

V-240

高炉スラグ組成物を用いたコンクリートの水中疲労

室蘭工業大学 正会員 尾崎 誠
 室蘭工業大学 正会員 菅田紀之
 室蘭工業大学 学生員 信太一人

1. はじめに

コンクリート空隙中の水は静的強度に影響する以上に疲労強度を低下させることが明らかになっており、土木学会コンクリート標準示方書でも疲労強度式 $(1 - S_2) \log N = K (1 - S_1)$ におけるKの値を水中では 10 として、大気中の値の 17 と区別している。

本研究は、水中疲労強度の改善を目的として、N社が開発した高炉スラグ組成物を用いたコンクリートの水中圧縮疲労試験を行ない、過去の大気中における試験結果等と比較検討したものである。

2. 実験材料

使用した高炉スラグ組成物（NEM）は、最大粒径 $10\mu\text{m}$ 以下でブレン粉末度 $8,000\text{cm}^2/\text{g}$ のスラグ高微粉末（ α ）とポルトランドセメント（C）を配合した比重3.03のバインダーに比重2.80のスラグ細骨材（ β ）を加えた比重2.94のプレミックスドライ

表一．コンクリートの配合

水結合材比 $\frac{W}{C+\alpha}$ (%)	細骨材率 $\frac{s}{a}$ (%)	単 位 量 (kg/m^3)				
		水 W	スラグ組成物 NEM			粗骨材 G
			セメント C	スラグ高微粉末 α	スラグ細骨材 β	
41	44	171	208	208	278	996

モルタルである。この高炉スラグ組成物の構成百分率は、 $C=30\%$ 、 $\alpha=30\%$ 、 $\beta=40\%$ であり、固形分で0.4 %の高性能減水剤がプレミックスされている。コンクリート用細骨材としては比重2.76の幌別産海砂を、粗骨材としては最大寸法15mm、比重2.65の敷生川産碎石を使用した。コンクリートの配合は表一1の通りである。直径7.5cm、高さ15cmの円柱供試体80本を2バッチで製作した。スランブは7.5cm および8.0cm、空気量は1.9 %および1.8 %であった。供試体は疲労試験に供するまで 20°C の恒温水槽で養生したが、材令28日における圧縮強度は715 と $700\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。

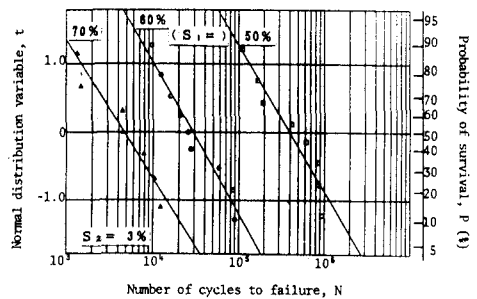
3. 試験方法

疲労試験は養生水槽から取り出した材令3ヵ月以上の供試体を、内径31cm、高さ29cmの試験水槽に移し、疲労試験機にセットして行なった。繰り返し荷重は5～8Hzの正弦波荷重で、下限応力を静的基準強度の3 %に固定し、上限応力を50%、60%、70%の3種に設定した。静的基準強度はそれぞれのバッチで $779\text{kg}/\text{cm}^2$ と $758\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。

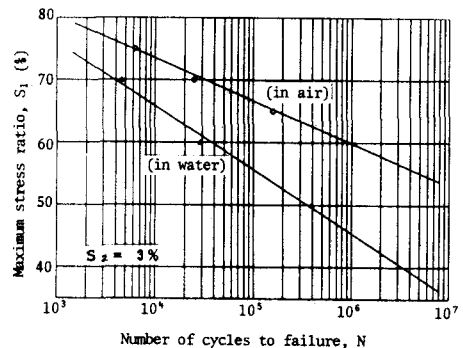
これらの供試体には、あらかじめストレインゲージを縦横方向に対称に2枚ずつ接着し、繰り返し载荷中の歪みを測定する一方、試験水槽内のpHの変化を測定して供試体から溶出する水酸化カルシウム量を推定した。

4. 疲労強度

繰り返し応力比ごとに生存確率の期待値を $P=1-r/(n+1)$ で求め、対数正規分布を仮定して、試験結果を図一1のよ



図一1．P-N線図



図二2．S-N線図

うなP-N線図に描いた。

これらの回帰直線における $P = 50\%$ の点を求めてプロットし、これから求まった回帰直線を図-2に記した。200万回の中疲労寿命は静的強度の42%となっている。

