

九州大学 正員 ○ 松下 博 通
 “ “ 徳 光 善 治

1 まえがき

同一素材から切り出した金属材料の疲労試験において、同一条件下による疲労寿命(破壊時繰返し回数 N)のばらつきが大きいことは周知のとおりである。したがって、コンクリートのように、静的強度にさえ、かなりのばらつきを生ずるものでは、疲労試験における疲労寿命のばらつきは更に大きいものになると考えられる。本試験は、この点に注目して、コンクリートの静的圧縮強度のばらつきと疲労寿命 N のばらつきと調べ、更に、統計的に $S-N$ 曲線と求めたものである。

2. 試験概要

試験-A: 同時に打設した表-1に示す配合の $\phi 7.5 \times 15$ cm 円柱状試体 34 本につき、打ち立て後 1 年以上経過したのち 17 本を静的圧縮強度試験を行ないそのばらつきを調べ、残り 17 本について静的圧縮強度の 10~70% の繰返し応力(繰返し速度 300 回/分)を加えて、疲労寿命のばらつきを調べた。

試験-B: 同時に打設した 34 本の円柱状試体のうち 10 本を静的圧縮強度試験し、残り 24 本を疲労試験を行った。繰返し応力は 最小応力を静的圧縮強度の 3% に固定し、最大応力は静的破壊強度の 74%, 69%, 64%, 59%, 53%, 48% とした。

3. 試験結果

試験-A: 静的圧縮強度試験結果について、各圧縮強度に対する生存確率 y を式によって計算し、正規確率紙上にプロットしたものが図-1である。

これより 静的圧縮強度の分布は正規分布であると考えられ、その回帰直線は最小二乗法により $\mu = -0.0704 \sigma + 20.5$ となる。 $\mu = 0$ で $y = 0.50$ となり、 $\mu = \pm 1$ で(平均値) $\pm$ (標準偏差)

となるから $\sigma_s = 291 \pm 14 \text{ kg/cm}^2$ である。

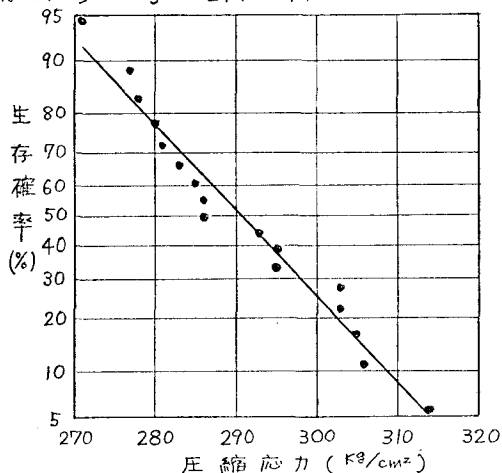


図-1 静的圧縮強度の分布

Max Size of G (mm)	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m³)			
			W	C	S	G
20	70	44	180	257	832	731

表-1 コンクリートの配合

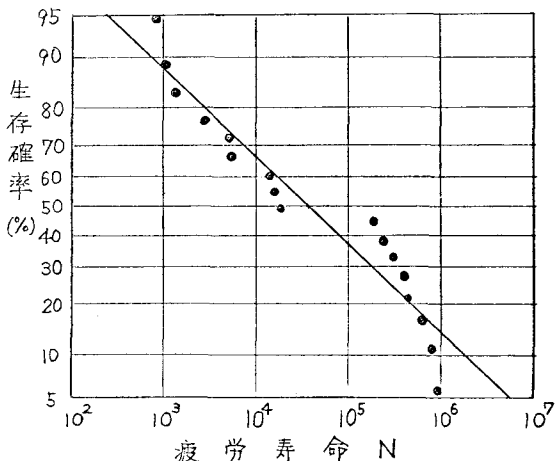


図-2 疲労寿命の分布

疲労試験結果より、生存確率 $p = 1 - \frac{r}{n+1}$ を算出し、 N の分布 $f(N)$ に関し、対数正規分布に従うかどうか、指数関数による分布とみるかどうかについて検討する。図-2は、 N と対数目盛で確率紙上にプロットしたものであり、この図より、 N の分布がほぼ対数正規分布と考えると、その回帰曲線を求めると、 $t = -0.758 \log N + 3.45$ となる。 $t=0$ より $\log \bar{N} = -B/A$ を求めると $\log \bar{N} = 4.55$ となる。また、 $f(N)$ が指数関数による分布とみるかを検討するため、図-3に示すように縦軸に生存確率 p の対数 $\log p$ 、横軸に N とした対数グラフにプロットしてみる。金属材料においては、この関係が直線となり $p = e^{-\lambda N}$ (λ : 定数) で示され、岩石では2つの指数関数の和 $p = \sum_{i=1}^n \xi_i e^{-\lambda_i N}$ ($\sum \xi_i = 1$) で示されるといわれている。本実験の場合、コンクリートは岩石と同様の傾向を示し、逐次近似により(図-3, 4) 2式によって示される。

