

吸水率の異なる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 橋本 学

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 鶴田浩章

九州大学大学院 正会員 佐川康貴

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が常に湿潤である状態に注目し、吸水率の異なる骨材(再生骨材、人工軽量骨材)を用いたときのコンクリートの水中圧縮疲労特性についての検討を行った。

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/cm³)を用い、配合Ⅰでは、粗骨材は人工軽量骨材(表乾密度 1.42g/cm³, 吸水率 9.93%)を表乾状態で用い、細骨材は海砂(表乾密度 2.54g/cm³, 吸水率 2.70%)とした。配合Ⅱでは、粗骨材は再生粗骨材(表乾密度 2.34g/cm³, 吸水率 5.50%)を水洗いしたもの、細骨材は 0.15mm 以下の微粉を全てカット

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)	AE剤 (ml/m ³)
			水 W	セメント C	再生 [*] 細骨材 S	海砂 S	再生 粗骨材 G	人工 軽量 骨材 G		
配合Ⅰ (軽量)	50	48.6	175	350	0	845	0	486	875	0
配合Ⅱ (再生)	50	44.0	180	360	674	0	917	0	1125	28.8

*0.15mm 以下の微粉を全てカット

した再生細骨材(表乾密度 2.12g/cm³, 吸水率 8.58%)とした。また、混和剤はリグニンスルホン酸系の AE 減水剤とアルキルアリルスルホン酸系の空気連行剤を用いた。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±1cm、目標空気量を 4.0±

0.5%となるように試験練りにより決定した。

表-2 水中疲労試験結果

2. 2 試験方法

静的強度は JIS A 1108 に従い、疲労試験前と試験後に円柱供試体(φ 7.5×15cm)を水中で 5 本ずつ測定し、試験前の 5 本の平均を載荷時の静的強度とした。材齢は 3 ヶ月以上養生室内(温度 20℃, 湿度 95%以上)で湿空養生を行い、各供試体は試験開始 14 日前から水浸させ、疲労試験時にコンクリート内部が完全に含水状態であるようにした。

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 50%~70%まで 5%間隔で変化させ、応力毎に供試体 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 2×10⁶ 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。

配合Ⅰ(軽量)					配合Ⅱ(再生)				
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) (%)	
10~70%	1	3443	83.3		10~70%	1	1737	83.3	
	2	5764	66.7			2	3938	66.7	
	3	6364	50.0			3	5365	50.0	
	4	8774	33.3			4	14462	33.3	
	5	27194	16.7			5	20891	16.7	
10~65%	1	10430	83.3		10~65%	1	20499	83.3	
	2	44871	66.7			2	30011	66.7	
	3	54873	50.0			3	32286	50.0	
	4	81901	33.3			4	63317	33.3	
	5	92780	16.7			5	67977	16.7	
10~60%	1	82680	83.3		10~60%	1	49038	83.3	
	2	125526	66.7			2	98215	66.7	
	3	228526	50.0			3	116738	50.0	
	4	255513	33.3			4	218070	33.3	
	5	476168	16.7			5	516542	16.7	
10~55%	1	253525	83.3		10~55%	1	526361	83.3	
	2	504783	66.7			2	657812	66.7	
	3	583761	50.0			3	741582	50.0	
	4	793781	33.3			4	983139	33.3	
	5	1288626	16.7			5	1204403	16.7	
10~50%	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	

3. 結果および考察

3. 1 静的強度試験

疲労試験前から試験後にかけての強度増加は見られず、試験後の強度増加による静的強度の補正は行わなかった。10本の平均強度は配合Ⅰで46.8N/mm²、配合Ⅱで33.9N/mm²であった。

3. 2 疲労寿命分布

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配合Ⅰ（軽量）を図-1に、配合Ⅱ（再生）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。

3. 3 最小応力比 S_2 を考慮した $S-N$ の関係

生存確率 $P(N_r)$ が50%になる疲労寿命（平均疲労寿命 $\overline{\log N}$ ）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。図中の実線は普通コンクリートの気中における $S-N$ 曲線で、点線は水中を表す。図の $S-N$ の関係より、骨材の種類によらず、水中における静的強度に対する疲労強度は全て同じとなった。この理由として、コンクリート中の新たに発生したクラックに対して常に水が供給される状態にあるため、骨材の吸水率に係わらず静的強度に対する疲労強度が一定になったと考えられる。

4. まとめ

- (1) 軽量骨材、再生骨材を用いたコンクリートの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) 骨材の種類が異なるコンクリートの静的強度に対する疲労強度は、骨材の吸水率に係わらず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

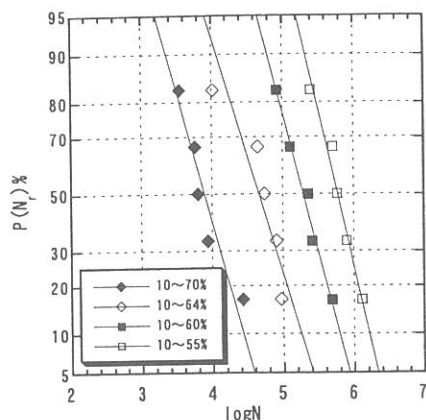


図-1 配合Ⅰ（軽量） $P-N$ 線

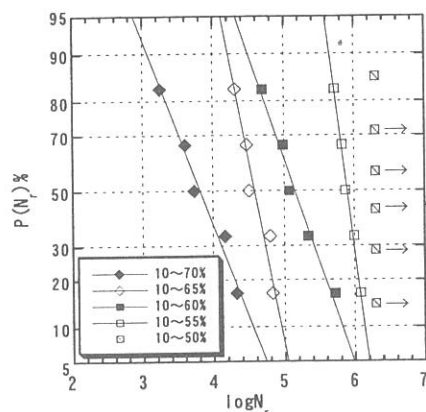


図-2 配合Ⅱ（再生） $P-N$ 線

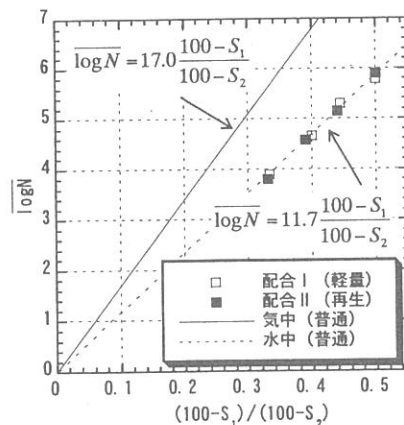


図-3 最小応力比 S_2 を考慮した $S-N$ 関係の比較