これを下限応力 0 kg/cm^2 の完全片振り圧縮の場合に換算すれば、図-3のようになる。比較のために、本実験結果（NW）と大気中疲労結果（NA）のほか、普通コンクリートの中疲労（OW）および大気中疲労の結果（OA）も記した。これによれば、高炉スラグ組成物による水中疲労強度の改善効果は50%には及ばなかったことになる。

5. pH値

供試体から溶出する水酸化カルシウムによって増加する疲労試験水槽内のpHの変化を図-4に示す。これによれば、溶出水酸化カルシウム推定量は普通コンクリートの10分の1以下に減少していることから、溶出の水みちになるひびわれ等の欠陥が普通コンクリートの場合の3分の1ぐらいに改善されたものと思われる。しかし、破壊直前にはpHが急速に増大する傾向が見られ、疲労破壊が急速に進んことを示している。

6. 体積歪み

繰り返し荷重による供試体の縦方向の圧縮歪みと横方向の引張歪から合成した体積歪みの結果を図-5に示した。一定の圧縮歪みを保って疲労寿命が延びたにもかかわらず、破壊直前に急激に膨張して破壊する水中疲労特有の挙動は普通コンクリートの場合とほぼ同じであった。

7. ヒステリシスループ

コンクリートの応力-歪曲線は繰り返し荷重下で、ヒステリシスループを描く。初回のヒステリシスループ A_1 に対する各繰返回数 n におけるヒステリシスループ A_n の面積比 A_n/A_1 の関係を図-6に記した。これによれば、初期には大気中における普通コンクリートの場合よりも減少し、エネルギー損失が極めて小さいことを示している。

8. 結論

高炉スラグ組成物を利用したコンクリートの200万回完全片振り水中疲労強度は静的強度の約41%となり幾分改善されたが、水中で約30%，大気中で約56%である普通コンクリートに対する改善効果としては50%以下に留まった。

高炉スラグ組成物の利用により、水中における疲労破壊の開始を遅らせる効果はあったが、水の作用による破壊力には抵抗できず、急激なひびわれ拡大を抑えることは出来ないことが、pHおよび歪の測定から推測された。

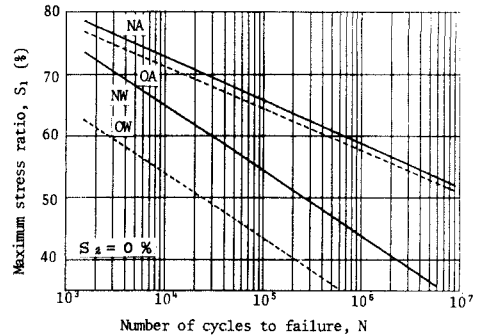


図-3. S-N線図の比較

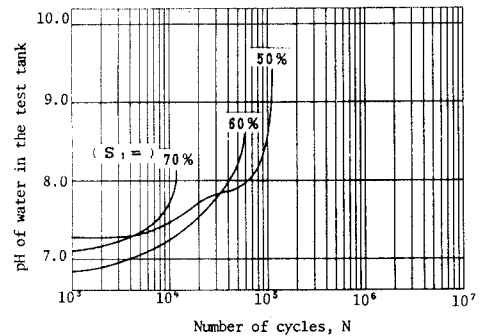


図-4. 溶出物による水槽内のpH

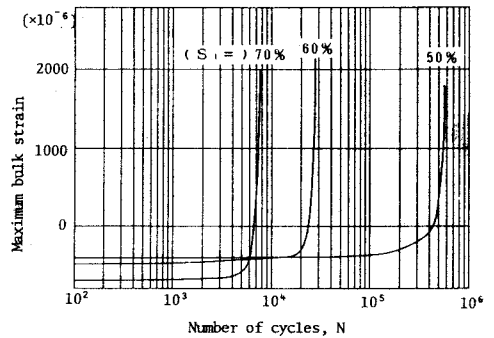


図-5. 繰り返し荷重による体積歪

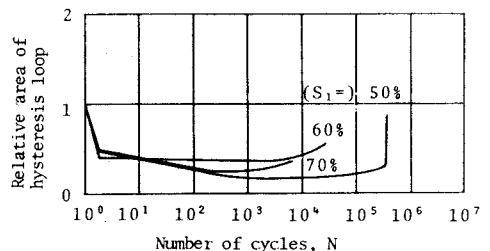


図-6. ヒステリシスループの面積比