

二段二重、二段多重重複繰返し荷重を受けるコンクリートの一疲労特性

阿南高専	正	○天羽和夫
〃	正	桑山八洲彦
〃	正	小林利治

1. まえがき

コンクリート構造物は静的な外力だけでなく、不規則に変動する力が作用する場合もある。この変動する繰返し荷重を受けたコンクリートの疲労特性についての報告は少なく、十分に把握されていないのが現状であり、この方面の研究の蓄積も必要と思われる。そこで本研究は、軽量骨材コンクリートを用いて、圧縮下の二段二重、二段多重重複繰回しの低サイクル疲労試験を行なつて、金属の変動応力下における疲労寿命の推定方法としてよく用いられているマイナー法則に対比させ、検討を行なつた。

2. 実験概要

(1). 供試体

コンクリート供試体は $75\phi \times 15\text{cm}$ の円柱供試体で、コンクリートの使用材料と配合は、粗骨材が表乾比重 1.43 最大寸法 15mm の人工軽量骨材、細骨材は表乾比重 2.61 、 F.M. 2,74 、セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。また、配合は $\text{W/C} = 65\%$ 、 $\text{S/A} = 42\%$ 、スラニアは 6cm である。試験時材令は約 $5\frac{1}{2}$ 月で、コンクリート打設より $3\frac{1}{2}$ 月間は水中養生し、その後試験日まで約 $2\frac{1}{2}$ 月間空気中で乾燥させた。

(2). 一定繰返し試験

疲労試験は油圧サーボ式疲労試験機を用いて行ない、載荷速度と、荷重と時間との関係は、すべて 300cpm の正弦波形とした。また、載荷した最小応力も静的圧縮強度の 10% とした。変動応力下の繰返し試験に先だつて、一定繰返し試験を行ない、各載荷応力段階の平均疲労寿命 N を求めた。

(3). 二段二重重複繰返し試験

載荷方法は図-1 に示すように、 n_1 回まで S_1 の一定繰返し応力を載荷し、その後応力を S_2 に変化させ破壊までの回数 n_2 を測定した。荷重パラメーターは表-1 に示す。各シリーズは 7 本の供試体を使用し、 6 シリーズ行なつた。

(4). 二段多重重複繰返し試験

マイナー法則から、 $10(\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2}) = 1.0$ を仮定して、 n_1 、 n_2 を求め、図-2 に示すように載荷応力 S_1 下で n_1 回載荷し、次に S_2 に載荷応力を変化させて n_2 回載荷する。これを破壊まで繰返し、 Σn_1 、 Σn_2 を測定した。この場合の荷重パラメーターは表-2 に示す。各シリーズは $8 \sim 9$ 本の供試体を用いた。

3. 実験結果

一定繰返し試験より、同一応力比における疲労寿命は対数正規分布するものとして、生存確率 50% のときの疲

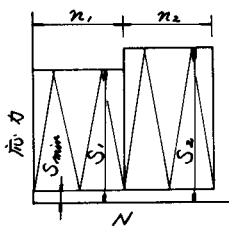


図-1 二段二重重複試験

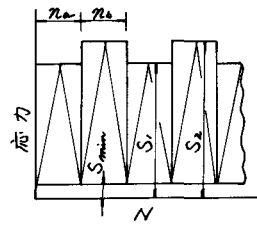
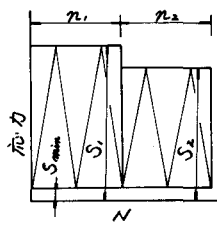


図-2 二段多重重複試験

劣寿命を求め、これを平均劣寿命 N とした。その結果、載荷応力 $S = 80\%$ のとき、 $N = 1280$ 回となり、応力 $= 86\%$ のとき、 $N = 290$ 回となった。また変動応力下の試験結果は、二段二重は表-3に、二段多重は表-4に示す。

4. 考察

マイナー法則は疲労損傷が直線的に進行すると仮定して、 $\sum \frac{n_i}{N_i} = 1.0 \dots \dots (1)$ のときに破壊するとした。本試験結果を(1)式と比較すれば、表-3、4に示すように、各シリーズとも大きくばらっている。また各シリーズの算術平均値は0.77~0.90を示した。したがって、変動応力下の軽量骨材コンクリートの疲労損傷度は単に算術平均ではマイナー法則に適用することは適当でない。このことは、コンクリートの劣寿命が対数正規分布するためと思われる。

そこで疲労損傷度 $\sum \frac{n_i}{N_i} = m$ の対数 $\log m$ と生存確率 P を対数正規率紙上にプロットした。その結果、近似的に直線となり、対数正規分布することになった。各シリーズの生存確率50%のときの $\log m$ を平均 $\log m$ とし、プロットした対数正規率紙から求めると、-0.20~0.81の値を示した。各シリーズ間の対数正規率紙からの平均 $\log m$ にばらつきが認められたので、このばらつきが載荷方法のちがいによるものかどうかを調べるため、 $\log m$ の平均値に有意差があるかを分散分析によって検定した。その結果は危険率5%で有意差が認められなかった。すなわち、載荷方法が異なっても、疲労損傷度に影響を与えないと考えられる。図-3は全シリーズの $\log m$ と生存確率 P の関係を対数正規率紙にプロットしたものである。図より、平均 $\log m = 0.2$ となり、ほぼマイナー法則に従っている。しかし、標準偏差は1.0前後となり、大きくばらつく。

