

V-306 シリカ質混和材を用いた高炉スラグコンクリートの海水中における圧縮疲労

室蘭工業大学 学生員 信太 一人
 室蘭工業大学 正会員 菅田 紀之
 室蘭工業大学 正会員 尾崎 諒

1. まえがき

海洋コンクリート構造物の耐久性に関する数多くの研究報告の中に、60年間海水の作用を受けたコンクリートが、ほとんど劣化していなかった一例がある¹⁾。この場合のコンクリートはセメントとして高炉スラグセメント（スラグ混入率：70%以上）、混和材として火山灰が使用されていた。

そこで本研究では、60年間海水の作用を受けたコンクリートとほぼ同じにするため、火山灰に代わるシリカ質混和材を用いた高炉スラグコンクリートを製作し、海水中において圧縮疲労試験を行った。試験結果から、疲労寿命を求め、体積歪、ヒステリシスループの面積を普通コンクリートの大気中および水中における圧縮疲労試験結果と比較して検討を行った。

2. 実験概要

本実験に使用したセメントはスラグ混入率60%の低発熱型特殊高炉セメント（C：比重2.97）、混和材はフライアッシュ（FA：比重2.20）とシリカフューム（SF：比重2.21）を用い、置換率はそれぞれ10%とした。細骨材としては登別産陸砂（S：比重2.64）を、粗骨材としては白老産碎石（G：比重2.65）を使用した。混和剤としてはAE剤（V）と高性能減水剤（M）を使用し、配合は表-1に示す通りである。直径7.5cm、高さ15cmの円柱供試体68本を2バッチで製作した。各バッチにおけるスランブは16cmと12cm、空気量は両バッチとも5.5%であった。供試体の養生は材令28日までは20°Cの恒温水槽で行い、その後疲労試験までは室蘭市イタンキ漁港で採取してきた海水中において養生を行った。材令28日における圧縮強度は317kg/cm²と278kg/cm²であった。

表-1 配合

水結合材比、W/(C+FA+SF)	50%
細骨材率、S/a	44%
単位水量、W	150kg
単位結合材量、C	240kg
FA	30kg
SF	30kg
単位細骨材量、S	815kg
単位粗骨材量、G	1028kg
単位AE剤量、V	240cc
単位高性能減水剤量、M	3300cc

疲労試験は疲労試験水槽内で行い、繰り返し荷重の形式は正弦波、載荷速度は4~6Hzである。上限応力比 S_1 は静的基準強度の50%、60%、70%の3段階とし、下限応力比 S_2 は5%に固定した。静的基準強度は、それぞれのバッチで383kg/cm²（材令65日）と370kg/cm²（材令73日）であった。繰り返し荷重は供試体が破壊するまで連続的に載荷し、破壊までの繰り返し回数を測定した。歪の測定は供試体にあらかじめ縦方向と横方向に2枚ずつ計4枚のストレイゲージを接着し、シグナルコンディショナー、A/D変換機及びパソコンを用いて行った。

3. 実験結果

表-2 S-N線図の回帰式（ $S_2 = 0\%$ ）

		回帰式	200万回疲労強度(%)
FSB60	シリカ質混和材を用いた高炉スラグコンクリート（海水中）	$S_1 = 115.2 - 11.8 \log N$	41
0A	普通コンクリート（大気中）	$S_1 = 98.4 - 6.8 \log N$	56
0W	普通コンクリート（水中）	$S_1 = 95.8 - 10.5 \log N$	30

疲労寿命分布が対数正規分布に従うと仮定し、各応力段階での生存確率50%に相当する疲労寿命と上限応力比を修正グットマン線図を用いて、下限応力比0%の完全片振りの場合に換算したものの対数回帰式が表-2である。表-2から求めたS-N線図が、図-1である。比較のために、本

実験結果(SFB60)のほか、普通コンクリートの大気中疲労の結果(OA)と水中疲労の結果(OW)も記した。この図から、シリカ質混和材を用いた高炉スラグコンクリートの海水中での200万回疲労強度が、普通コンクリートの水中での値30%に比べると41%と改善されているが、大気中での値56%を考慮すると水中疲労強度の改善効果は50%に及ばないことがわかる。

