

室蘭工業大学 学生員 鈴木 崇

室蘭工業大学 正 員 尾崎 昶

室蘭工業大学 正 員 志村政雄

1. 目的

コンクリートの疲労に関する研究は、圧縮あるいは曲げ疲労が大半であり、引張疲労に関する研究は数少ない²⁾。さらに、水中における引張疲労となれば限られたものになってしまう。現在、水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度に関しては、大気中に比べて著しく低下することが確認されている¹⁾。そこで、本研究では、大気中と水中におけるコンクリートの引張疲労強度を割裂疲労試験により究明し、水中におけるコンクリートの引張疲労強度の低下する割合を確かめる。また、コンクリート、モルタル、ペーストの疲労強度をそれぞれ比較することで、骨材の有無および大小が疲労強度に与える影響を検討する。さらに、割裂疲労破壊した供試体では、破壊面の観察が容易である利点を生かし、大気中と水中、疲労破壊と静的破壊のそれぞれの場合について界面破壊率を求め比較する。以上を本研究の目的とするものである。

2. 実験概要

疲労試験に用いたコンクリート、モルタル、ペーストの各配合

を表-1に示す。ここで用いたセメントは、普通ポルトランドセメント、細骨材は海砂、粗骨材は砕石である。疲労試験用の供試体としては、コンクリートは $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ 、モルタルとペーストは $\phi 7.5 \times 15 \text{ cm}$ の円柱供試体を製作した。各供試体は、疲労試験を開始するまでに、 20°C の恒温水そうで3ヶ月間（モルタルは2ヶ月間）養生した。水中で疲労試験をする場合の供試体は、そのまま水中にて疲労試験を行なった。これに対して、大気中で疲労試験をする場合は、上記の養生後に供試体を1ヶ月間自然乾燥した後に疲労試験をした。このとき、乾燥率はコンクリートが2.1%、モルタルは2.9%であった。

表-1 示方配合

	コンクリート	モルタル	ペースト
粗骨材最大寸法 (mm)	20	—	—
スランプ (mm)	80	—	—
空気量 (%)	4.5	7.5	15
W/C (%)	50	50	50
S/A (%)	42	—	—
単位量			
セメント	156	263	520
水	312	526	1040
砂	811	1366	—
砕石	1080	—	—
水灰比 (cc)	55	93	183

引張疲労試験は、割裂疲労試験で実施した。この際、大気中と水中におけるコンクリート、モルタル、ペーストについて、それぞれ4段階の上限応力比を設定した。下限応力比は、6%（ペーストは10%）と一定にした。また、繰返し荷重の型式は正弦波荷重とし、載荷速度は6~10 Hz とした。供試体をセットするときには、縦横両方向に偏心載荷にならないように注意を払った。なお、疲労破壊した供試体については、破壊面の観察を行なった。200万回の繰返し回数で破壊しなかった供試体は、途中打ち切りとした。最後に、大気中におけるペーストの引張疲労試験をする予定であったが、大気中で自然乾燥中に、乾燥収縮によるひび割れができたため、中止することにした。

3. 結果と考察

図-1は、大気中におけるコンクリートとモルタルのP-N線図（対数正規分布）でのP(N)=50%の点によるS-N曲線である。引張疲労における200万回疲労強度は、大気中でコンクリートが静的強度の63%、モルタルが67%という結果を得た。コンクリートとモルタルの疲労強度の差は4%である。ここで得たコンクリートの疲労強度は、文献2)の結果とほとんど同じであった。大気中でペーストを疲労試験していれば、コンクリートとモルタルの疲労強度と大きな差はなかったろうと、文献3)から推察できる。

図-2は、水中におけるコンクリート、モルタル、ペーストのP-N線図（対数正規分布）でのP(N)

表-2 S-N曲線式 S2=0%

		S-N曲線式		200万回 疲労強度	Kの値
引 張 強 度	コンクリート	大気中	$S_1 = -0.0591 \log N$	63%	14.9
		水中	$S_1 = -0.0871 \log N$	45%	11.5
	モルタル	大気中	$S_1 = -0.0529 \log N$	67%	18.9
		水中	$S_1 = -0.0815 \log N$	49%	12.3
圧 縮 強 度	ペースト	大気中	$S_1 = -0.0393 \log N$	75%	25.3
		水中	$S_1 = -0.0685 \log N$	57%	14.6
引 張 強 度	コンクリート	大気中	$S_1 = -0.1099 \log N$	31%	9.1
		水中	$S_1 = -0.1099 \log N$	31%	9.1

=50%の点による
S-N 曲線である。
引張疲労における2
00万回疲労強度は、
水中でコンクリート
が静的強度の45%、
モルタルが49%、
ペーストが75%と
いう結果を得た。こ
こで、コンクリート