$$p = \sum \xi_i e^{-\lambda_i N} = 0.63 \exp(-0.981 \times 10^{-6} N) + 0.37 \exp(-0.138 \times 10^{-3} N)$$

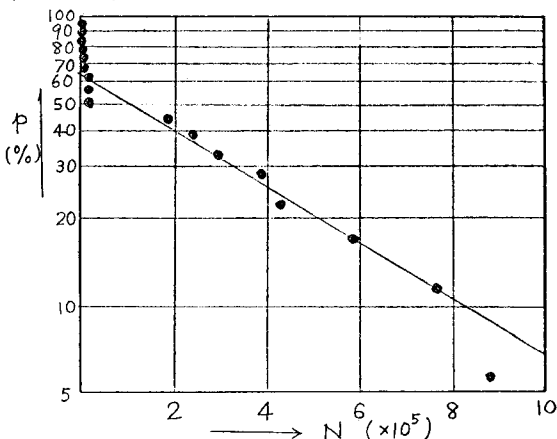


図-3 p-N線図の逐次近似解析(1次近似)

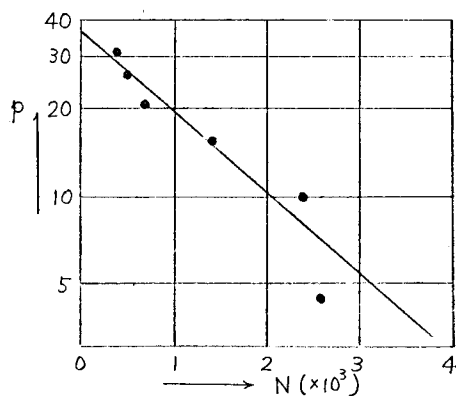


図-4 p-N線図の逐次近似解析(2次近似)

試験-B. 静的圧縮強度は平均 301 kg/cm^2 であった。疲労試験結果を表-2に示す。各繰返し応力比に対する N の分布と対数正規分布と考えると回帰曲線を求め、 $t=0$ における平均値 $\log \bar{N}$ と求めた。同一繰返し応力比に対し、全ての供試体が破壊したものに対しては $\log \bar{N} = -B/A$ で平均値が求まるが、一部の供試体のみ破壊したものに対しては、成岡氏の数表⁽¹⁾と使用した。これより $\log N = 18.4 - 0.198 \frac{\sigma_1}{\sigma_s}$ となり200万回疲労限は静的圧縮強度のほぼ61%となる。

参考文献 (1) 疲労試験における

金鋼鉄材料の強度に関する研究 (内田)

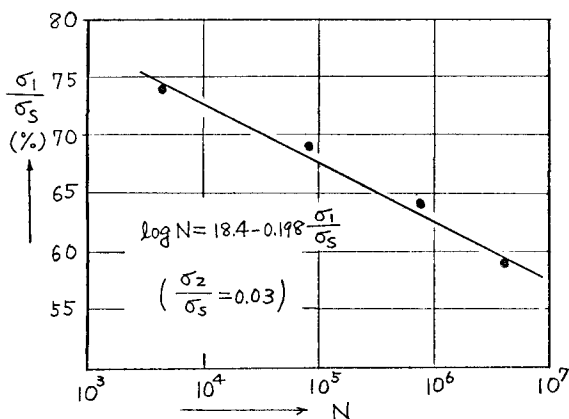


図-5 S-N曲線の結果

最大応力比 (%)	N	p (%)
74	2.8×10^5	83.3
	9.9	66.7
	16.7	50.0
	34.2	33.3
	99.9	16.7
69	1.22	83.3
	4.64	66.7
	7.13	50.0
	24.6	33.3
	30.0	16.7
64	6.91×10^5	80.0
	7.37	60.0
	7.51	40.0
	7.90	20.0
59	0.52×10^5	
	3.85	
	10.8	
	20.0 →	
	20.0 →	
53	20.0 →	
	20.0 →	
48	20.0 →	

表-2 疲労試験結果