図-2はシリカ質混和材を用いた高炉スラグコンクリートの体積歪の変化を示したものである。これより、体積歪はある程度、収縮側で一定に保たれているが破壊直前において急激に膨張側へ移行して破壊に至っている。また、低応力比になるほど体積歪は破壊前に収縮側に移行していく傾向にあるが、これは、圧縮歪が先行して大きくなり引張歪が破壊直前になって大きくなるためである。つまり、破壊直前に膨張するという水中疲労特有の挙動を示している。これより、ひび割れの発生はある程度抑えることができるが、ひび割れの拡大は水的作用によって起こり、急速に破壊に至ると思われる。

コンクリートの応力-歪曲線は、載荷時と除荷時において違う経路をたどり、曲線は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 に対する各繰り返し回数 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-3に示した。これによると、各繰り返し回数の面積比は、繰り返し回数2回目では0.5程度に減少し、さらにその後0.1~0.2程度まで減少し、破壊直前まで一定値を保つが、再び増大し破壊に至っている。シリカ質混和材を用いた高炉スラグコンクリートのヒステリシスループの面積比の変化は、普通コンクリートの大気中のものと同様な挙動を示している。

6. あとがき

修正グットマン線図により完全片振りを想定した場合、普通コンクリートの200万回疲労強度は、大気中で静的強度の56%であったのに対し、水中では30%に低下したが、シリカ質混和剤を用いた高炉スラグコンクリートの海水中の場合では41%に改善された。

スラグによる潜在水硬性ならびにシリカ質混和材によるポゾラン反応によって水密性が向上し、期待したほどではなかったが疲労強度の改善効果はあった。また、海水中においても水中の場合と同様の疲労挙動を示し、水的作用による破壊力には抵抗できず、急激なひび割れ拡大を抑えるにはいたらなかったことが、歪の測定から推測される。

参 考 文 献

- 1) 尾崎 諒: 60年間海水の作用を受けたコンクリート、骨材資源 通巻No.73、1987。

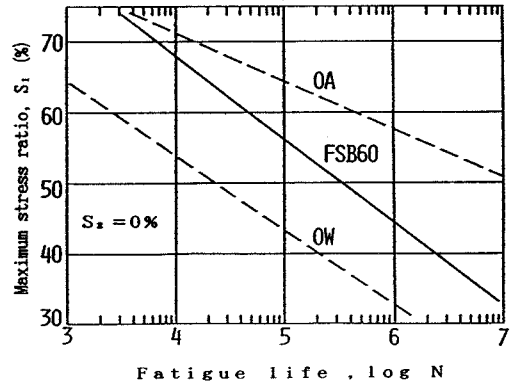


図-1 各種コンクリートのS-N線図

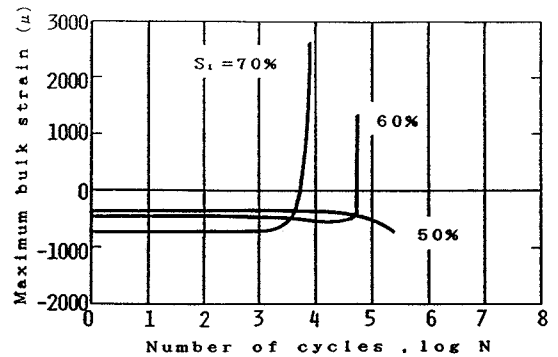


図-2 繰り返し荷重による体積歪

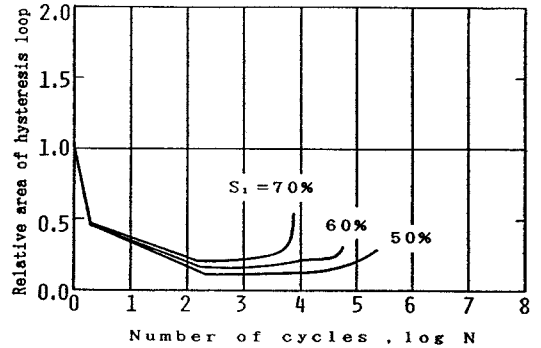


図-3 ヒステリシスループの面積比