

V-267 ランダム繰返し荷重を受けるコンクリートの疲労特性に関する研究

（株）大林組 正会員○佐 藤 亨
 岡山大学大学院 学生員 小 畑 泉
 岡山大学工学部 正会員 阪 田 憲 次
 鳥取大学工学部 正会員 矢 村 潔

1. まえがき

コンクリートの疲労に関する従来の研究の多くは一定振幅荷重下で行われており、ランダム荷重下の疲労特性については明確にされているとは言い難い。そこで本研究ではランダム荷重試験を行い、疲労特性を明らかにするとともに疲労寿命の推定方法の一つであるマイナー則の妥当性について検討を行った。

2. 実験概要

- ①一定振幅試験：疲労試験は、容量40tの油圧式サーボ機構を有する疲労試験機を使用して行った。載荷速度は5Hz、荷重と時間の関係は正弦波形とした。一定振幅応力は、上限応力比を80、75、70%の3水準設定し、下限応力比は10%一定とした。
- ②ランダム荷重試験：ランダム荷重試験では、上限応力比が64.5～84.5%、69.5～84.5%、74.5～84.5%の間で指数分布する3シリーズの荷重を作成し、電圧によって試験機の荷重制御を行った。
- ③低ランダム荷重試験：200万回疲労強度以下の荷重の載荷によって供試体が破壊するかどうかは疑問である。そこで本研究では、低ランダム荷重（上限応力比59.5～69.5%の間で指数分布）を100万回載荷し、その後一定振幅荷重（上限応力比80%）を載荷して供試体を破壊させた。

3. 試験結果および考察

一定振幅試験から得られた平均疲労寿命と応力比と生存確率の関係（P-S-N線図）を図-1に示す。

また、ランダム荷重試験の結果を図-2に示す。この図は、対数正規確率紙上に生存確率Pに対して疲労寿命Nをプロットしたものである。いずれの応力比においてもかなりの直線性が認められ、表-1に示した式に回帰できると考えられる。表中の $\bar{N}$ は平均疲労寿命、 $V(\log N)$ は標準偏差を表している。本研究では、ランダム荷重試験結果を評価する方法として次式で表される累積回数比の概念を用いた。

$$M = n_1 / \bar{N}_1 + n_2 / \bar{N}_2 + \cdots + n_i / \bar{N}_i$$

ここに、 $\bar{N}_i$ は一定振幅試験において応力比 S_i に対する平均疲労寿命、 n_i は応力比 S_i の載荷回数である。マイナー則では、 $M=1$ で供試体は破壊に至る。しかし、疲労寿命と同様に累積回数比の値も大きくばらついている。図-3～5は生存確率と累積回数比の関係

表-1 回帰結果（疲労寿命）

$S(x)$	$t = A \log N + B$	$\bar{N}$	$V(\log N)$
74.5-84.5	$t = -1.3991 \log N + 5.269$	5838	0.750
69.5-84.5	$t = -2.0241 \log N + 9.748$	65495	0.494
64.5-84.5	$t = -4.2561 \log N + 22.60$	204355	0.235

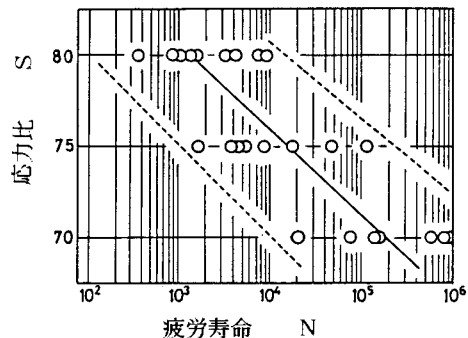


図-1 P-S-N線図

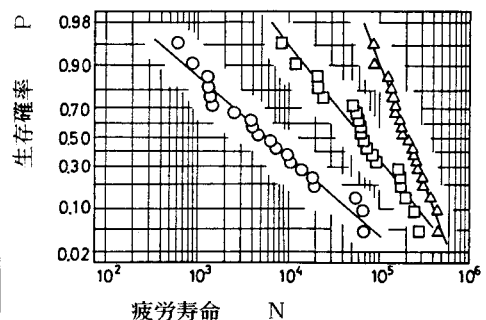


図-2 P-N線図（ランダム）

表-2 回帰結果 （累積回数比）

$S(x)$	$t = A \log M + B$	$\bar{M}$	$V(\log M)$
74.5~84.5	$t = -1.400 \log M + 0.102$	1.183	0.714
69.5~84.5	$t = -2.024 \log M + 0.498$	1.762	0.494
64.5~84.5	$t = -4.259 \log M - 0.639$	0.708	0.235

