

VII—21 変動荷重下のコンクリートの疲労寿命

九州大学 工学部 正員 松下 博通
 “ “ 准主員 近田 孝夫
 “ “ “ 吉浦 武彦

1. まえがき

一定繰返し荷重を受けるコンクリートの圧縮疲労寿命に関しては、既に数回にわたって報告してきたように、その寿命分布、S-N曲線、変形特性など明らかにされた。しかしながら構造物の受ける繰返し荷重は不規則に変動しており、このまま一定繰返し応力下の疲労寿命の試験結果を適用することはできない。二段階の変動繰返し応力を受ける場合の疲労寿命に関しては、曲げ疲労試験について Kesler らの報告⁽¹⁾があるのみであり、圧縮応力による疲労試験については、高応力低サイクル疲労試験に関する成田らの報告⁽²⁾が主である。またスラブコンクリートについては角田らの報告がある程度である。そこで筆者は、この変動荷重下のコンクリートの疲労試験の第一として、二段階変動荷重下の疲労試験に関する実験を試み、従来より適用されている Miner の定理があまりにも不確実なものであるとの結論を得た。

2. 実験内容及び実験結果

本実験はすべて繰返し荷重を二段階に変動させる場合について行なった。第一段階の繰返し最大応力比を σ_{1r} 、荷重変動後のそれを σ_{2r} とし、それぞれの応力比について、一定繰返し荷重を受ける場合の疲労寿命を M_1, M_2 とする (M_1, M_2 の値は筆者らの従来の研究より $\log N = -18.9 \sigma_{1r} + 18.9$ なる S-N 曲線式より算出した) なお最小応力比はいずれの場合にも 8% である。[実験 I]: 第一段階の荷重の繰返し回数 n_1 を $n_1/M_1 = 0.5$ となるような $n_1 = 25$ 万と定め $\sigma_{1r} = 70\%$ 、 $\sigma_{2r} = 80\%$ として行なった。その疲労寿命の結果を表-1 にまとめて示した。この結果より疲労寿命の分布につき考察すると、図-1 に示されているように対数正規分布に適合している。これは、筆者らが既に報告している⁽³⁾ように、一定繰返し荷重下の疲労寿命の分布と一致している。図-1 において

表-1

(個し * 印の供試体は変動前に破壊)

σ_{1r}	$n_1(M_1/N_1)$	σ_{2r}	n_2	σ_{1r}	$n_1(M_1/N_1)$	σ_{2r}	n_2
70	250,000(0.5)	80	82,000	30	250,000	80	350
70	250,000(0.5)	80	84,000	30	250,000	80	1,500
70	250,000(0.5)	80	223,000	30	250,000	80	13,000
70	250,000(0.5)	80	293,000	40	250,000	80	1,600
70	250,000(0.5)	80	330,000	40	250,000	80	2,500
70	250,000(0.5)	80	454,000	50	250,000	80	200
70	250,000(0.5)	80	1192,000	50	250,000	80	2,300
70	250,000(0.5)	80	1477,000	50	250,000	80	3,000
70	250,000(0.5)	80	1508,000	60	250,000	80	200
70	250,000(0.5)	80	1756,000	60	250,000	80	5,100
80	400*(0.5)	70		60	250,000	80	11,600
80	1700*(0.5)	70		70	100,000(0.2)	80	550
80	2000*(0.5)	70		70	100,000(0.2)	80	1,200
80	2400*(0.5)	70		70	100,000(0.2)	80	3,800
80	3000 (0.5)	70	28,000	70	219,000(0.8)	80	
80	3000 (0.5)	70	143,000	70	400,000(0.8)	80	2,500
80	3000 (0.5)	70	1750,000	70	400,000(0.8)	80	9,300
80	3000 (0.5)	70	2000,000→	70	400,000(0.8)	80	17,000
80	3000 (0.5)	70	2000,000→	80	350(0.2)	70	
80	3000 (0.5)	70	2000,000→	80	1,200(0.2)	70	2000,000→
80	3000 (0.5)	70	2000,000→	80	1,200(0.2)	70	2000,000→
80	3000 (0.5)	70	2000,000→	80	1,200(0.2)	70	2000,000→

疲労寿命として、第一段階から破壊までの繰返し回数と考える場合と、荷重変化後から破壊までの繰返し回数をとり場合のいずれも対数正規分布に適合していることが示されている。同時に各供試体のひずみの変化を測定した。その結果を図-3 に示す。この時、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_{cr}$ の分布を考察してみると図-2 に示されるように、この場合も対数正規分布に適合している。ここで荷重変化前のひずみ速度も変化後のひずみ速度も同様に、対数正規分布に適合している。[実験 II]: 実験 I と同様に $n_1/M_1 = 0.5$ とし、 $\sigma_{1r} = 80\%$ 、 $\sigma_{2r} = 70\%$ として行なった。その疲労寿命に関する結果は表-1 に示す。[実験 III]: $n_1 = 25$ 万と定め、 $\sigma_{1r} = 30\%, 40\%, 50\%, 60\%$ の 4 種類とし $\sigma_{2r} = 80\%$ に定め行なった。その結果は表-1 に示す通りである。[実験 IV]: $n_1/M_1 = 0.2, 0.8$ の 2 種類とし、それぞれについて $\sigma_{1r} = 70\%$ 、 $\sigma_{2r} = 80\%$ と定めた。その結果をまとめて表-1 に示した。[実験 V]: $n_1/M_1 = 0.2$ 、 $\sigma_{1r} = 80\%$ 、 $\sigma_{2r} = 70\%$ と定めて実験を行なった。その結果を表-1 に示した。

