

舗装用ポーラスコンクリートの水中圧縮疲労特性

東京都土木技術研究所 正会員 関口 幹夫
太平洋セメント(株) 正会員 白井 一義

1. はじめに

コンクリートの水中における疲労強度は、気中に比べて大きく低下することが知られているが¹⁾、透・排水性舗装材料として使用されるポーラスコンクリートは、特に水中における疲労が問題となると考えられる。本報では舗装用ポーラスコンクリートの疲労特性の基礎的検討として、気中および水中における圧縮疲労について検討した結果を示す。

2. 実験概要

実験に用いたポーラスコンクリート(以下 PoC)および普通コンクリート(以下 NC)の配合を表 1 および表 2 に示す。PoC の目標空隙率は 15%、18%および 21%であり、使用材料は早強セメント、ポーラスコンクリート用無機系混和材(T社製ポアミックス)、千葉県君津産細目砂および茨城県岩瀬産砕石である。NC の使用材料は普通セメント、千葉縣市原産山砂、高知県鳥形産砕砂、北海道義朗産砕石および AE 減水剤である。PoC の供試体は所定の空隙率を得られる容積分の試料を計量し、半量ずつφ10×20cm の型枠に投入して振動タンパにより締固める方法により作成し、上下をセメントペーストによりキャッピングした。

各供試体は翌日脱型後水中養生を行い、材齢 105 日で気中および水中において静的な圧縮強度試験を行った。表 3 に静的な圧縮強度を示す。これを基準に気中および水中でそれぞれ上限応力を 3 段階に変化させ、下限応力を 10%に固定して疲労試験を行った。ただし疲労試験中に強度が増進しているため、結果の考察は疲労試験後の静的強度の平均増加率(PoC、NC 別)を 1/2 した係数を、各基準強度に乗じたうえで行った。疲労試験機はアムスラー型およびサーボパルス型を用い、波形は正弦波、繰り返し周波数は 1 万回までが 3Hz、1 万回以上は 5Hz とした。各水準の供試体本数は 3 本とし、繰り返し回数は最大 1000 万回とした。

また、疲労試験中、繰り返し回数 1 万回、10 万回および 100 万回において試験を中断し、コンタクトストレーンゲージを用いて、疲労により生じる永久ひずみおよび弾性ひずみの測定を行った²⁾。

3. 実験結果

各水準における上限応力と疲労寿命の関係(S-N 線図)を図 1~図 4 に示す。矢印付きの記号は破壊しなかったものを表す。また図中の回帰直線は疲労寿命の対数正規分布を仮定して描いたものであり、破壊確率 50%のラインを表す。なお、破壊しなかった供試体も回帰には 1000 万回として用いている。表 4 には S-N 関係の回帰式および回帰式から求めた 200 万回強度を示す。

PoC の疲労寿命は NC と比較してばらつきは大きい、気中・水中とも回帰直線の傾きが NC よりも小さく

表 1 ポーラスコンクリート(PoC)の配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	W/P (%)	m/g (%)	P/S	空隙率 (%)	単位量(kg/m ³)				
					水 W	セメント HC	混和材 PM	細骨材 S	粗骨材 G
13	18	47	2.0	15	70	311	77	194	1515
				18	67	300	74	187	1461
				21	65	289	71	180	1408

表 2 普通コンクリート(NC)の配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				
					水 W	セメント NC	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
20	60	47	5	2.0	175	292	878	1000	0.73

表 3 コンクリートの静的強度

空隙率	環境	28 日強度 (N/mm ²)		疲労試験前後 圧縮強度(N/mm ²)	
		圧縮	曲げ	開始前 (105 日)	終了後 (528 日)
15%	気中	41.4	4.95	41.5	49.7
	水中	-	-	41.3	-
18%	気中	27.4	4.61	31.7	34.9
	水中	-	-	28.1	-
21%	気中	20.6	4.01	23.8	29.2
	水中	-	-	19.6	-
普通 コンクリート	気中	40.1	4.85	49.9	60.4
	水中	-	-	48.9	-

キーワード：ポーラスコンクリート、水中疲労、疲労強度、永久ひずみ、弾性ひずみ

〒136-0075 東京都江東区新砂 1-9-15 電話 03-5683-1520 FAX 03-5683-1515

なる。試験を 1000 万回で中断したため、気中においては 65% 付近ですべての回帰直線が収束するが、水中においては今回の試験範囲の応力では PoC の疲労寿命の方が長い。水中における 200 万回疲労強度は、NC が静的強度の 32% であるのに対し、PoC は 41~51% である。修正 Goodman 線図を用いて求めた完全片振り（下限応力 $S_2=0$ ）換算での 200 万回疲労強度も、NC が 24% に対して PoC は 35~46% である。このことから、PoC は上限応力が比較的低い領域においては、NC よりも高い水中疲労抵抗性を持つといえる。

コンタクトストレインゲージによるひずみ測定より求めた、気中の上限応力 64% における供試体の応力 - ひずみ関係の一例を図 5 および図 6 に示す。NC はヒステリシスが大きく、また疲労の進行による永久ひずみの増加が大きいのに対し、PoC はヒステリシスが小さく、永久ひずみの増加も NC より小さい。これは、PoC の単位粗骨材量が大きく粗骨材同士が密着していることと、モルタル中の水結合材比が小さく組織がより緻密であるためと考えられ、これらは疲労特性にも大きな影響を及ぼしていると考えられる。

