

人工軽量骨材を用いたコンクリートの圧縮疲労特性

○九州大学大学院 学生会員 若林幹夫
九州大学大学院 正会員 鶴田浩章

九州大学大学院 フェロー 松下博通
九州大学大学院 正会員 佐川康貴
鹿島建設（株） 橋本学

1. 目的

普通コンクリートにおいて、水中における疲労強度は、気中に比べ 20%程度低下する¹⁾と松下によって報告されている。また、吸水率の大きい人工軽量骨材を用いた場合、気中における疲労強度は、普通コンクリートに比べ低下することが明らかにされていることから、コンクリート中の水と疲労強度は密接な関係にあることが考えられる。そこで、本研究ではコンクリート中の含水量の違いが、疲労強度に及ぼす影響に注目し、吸水率の大きい人工軽量骨材を用いたときの、気中および水中における圧縮疲労特性に関する検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）を用い、粗骨材は人工軽量骨材（表乾密度 1.42g/cm^3 、吸水率 9.93%）を、プレウェットिंगしたのち骨材の表面水を布でぬぐい、表乾状態にしたものを用い、細骨材は海砂（表乾密度 2.54g/cm^3 、吸水率 2.70%）を表乾状態で用いた。また混和剤はリグニンスルホン酸系の AE 減水剤を用いた。コンクリートの示方配合を表-1に示す。配合は目標スランプを $8\pm 1\text{cm}$ 、目標空気量を $4.0\pm 0.5\%$ となるように試験練りによって決定した。

表-1 コンクリートの示方配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m^3)				AE 減水剤 (g/m^3)
		水 W	セメント C	海砂 S	人工 軽量 骨材 G	
50	48.6	175	350	845	486	875

2.2 試験方法

静的強度は JIS A 1108 に従い、気中および水中ともに疲労試験前と試験後に、それぞれ供試体 5 本ずつ測定した。また、試験前の 5 本の平均を疲労試験の繰返し応力設定時の静的強度とし、試験後の 5 本の平均は疲労試験中に強度増加があったかを確認するために行い、強度増加が見られれば繰返し応力比の補正を行った。材齢は 3 ヶ月以上養生室内（温度 20°C 、湿度 95%以上）で湿空養生を行い、気中の場合は試験開始 14 日前から恒温恒湿室内（温度 20°C 、湿度 60%以上）に静置させ、気乾状態であるようにし、水中の場合は試験開始 14 日前から水浸させ、完全にコンクリート内部が含水状態であるようにした。

表-2 疲労試験結果

気中の場合				水中の場合			
応力比	r	疲労寿命 N_f (回)	P(N_f) (%)	応力比	r	疲労寿命 N_f (回)	P(N_f) (%)
10~75%	1	781	83.3	10~70%	1	3443	83.3
	2	2317	66.7		2	5764	66.7
	3	4342	50.0		3	6364	50.0
	4	6617	33.3		4	8774	33.3
	5	11633	16.7		5	27194	16.7
10~70%	1	18403	83.3	10~65%	1	10430	83.3
	2	63262	66.7		2	44871	66.7
	3	70124	50.0		3	54873	50.0
	4	103965	33.3		4	81901	33.3
	5	220004	16.7		5	92780	16.7
10~65%	1	138504	83.3	10~60%	1	82680	83.3
	2	536568	66.7		2	125526	66.7
	3	1865799	50.0		3	228526	50.0
	4	2000000→	33.3		4	255513	33.3
	5	2000000→	16.7		5	476168	16.7
	1	253525	83.3	10~55%	1	253525	83.3
	2	504783	66.7		2	504783	66.7
	3	583761	50.0		3	583761	50.0
	4	793781	33.3		4	793781	33.3
	5	1288626	16.7		5	1288626	16.7
	1	2000000	85.7	10~50%	1	2000000	85.7
	2	2000000→	71.4		2	2000000→	71.4
	3	2000000→	57.1		3	2000000→	57.1
	4	2000000→	42.9		4	2000000→	42.9
	5	2000000→	28.6		5	2000000→	28.6
	6	2000000→	14.3		6	2000000→	14.3

疲労試験は、電気油圧サーボ式で容量 200kN の疲労試験機を用い、載荷波形を正弦波形とし、載荷速度を 5Hz とした。繰返し応力の大きさは下限応力を静的強度に対して 10%の一定とし、上限応力を気中の場合は 65~75%まで、水中の場合は、50~70%までとし、それぞれ 5%間隔で変化させた。また応力比ごと供試体 5 本ずつを試験に供した。試験用供試体が破壊するか、もしくは繰返し回数が 2×10^6 回に達した場合はその時点で試験を中止し、その時点における疲労寿命を測定した。

キーワード：人工軽量骨材、水中疲労、S-N曲線

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL 092-641-3131 内線 8654 FAX 092-642-3271

3. 結果および考察

疲労試験前後での、材齢にともなう強度増加は見られず、試験後の強度増加による応力比の補正は行わなかった。圧縮強度の平均は、気中および水中それぞれ 46.7N/mm^2 , 46.1N/mm^2 であった。

