に定めるには累積回数比に影響を及ぼす種々の因子について検討していく必要があると考えられる。

4. あとがき

本研究の結果、ランダム荷重下の疲労寿命および累積回数比が対数正規分布することが明らかになった。また、ランダム試験結果にマイナー則を適用するためには、 $\bar{M}=0.4$ で疲労破壊が起こるとする必要があることが明らかになった。

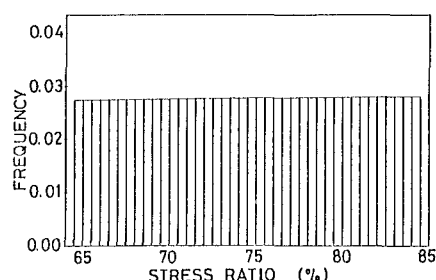


図-4 Mの頻度分布

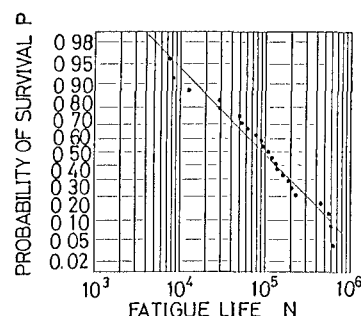


図-5 P ~ N線図

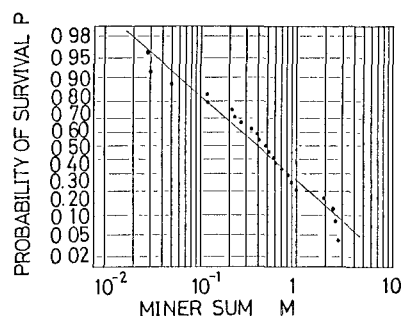


図-6 P ~ M線図