4. おわりに

舗装用ポーラスコンクリートの圧縮疲労抵抗性は、とくに低応力下で普通コンクリートよりも優れており、下限応力 10% における水中 200 万回疲労強度は普通コンクリートが静的強度の 32% であるのに対し、ばらつきは多いものの 41~51% を示した。今後はポーラスコンクリートおよびポーラスコンクリートと普通コンクリートの複合舗装版の曲げ疲労について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 松下：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 296 号、pp.87-95（1980.4）
- 2) 田中、関口：人工軽量骨材コンクリートの圧縮疲労特性について、東京都土木技術研究所年報、pp.195-216（1971）

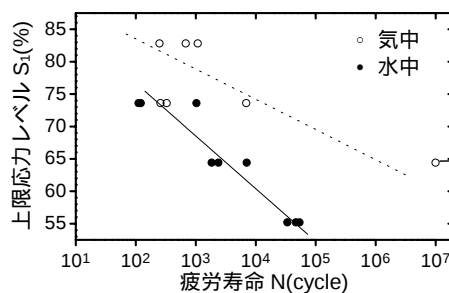


図 1 S-N 線図 (空隙率 15%)

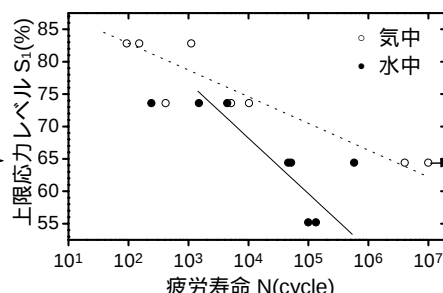


図 2 S-N 線図 (空隙率 18%)

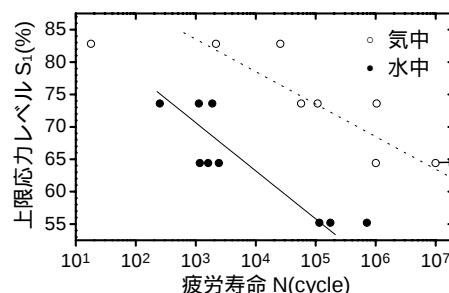


図 3 S-N 線図 (空隙率 21%)

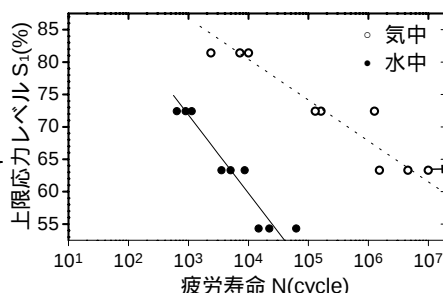


図 4 S-N 線図 (普通コンクリート)

表 4 回帰式および 200 万回疲労強度

空隙率	環境	回帰式	200 万回疲労強度(%)		水中強度 / 気中強度	
			$S_2=10\%$	$S_2=0\%^*$	$S_2=10\%$	$S_2=0\%^*$
15%	気中	$S_1=-3.382\log N+87.90$	66.6	62.9	0.63	0.56
	水中	$S_1=-8.136\log N+92.95$	41.7	35.2		
18%	気中	$S_1=-3.765\log N+89.56$	65.8	62.0	0.78	0.74
	水中	$S_1=-6.960\log N+95.17$	51.3	45.9		
21%	気中	$S_1=-4.927\log N+98.14$	67.1	63.4	0.73	0.68
	水中	$S_1=-6.257\log N+88.43$	49.0	43.3		
普通 コンクリート	気中	$S_1=-6.217\log N+105.19$	66.0	62.2	0.49	0.39
	水中	$S_1=-12.049\log N+107.97$	32.0	24.5		

*修正 Goodman 線図による

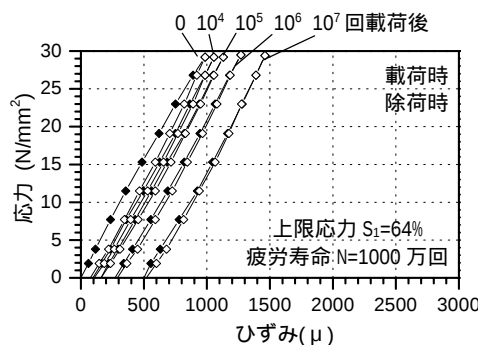


図 5 応力 - ひずみ線図 (空隙率 15%・気中)

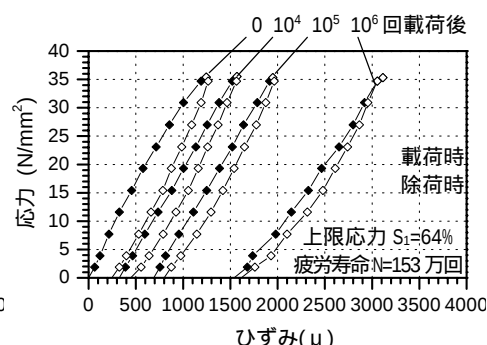


図 6 応力 - ひずみ線図 (普通コンクリート・気中)