

室蘭工業大学 正員 尾崎 誠
志村政雄

1. はじめに

繰返し回数 200 万回の寿命におけるコンクリートの疲労強度は静的強度の 60%程度といわれているが、これは大気中における疲労試験の結果であり、供試体も乾燥したコンクリートを用いた場合であることが多い。これに対して、例えば一度乾燥したコンクリートを再び吸水させた場合には、疲労強度が低下するといわれており、海洋コンクリート構造物など、水中環境におけるコンクリートの疲労強度は大気中におけるよりも著しく低下することが予想されていた。この水中疲労については、すでに松下氏が、長期材令の供試体を10日間吸水させて試験した1000万回の片振り疲労強度が水中では静的強度の40%（大気中では60%）となることを明らかにしている。¹⁾ 著者らは、28日間水中養生したAEコンクリート供試体を大気中で乾燥させることなく、引続きそのまま水中で試験した場合の圧縮疲労強度に関する実験結果を発表する。

2. 実験材料

実験に用いたコンクリートは、表-1のような配合のコンクリートで、これに用いたセメントは比重3.15の普通ポルトランドセメント、細骨材は比重2.65で粗粒率2.67の海砂、粗骨材は比重2.79の川砂利である。可傾式コンクリートミキサを用いて練り混ぜた36ℓのバッチコンクリートごとにスランブと空気量を試験した後、φ10×20cmの円柱供試体13本を製作した。フリージング終了後セメントペーストでキャッピングした供試体を翌日脱型し、20℃の恒温水槽中で28日間養生した。

3. 試験方法

疲労試験は、比較的高温の25～30℃と比較的低温の0～5℃の2種の温度下で実施し、水中における疲労試験のほか、比較のために大気中の試験もおこない、合計4種の環境下で実施した。これらの試験は、いずれも材令28日後にすみやかに実施する方法を採用した。ただし、大気中の疲労試験はいつも水中試験の後に実施したので、材令28日後4～5日間湿度60%の大気中におかれていたが、試験の際のコンクリートの乾燥度（蒸発水の重量百分率）は $1.2 \pm 0.09\%$ と、ほぼ一定に保つことができた。疲労試験に先立ち、繰返し荷重の基準となる静的強度をバッチごとに3本の供試体によって試験をした。バッチ間の変動が予想されたので、バッチごとに基準値を変えて応力比を決めて行ったが、水中における静的強度は $328 \pm 50 \text{ kg/cm}^2$ （8バッチの平均）、大気中における静的強度は $267 \pm 40 \text{ kg/cm}^2$ （9バッチの平均）であった。繰返し荷重の大きさは、大気中の疲労試験では大気中の静的強度の80, 70, 65, 60%の5段階を圧縮の上限応力比として採用し、水中の疲労試験では水中の静的強度の65, 60, 55, 50, 45%の5段階を上限応力比として選んだ。一方、下限応力比は、できるだけ片振に近ずけるべく、1トンの下限荷重に固定したので、大気中の場合は4.7%，水中の場合は3.9%となった。繰返し荷重の型式は正弦変化荷重とし、10Hz（600回/分）の一定繰返し速度を採用した。試験は連続して200万回までの繰返し載荷をおこない、供試体が疲労破壊するまでの繰返し数を測定した。

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法	25mm
スランブの範囲	7.5±0.5cm
空気量の範囲	5±0.5%
水セメント比、w/c	47%
細骨材率、s/a	40%
単位水量、W	135kg
単位セメント量、C	285kg
単位細骨材量、S	779kg
単位粗骨材量、G	1235kg
単位AE剂量（ビンゾール）	210cc

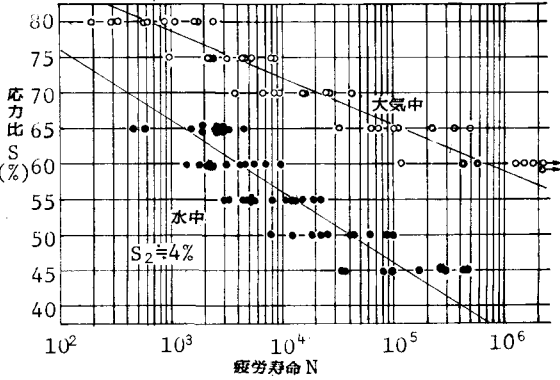


図-1 実験結果を示すS-N線図

4. 実験結果

実験結果をS-N線図にプロットすると、図-1のようになり、大気中に比べて水中の疲労強度が著しく低下することがはっきりしている。なお、温度差の影響はほとんど表われなかったので考慮しないことにした。

