

V - 538

高炉スラグ微粉末を用いた高強度コンクリートの圧縮疲労特性について

室蘭工業大学 学生員 水吐 則行
室蘭工業大学 正 員 尾崎 詔
室蘭工業大学 正 員 菅田 紀之

1. はじめに

近年、高強度でしかも流動性が高い、高品質なコンクリートの需要が増えてきている。そのような中で、高強度鉄筋コンクリート部材が湿潤状態においても疲労強度が低下しないことなどが報告されている。

本研究では、高炉スラグ微粉末を用いた比較的流動性の高いコンクリートを用い、乾燥状態・大気中と、湿潤状態・水中の圧縮疲労試験を行った。この乾燥状態と湿潤状態の疲労試験結果を比べ、高強度コンクリートが湿潤状態になると、どの程度圧縮疲労強度が低下するのかを調べるとともに、これまで本研究室で行った、一般的な強度の普通ポルトランドセメントコンクリートの試験結果と比較することにより、湿潤状態のコンクリートの疲労強度低下のメカニズム解明への手助けになることをも期待するものである。

2. 実験概要

実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。使用材料は、結合材として普通ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末（ブレン値 $8000\text{cm}^2/\text{g}$ ）、粗骨材は白老産砕石、細骨材は登別産陸砂、混和剤は高性能A E減水剤（ナフタリン系）をそれぞれ用いて、直径7.5cm 高さ15cmの円柱供試体を20本ずつ4バッチにわけて作成した。フレッシュコンクリートの性質は、スランプ19.7cm、スランプフロー41cm、空気量0.7%（それぞれ平均値）であった。また、静的基準強度は湿潤状態で74.6MPa、乾燥状態で86.2MPa（ともに平均値）であった。また、比較に用いた普通ポルトランドセメントコンクリートの静的基準強度は、それぞれ35.1MPa、33.7MPaであった。

繰り返し荷重の載荷形式は、載荷速度5Hzの正弦波とし、供試体が破壊するまでの繰り返し回数を測定した。ただし、200万回に達したものは試験を打ち切った。上限応力比 S_1 は湿潤・水中試験では50、60%、乾燥・大気中試験では70%とし、下限応力比 S_2 は、ともに3.5%とした。供試体にはストレインゲージを貼り、ひずみの経時変化を測定した。また、供試体から水槽中に溶出する水酸化カルシウムによって増加するpH値をpHメーターを用いて測定した。

表-1 配合

水結合材比 w/c (%)	細骨材率 s/u (%)	単位量 (kg/m^3)					
		水 W	セメント C	高炉スラグ BF	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤 SP
35	39	160	230	230	737	1104	9

表-2 疲労試験解析結果

試験内容	回帰式	200万強度	K値
HA	$(S_1 - S_2)/(1 - S_2) = 1 - 0.056 \cdot \log N_f$	65%	18.1
OA	$(S_1 - S_2)/(1 - S_2) = 1 - 0.061 \cdot \log N_f$	61%	16.3
HW	$(S_1 - S_2)/(1 - S_2) = 1 - 0.089 \cdot \log N_f$	44%	11.2
OW	$(S_1 - S_2)/(1 - S_2) = 1 - 0.098 \cdot \log N_f$	38%	10.2

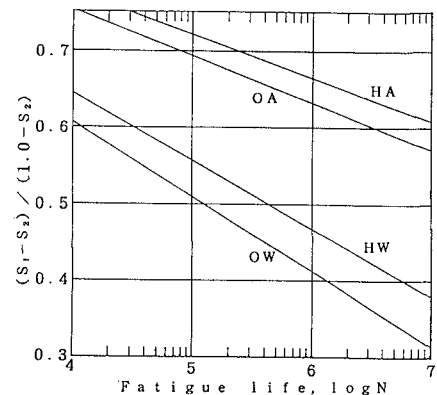


図-1 S-N線図

3. 実験結果と考察

1) 疲労強度

本実験での高強度コンクリートの大気中（HA）と水中（HW）、以前本研究室で実験した普通ポルトランドセメントコンクリートの大気中（OA）と水中（OW）の疲労試験結果を、生存確率50%で土木学会の方式に従い直線回帰した解析結果を表-2に示し、それぞれのS-N直線を図-1に示す。その結果、高強度コンクリ