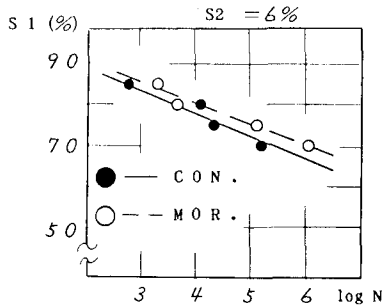


図-1 大気中におけるS-N 曲線

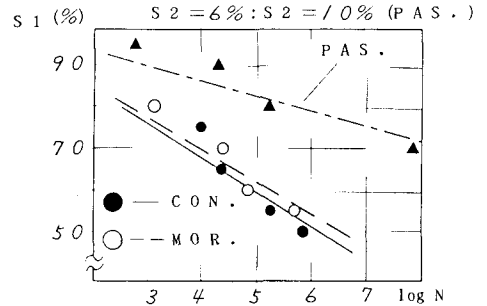


図-2 水中におけるS-N 曲線

とモルタルの疲労強度の差が4%なのに対して、コンクリートとペーストでは、疲労強度の差が30%もある。以上のことより、引張疲労強度において、水中ではコンクリートとモルタルが共に大気中より疲労強度が18%低下することが確かめられた。水中において疲労強度が低下する原因は、骨材の影響が大きく、粗骨材も細骨材も同程度に低下の原因となっていると考えられる。

図-3は、コンクリートについて、引張疲労と圧縮疲労を比較したS-N 曲線である。圧縮疲労において、200万回疲労強度は大気中で静的強度の57%、水中では31%である¹⁾。したがって、200万回疲労強度は、大気中と水中の両方共に、それぞれ圧縮疲労強度より引張疲労強度の方が大きいことになる。また、引張疲労強度においても圧縮疲労と同様に水中では、コンクリートの疲労強度が低下することが確認された。

図-1~3における、S-N 曲線式 ($\log N = K / (-S1) / (-S2)$) は、表-2に示してある。

次に、疲労破壊した供試体について、破壊面を観察した。コンクリートの破壊面における粗骨材の界面破壊率(=界面破壊粗骨材数/全粗骨材数×100)を測定した結果を図-4に示す。この結果として、大気中より水中の方が界面破壊率が高く、大気中と水中の両方において、静的に破壊した供試体より、疲労破壊した方が界面破壊率が高くなっている。このことは、コンクリートとモルタルの疲労強度を比較すれば、モルタルにつ

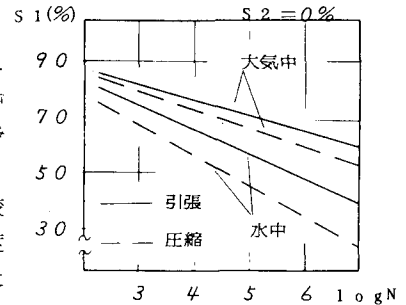


図-3 コンクリートの引張と圧縮疲労のS-N 曲線

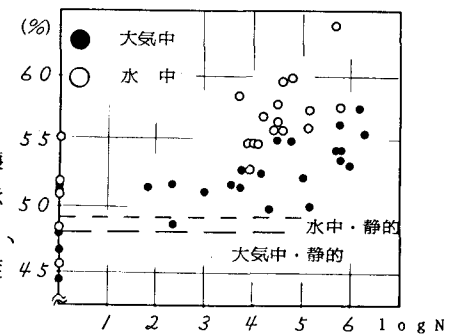


図-4 コンクリートの界面破壊率と破壊回数

いても同じ結果が予想される。以上より、水中で疲労強度が低下するのは、骨材とセメントペーストの付着劣化による界面破壊が、水中では大気中より進行しやすいためと考えられる。

4. 結論

- 1) 引張疲労において、200万回疲労強度は、大気中で静的強度のコンクリートが64%、モルタルが67%、水中でコンクリートが45%、モルタルが49%、ペーストが75%である。
- 2) 水中で疲労強度が低下する原因として、粗骨材と細骨材が同程度に影響している。
- 3) 引張疲労において、界面破壊率は、大気中より水中の方が高い。

(参考文献)

- 1) 鈴木、尾崎：「コンクリートの圧縮疲労についての一考察」北海道支部論文報告集 第40号
- 2) 松下、近田：「割裂試験方法によるコンクリートの引張疲労強度に関する研究」セメント技術年報 35
- 3) N. K. RAJU：「Comparative Study of the Fatigue Behavior of Concrete, Mortar, and Paste in Uniaxial Compression」A. C. I. 1970. 6