同一の载荷条件下におけるコンクリートの疲労寿命のばらつきは非常に大きく、疲労試験結果を整理する上で統計的手法を用いることが必要となる²⁾。そこで本試験のように供試体本数が少ない場合は生存確率を考慮し、順序統計量の理論を適用すべきである。すなわち、同一条件で試験された総数 n 本のうち疲労寿命が小さい方から r 番目の供試体の生存確率の期待値 $P(N_r)$ は

$$P(N_r) = 1 - \frac{r}{n+1} \quad [1]$$

となる。また、繰返し回数が 2×10^6 回に達しても破壊しない場合、つまり供試体総本数 n 本のうち、 m 本が規定回数までに破壊しなかった場合は、 $n+1$ 本の供試体が試験されたとして、規定回数 N_x で $n-m+1$ 番目の供試体が破壊したと見なし、寿命の小さい方から数えて r 番目の測定値 N_r での生存確率の期待値 $P(N_r)$ は

$$P(N_r) = 1 - \frac{r}{n+2} \quad [2]$$

となる。上記の生存確率を考慮し、表-2の試験結果を正規確率紙上にプロットしたもののについて、気中の場合を図-1に、水中の場合を図-2に示す。いずれの場合も直線で近似することができ、疲労寿命が対数正規分布に従うことが確認された。

次に、生存確率 $P(N_r)$ が 50% になる平均疲労寿命と、最小応力比 S_2 を考慮した応力比との関係を図-3に示す。図中の実線および点線は、普通コンクリートの気中および水中での $S-N$ 曲線を表す。この関係より、気中での軽量コンクリートの静的強度に対する疲労強度は普通コンクリートに比べて低下するが、水中の場合は、軽量コンクリートと普通コンクリートの疲労強度は同様の値になることが確認できた。気中の場合疲労寿命が低下した理由として、人工軽量骨材の吸水率が大きいため、気乾状態でのコンクリート中の含水量も大きくなったことが原因であると考えられ、水中の場合は、繰返し载荷によって発生するクラックが、常に水で満たされるために、骨材の吸水率に影響されなかったためと考えられる。

4. まとめ

(1) 人工軽量骨材を用いたコンクリートの気中および水中における疲労寿命は対数正規分布することが確認された。

(2) 水中における人工軽量骨材を用いたコンクリートの、静的強度に対する疲労強度は普通コンクリートと同様であることが確認された。

【参考文献】

- 1) 松下博通：水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度に関する研究，土木学会論文報告集，No.296，pp.87-95，1980
- 2) 松下博通ほか：生存確率を考慮したコンクリートの圧縮疲労強度に関する研究，土木学会論文報告集，No.284，pp.127-138，1979

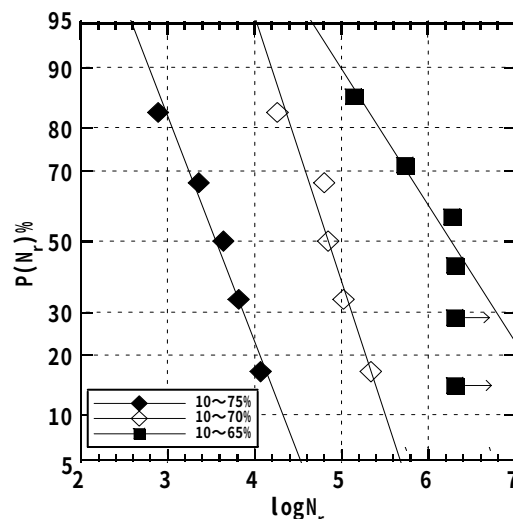


図-1 $P-N$ 線 (気中)

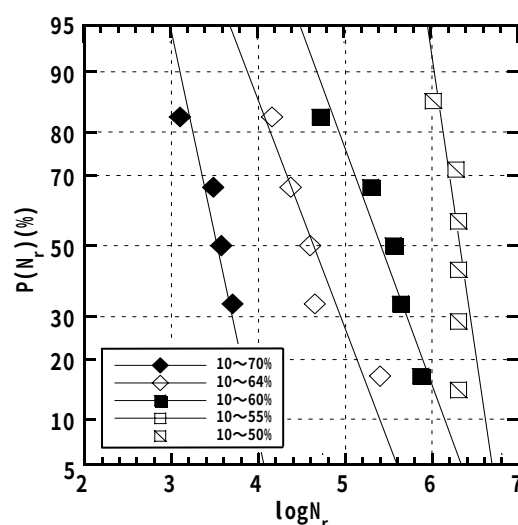


図-2 $P-N$ 線 (水中)

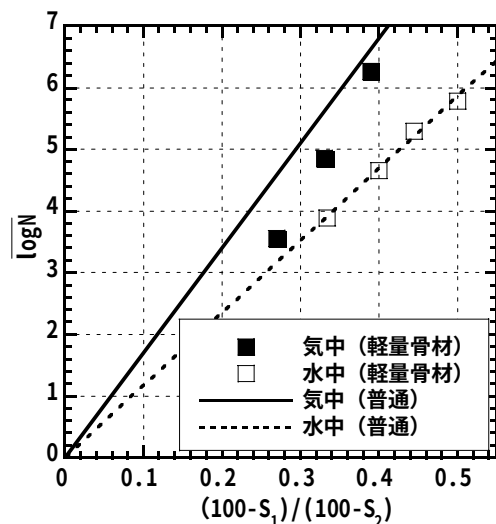


図-3 最小応力比 S_2 を考慮した $S-N$ の関係