5. まとめ

軽量骨材コンクリートの低サイクル下の変動応力を受ける疲労特性は、疲労損傷度と生存確率とが対数正規分布し、生存確率50%のときの疲労損傷度を求めれば、ほぼマイナー法則が適用できると考えられる。

(参考文献省略)

表-1 荷重パラメータ

シリーズ	S_1	S_2	$\frac{n_1}{N_1}$	$\frac{n_2}{N_2}$
1	80	86	0.25	0.75
2	80	86	0.5	0.5
3	80	86	0.75	0.25
4	86	80	0.25	0.75
5	86	80	0.5	0.5
6	86	80	0.75	0.25

表-2 荷重パラメータ

シリーズ	S_1	S_2	$\frac{n_1}{N_1}$	$\frac{n_2}{N_2}$
7	80	86	0.25	0.75
8	80	86	0.5	0.5
9	80	86	0.75	0.25

表-3 二段二重複試験結果

シリーズ	n_1	n_2	$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2}$	$\log m$	シリーズ	n_1	n_2	$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2}$	$\log m$
1	30	0	0.02	-1.62	4	73	0	0.25	-0.60
	77	0	0.08	-1.12		73	56	0.29	-0.53
	125	0	0.10	-1.00		73	644	0.76	-0.12
	317	41	0.39	-0.41		73	1045	1.07	0.03
	317	66	2.65	0.42		73	1273	1.26	0.10
	317	1751	6.29	0.80		73	4571	5.43	0.73
2	317	9960	34.60	1.54	5	73	10848	8.80	0.95
	25	0	0.02	-1.90		30	0	0.03	-1.51
	164	0	0.13	-0.89		55	0	0.10	-0.79
	228	0	0.18	-0.74		55	0	0.20	-0.70
	366	0	0.29	-0.54		145	3921	3.59	0.55
	634	61	0.71	-0.15		145	6278	5.45	0.74
3	634	67	0.74	-0.13	6	145	56811	45.30	1.46
	634	602	2.58	0.41		145	12678	87.38	1.75
	12	0	0.01	-2.05		43	0	0.15	-0.83
	210	0	0.17	-0.78		48	0	0.17	-0.77
	951	183	1.38	0.14		218	3441	3.46	0.54
	951	816	3.56	0.55		218	3454	3.47	0.54
	951	915	3.91	0.59		218	9231	8.03	0.81
	951	1211	4.93	0.69		218	70381	56.26	1.78
	951	3571	13.06	1.12		218	305067	241.34	2.38

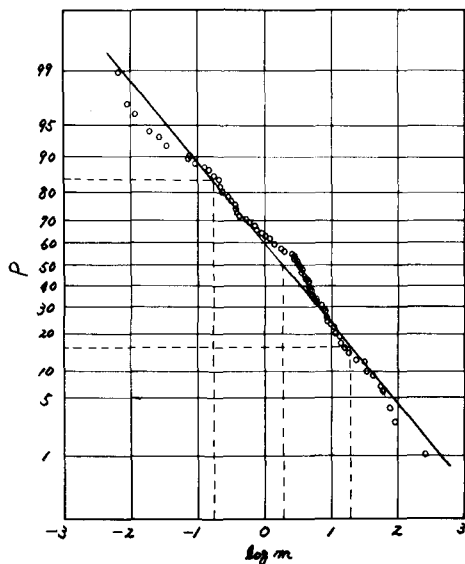


図-3 P - $\log m$ 関係

表-4 二段多重複試験結果

シリーズ	$\sum N_a$	$\sum N_b$	$\frac{\sum n_a}{N_a} + \frac{\sum n_b}{N_b}$	$\log m$
7	160	97	0.46	-0.34
	175	110	0.52	-0.29
	704	482	2.22	-0.35
	823	550	2.55	0.41
	2755	1892	8.70	0.74
	3106	2134	9.81	0.79
	8832	6054	27.84	1.45
	19831	13618	62.60	1.80
8	23379	16060	73.82	1.87
	9	0	0.01	-2.76
	1188	252	1.87	-0.76
	1683	364	2.67	0.43
	2583	574	4.16	0.62
	2878	641	4.65	0.67
	6248	1386	10.05	1.00
	10584	2352	16.99	1.23
9	374	21	0.32	-0.50
	3166	231	3.29	0.64
	4278	315	4.46	0.65
	5730	378	5.35	0.73
	6324	462	6.58	0.82
	10830	998	11.29	1.05
	12797	938	13.33	1.12
	21148	1554	22.04	1.34
	34044	2506	35.49	1.55