を対数正規確率紙上にプロットした図である。図より明らかな様に、ランダム荷重下の累積回数比も対数正規分布することがわかる。表-2に回帰式および平均累積回数比を示す。Mの期待値（平均累積回数比）は、1.183, 1.762, 0.708 となりマイナー則でいわれている1の周辺でばらついている。このばらつきは、S-N線式を決定する際の $\bar{N}$ のばらつきに起因すると考えられる。図-6は本試験に使用した全供試体について生存確率と累積回数比の関係を示したものである。この時、 $\bar{M}$ は1.133 となりマイナー則は適用できると考えられる。しかしマイナー則を適用するためには、明確なS-N線式を得ることが必要条件となると考えられる。

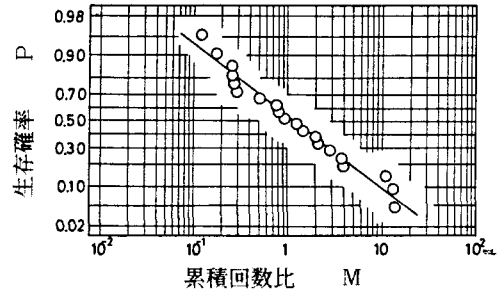


図-3 P-M線図 (74.5~84.5%)

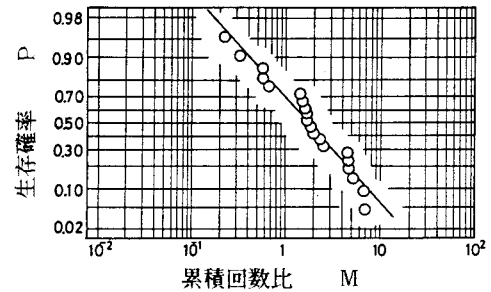


図-4 P-M線図 (69.5~84.5%)

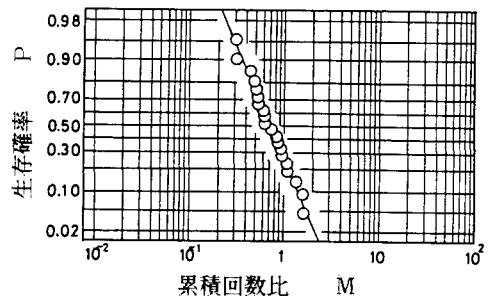


図-5 P-M線図 (64.5~84.5%)

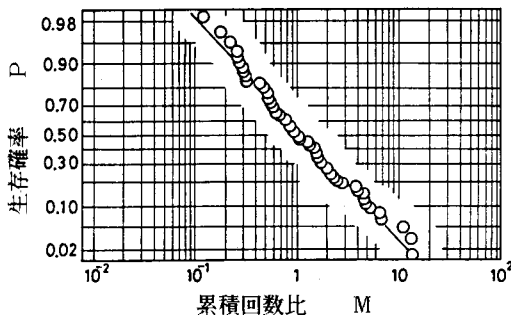


図-6 P-M線図 （全供試体について）

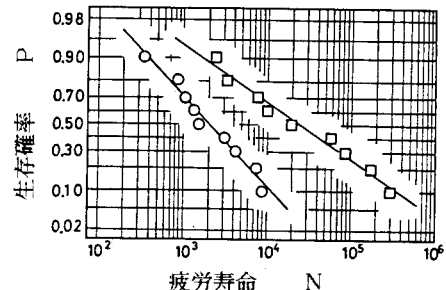


図-7 P-N線図 （低ランダム）

4.あ と が き

本研究の結果、S-N線式さえ明確であるならばランダム荷重下のコンクリートの疲労寿命の推定方法としてマイナー則が適用できること、低ランダム荷重の100万回の載荷によってコンクリートの疲労寿命が約1オーダー増加したことが判明した。しかし、本研究だけでは不十分な点も多く、今後の研究に期待するところである。