

高炉スラグ微粉末を用いた高強度コンクリートの疲労特性

九州大学大学院 学生員 矢原輝政
 九州大学工学部 フェロー 松下博通
 九州大学大学院 学生員 川崎英司
 新日鐵化学(株) 正会員 近田孝夫

1. 目的

コンクリート構造物の大型化や、長期の使用年月による劣化で補修が行われるコンクリート構造物の増大等の問題から、主として耐久性の向上に寄与する高炉スラグ微粉末を用いた高強度コンクリートの構造物への適用が推進されてきており、それを設計するに当たり、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの繰返し荷重下での挙動に関するより正しい資料が必要となってくる。

そこで本研究では高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの疲労試験を行い、検討を行った。

2. 内容

2-1 実験方法

本実験に当たり、表-1に示す3種類の配合を用意した。いずれの配合も設計基準強度を45N/mm²とし、単位水量を一定とした。蒸気養生は、打設後24時間蒸気養生（前置き3時間、昇温11.7℃/時間、最高温度55℃で6時間保持した後放冷）し、その後脱型して恒温恒湿室（温度20℃、湿度65%）で材令7日まで養生した。標準養生は、打設24時間後に脱型し、7日間恒温恒湿室で水中養生した。その後は両養生ともに常温で気中乾燥とした。試体はφ7.5×15cmの円柱供試体とした。

表-1 コンクリートの配合

No.	結合材の種類	養生方法	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤		スランプ [*] (cm)	空気量 (%)
					W	C	E s	S	G	H P-11	AE助剤		
I	H+Es50	蒸気養生	51	45	155	152	152	851	1051	0.70%	—	8.5	3.0
II	H	蒸気養生	56	48	155	277	—	924	1011	1.00%	—	8.5	3.9
III	H+Es50	標準養生	44	43	155	176	176	767	1027	0.65%	1.5A	10	4.5

※H+Es50:高炉スラグ置換率50%.H:早強ポルトランドセメント単身

疲労試験は電気油圧サーボ式、容量20tの疲労試験機を用いて行った。載荷荷重形式は載荷波形を正弦波とし、載荷速度を300回/分とした。繰返し応力比の上限 S_1 は表-2に示す静的基準強度に対して65~90%とし、下限 S_2 は10%で一定とした。また、繰返し載荷の規定回数は200万回とし、この規定回数でデータを打ち切ることとした。

表-2 静的圧縮強度試験結果

No.	28日強度	試験開始時強度
I	374	392
II	444	444
III	580	596

2-2 試験結果および考察

1) 疲労強度 疲労寿命分布が対数正規分布に従うものと仮定すると、疲労寿命と生存確率 $P(Nr)$ の関係は図-1のようになる。 $P(Nr)$ は順序統計量の理論により求まる繰返し回数 Nr における生存確率の期待値である。

配合IIIは、試験中の材令による静的強度増進のため、そしてその静的強度が大きく、繰返し応力比の上限の荷重を載荷する際に試験機の最大能力を使用しなければならなかったため、長時間に及ぶ今回の実験では設定応力比どおりに載荷できず、生存確率を考えることができ

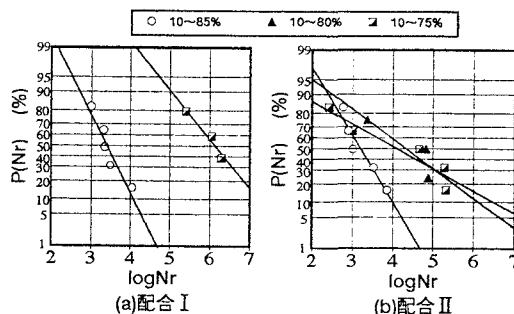


図-1 P-N線図

なかった。

この回帰直線より求めた疲労寿命 $\log N$ と繰り返し応力比の関係をプロットすると図-2ようになる。この直線は、普通コンクリートにおける $\log N$ と繰り返し応力比の関係を表す式であり、この図より配合Ⅰ、Ⅲはこの直線のやや上部に位置するものが多いことがわかる。また配合Ⅱはおおむねこの直線に回帰されそうである。つまり、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートは養生の違いに関わらず、やや疲労強度が大きいと推測できる。