3. 疲労寿命とひずみ速度の関係

筆者らが既に報告した通り、疲労寿命とひずみ速度の関係は、両対数グラフ上で直線となる。(4) 本実験においても、同様の関係について考察してみた。その結果を図-4に示す。一定繰返し荷重を受ける場合と同様に、ほぼ直線関係にある。この場合、疲労寿命は荷重変化後から破壊までの繰返し回数 n_2 を用いた。一定繰返し荷重を受ける場合と比較すると、直線の勾配は、ほぼ同様の値であるが、 $\log N$ の座標の切片が、多少小さい値となっている。

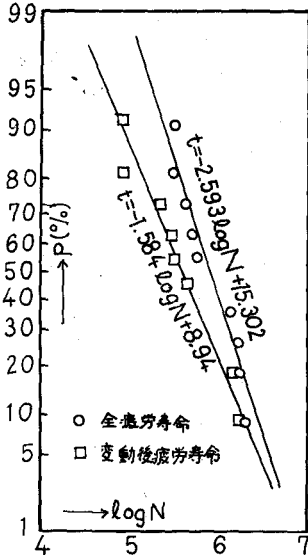


図-1 対数正規分布の適合度 ($\sigma_r=70\% \rightarrow \sigma_r=80\%$)

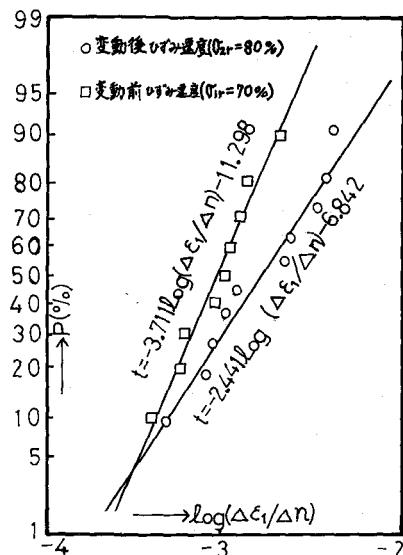


図-2 対数正規分布の適合度 ($\sigma_r=70\% \rightarrow \sigma_r=80\%$)

4. Minerの定理の適用に関する考察

Minerらは疲労被害は、直線的に進行するという仮定の下に、次のような定理を提案した。

$$n_1/N_1 + n_2/N_2 = 1$$

本実験結果について、Minerの定理を適用してみた。その結果、実験Ⅰでは $n_1/N_1 + n_2/N_2$ の値は1.24、実験Ⅱでは3.33以上、実験Ⅳでは $n_1/N_1 = 0.2$ の場合が0.52、 $n_1/N_1 = 0.8$ の場合が2.40となった。すなわち本実験の結果は適合しないといえる。

成岡氏らの低サイクル荷重下における軽量コンクリートの累積損傷にはMinerの定理が適合することが

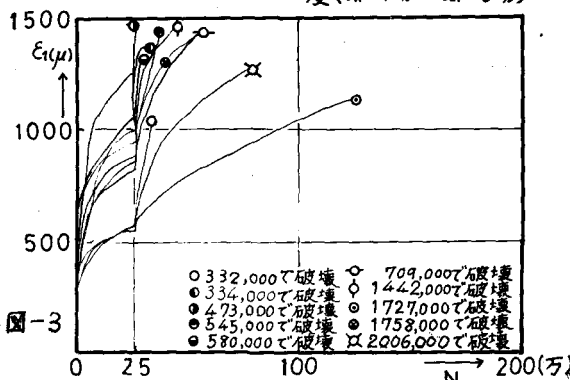


図-3

報告されているが、本実験のような高サイクル荷重下においては、Minerの定理は適正でないことが示された。

参考文献

(1). Hilsdorf, H.K. and Kester, C.E. "Fatigue Damage During Complex Stress Histories" NASA, TN D-55 Nov. 1954 p. 25

(2). 成岡ら "低サイクル荷重下における軽量コンクリートの累積損傷の検討" 土木学会論文集 No. 206, 1972. 10

(3). (4). 松下博通 "圧縮疲労に関する考察" 第30回土木学会年次学講演会

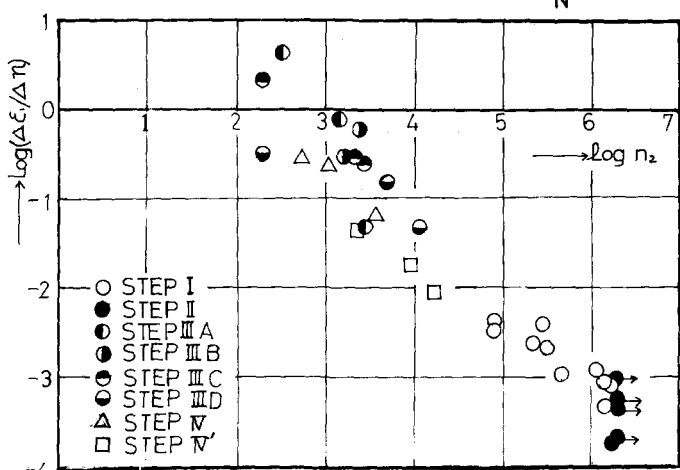


図-4