繰返し応力比ごとに生存確率の期待値を、 $P(N)=1-r/(n+1)$ によつて求め、疲労寿命に対し対数正規分布を仮定すれば、大気中および水中における疲労のP-N線図は、それぞれ図-2および図-3のように書ける。

図中の縦軸には、生存確率 $P(N)$ のほか、回帰直線を表わすのに都合のよい基準正規分布の変数 t の値をあわせて記入してある。

これらの回帰直線より、 $P(N)=50\%$ ($t=0$) と $P(N)=90\%$ ($t=1.28$) の点を求めてプロットしたのが図-4である。これから求まる回帰直線によれば、200万回の疲労寿命では、生存確率50%の場合でも、水中における疲労強度は静的強度の33% (大気中では57%) に低下している。しかも、生存確率90%の場合には、何と、静的強度の24%まで下ってしまう。

5. 結論

生存確率50%の場合の回帰直線式を修正グッドマン線図を利用して、下限応力 $0\text{kg}/\text{cm}^2$ の完全な片振り圧縮の場合の式に換算すれば、大気中では $S=0.984-0.068 \log N$ 、水中では $S=0.958-0.105 \log N$ となり、松下氏の結果と比較すれば、図-5のようになる。これによれば、200万回の疲労強度は大気中では55%、水中では30%となり、松下氏の結果と比べて著しく低い。

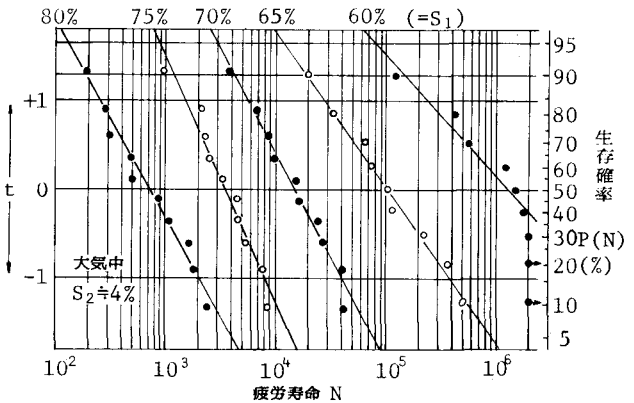


図-2 大気中における疲労の P-N 線図

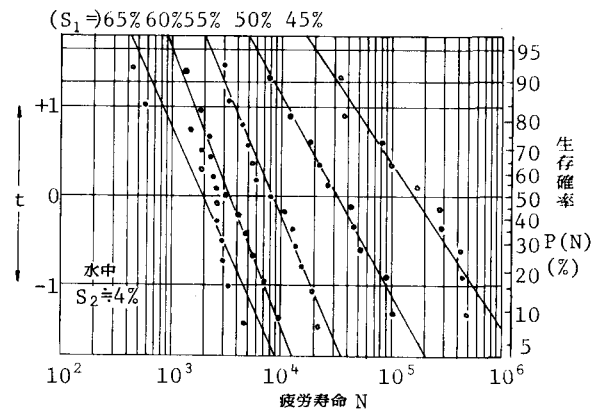


図-3 水中における疲労の P-N 線図

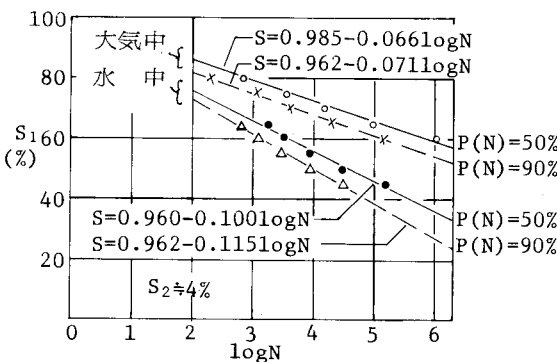


図-4、大気中と比較した水中の S-N-P 線図

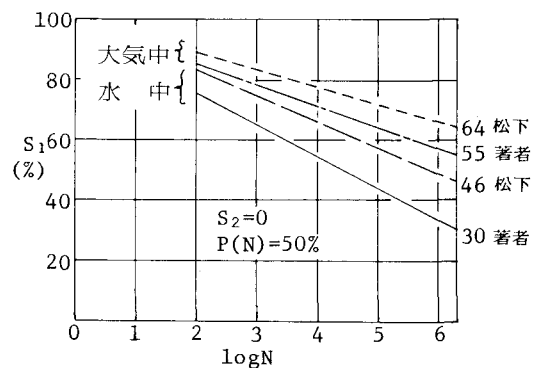


図-5 片振り圧縮の S-N 線図の比較

1) 松下博通, コンクリートの水中圧縮強度に関する研究, 土木学会第34回年次学術講演概要集, 第5部, 昭和54年10月。