2) 変形性状 繰り返し载荷による縦ひずみ、横ひずみの変化を図-3に示す。この図を見る限り、破壊近傍でのひずみ量は高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートのほうが小さいが、普通コンクリートと高炉スラグ混入コンクリートのひずみの変化に差異は見受けられない。

また配合Ⅰのひずみ速度の変化を図-4に示すが、これより疲労寿命が小さいほど定常領域におけるひずみ速度が大きいことがわかる。そこでひずみ速度と疲労寿命の関係を調べたところ、図-5のような直線関係が得られた。つまり、定常領域から疲労寿命の推定が可能となったのである。

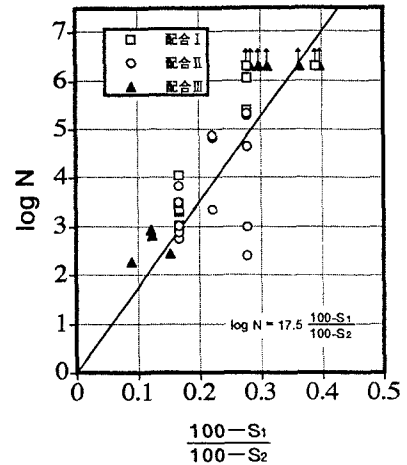


図-2 繰り返し応力比と疲労寿命の関係

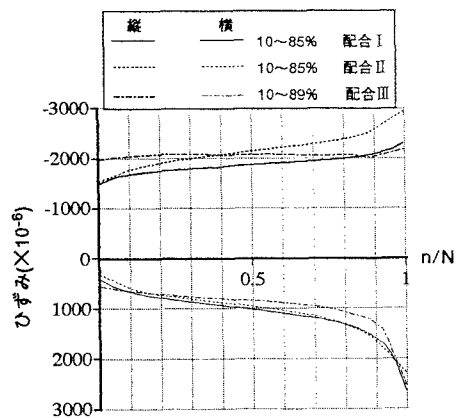


図-3 縦ひずみ、横ひずみの変化

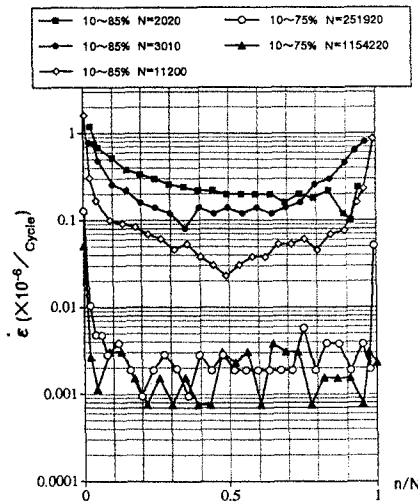


図-4 ひずみ速度の変化

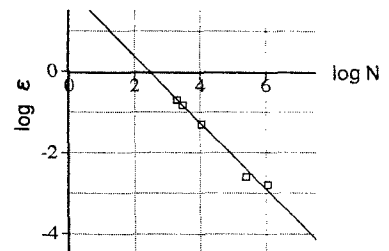


図-5 ひずみ速度と疲労寿命の関係

3. 結論

本実験で明らかになった高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの疲労特性は以下のとおりである。

- ・疲労強度は普通コンクリートの疲労強度と同じかやや強いくらいである。
- ・繰り返し载荷によるひずみの変化曲線は普通コンクリートと差異はないが破壊近傍でのひずみ量は高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの方が小さい。
- ・定常領域でのひずみ速度より、疲労寿命の推定が可能である。