ートでは、200万回疲労強度が、一般的な強度のコンクリートに比べ、乾燥状態で4%、湿潤状態で6%改善されたことがわかる。しかし、湿潤状態のものの乾燥状態のものに対する、疲労強度低下の割合は、一般的なものと同程度であり、その点では、それ程改善が見られないと言えよう。

2) 体積ひずみ

体積ひずみは、（縦ひずみ）+ 2 × （横ひずみ）なる式で近似しており、ひび割れの増加による体積膨張をあらわしている。それぞれの試験での体積ひずみを、図-2-a～図-2-dに示す。

◇乾燥・大気中試験

上限応力比 $S_1 = 70\%$ で試験した高強度コンクリート（図-2-a）と、普通ポルトランドセメントコンクリート（図-2-b）を比べてみると、破壊以前のひび割れの進行度合いが、高強度コンクリートの方が小さいことがわかる。これは、マトリックスが強固なため、生じたひび割れの進行を抑える効果があるためと考えられる。そして、このことが高強度コンクリートの疲労強度を高くした原因であろう。また、高強度コンクリートはある程度ひび割れが増大すると急激に破壊していることがわかる。これは、割裂破壊に近い破壊の様子を示している。

◇湿潤・水中試験

上限応力比 $S_1 = 50, 60\%$ で試験した高強度コンクリート（図-2-c）と普通ポルトランドセメントコンクリート（図-2-d）を比べると、高強度の方が、ひび割れが生じてから破壊に至るまでの時間が長い。これは、マトリックスが強固なため、水の作用に対する抵抗性が高まったからと考えられる。しかし、大気中に比べると、ひび割れができ始めると急激に破壊に至っていると言え、ひび割れ発生後の水の作用が湿潤状態のコンクリートの疲労強度低下に非常に大きな影響を与えることが確認された。

3) pH測定

繰り返し荷重载荷に伴う損傷により、供試体から溶出する水酸化カルシウムによって上昇するpH値から計算したカルシウムイオン濃度を図-3に示す。これは、図-2-cと同じ供試体の結果である。体積ひずみの増大に伴い、カルシウムイオン濃度の上昇も顕著になっている。これは、体積ひずみの増大がひび割れの増大であることを裏付けるものである。

4. おわりに

高強度コンクリートは一般的な強度のコンクリートに比べマトリックスが強固なため、疲労強度の改善が見られた。しかし、湿潤状態の疲労強度は乾燥状態のものに比べ、依然として著しく低下することがわかった。このことから、水の作用が圧縮疲労強度低下に与える影響は非常に大きいことが確認された。

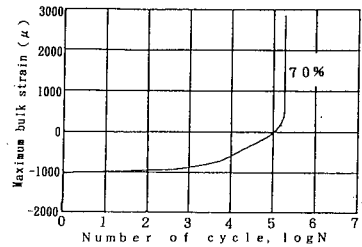


図-2-a HA 体積ひずみ

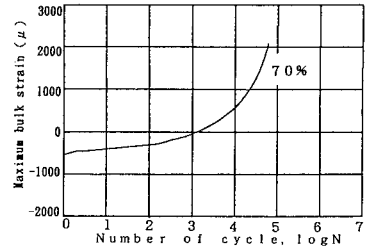


図-2-b OA 体積ひずみ

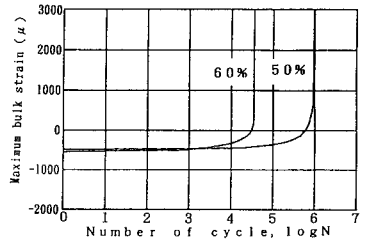


図-2-c HW 体積ひずみ

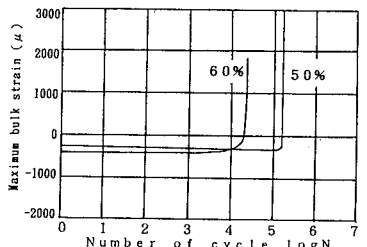


図-2-d OW 体積ひずみ

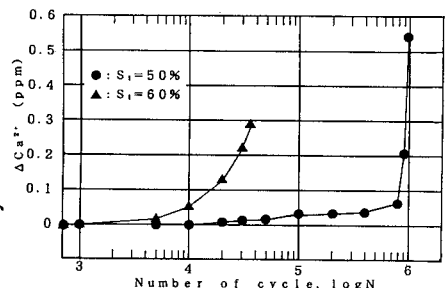


図-3 Ca^{2+} 濃度の変化