

硫黄・高炉スラグ固化体の気中・水中疲労特性

京都大学工学部

学生員○市川 武志

京都大学大学院工学研究科

正会員 小野 紘一

京都大学大学院工学研究科

正会員 杉浦 邦征

京都大学大学院工学研究科

正会員 大島 義信

五洋建設環境事業部

正会員 佐藤 昌宏

1. 研究目的

近年、硫黄をはじめとする産業副産物の余剰が問題となっており、これらの有効利用が求められている。そこで、硫黄、高炉スラグ及びフライアッシュを原料として用いる硫黄・高炉スラグ固化体(以下 SSC と呼ぶ)が開発され研究が進められている⁽¹⁾。SSC は打設後数時間で高強度コンクリート並みの強度を発現し⁽²⁾、水中でもその静的強度がほぼ変化しないなど、建設材料として優れた特徴を持つ。その一方で、SSC は水中における疲労特性が研究されておらず、今後海洋構造物などに適用される場合はこうしたデータが必要になると考えられる。そこで本研究は SSC の実用化に向け、気中および水中における SSC の疲労試験を行いその特性の検討を行った。

2. 実験概要

φ50×100mm 円柱供試体(以降、小供試体)とφ100×200mm 円柱供試体(以降、大供試体)とを用いて一軸圧縮疲労試験を行った。試験中は温度の変化を調べるために、供試体の表面温度を測定した。上限応力比、载荷速度をパラメータとして試験ケースを表1のように設定した。下限応力比はいずれも圧縮強度の10%とした。また、一部の供試体には、外気から遮断するために断熱材を巻いた。水中疲労試験で用いる供試体は2日以上水中に沈めたものを用いた。SSC の気中・水中での静的圧縮強度は圧縮試験から75MPa とし、これを基準として各応力比を決定した。

表 1. 試験ケース

環境	応力比	供試体	载荷速度	断熱材	供試体数
気中	80%	大/小	3/5Hz	有/無	10
	70%	大/小	3/5Hz	有/無	10
	60%	大/小	3/5Hz	有/無	6
	50%	大	5Hz	無	1
水中	80%	大/小	3/5Hz	無	10
	70%	大/小	3/5Hz	無	10
	60%	大	3/5Hz	無	7
	50%	大/小	5Hz	無	4

3. 実験結果及び考察

気中疲労試験

コンクリートと同様、SSC の疲労寿命が対数正規分布すると仮定して、疲労試験結果から上限応力比毎に平均疲労寿命を算出し、最小二乗法を用いて対数近似曲線を導出⁽³⁾した結果を図1に示す。これより、SSC の200 万回気中疲労寿命 45.6%が得られた。

しかしその一方、SSC は繰り返し载荷によって、図2のように発熱することが試験を通して判明した。この温度上昇は、SSC の熱伝導率が 5.16×10^{-4} [J/sec・mm・K](コンクリートの約 1/50)と非常に低く、摩擦により内部に発生する熱が外部へ発散しないのが原因と考えられる。

温度上昇について詳しく調べるため各試験を比較すると、供試体の外形及び上限応力比は温度上昇に大きな影響を与えるが、载荷速度による温度上昇の変化は見られないことが分かった。図3は、供試体から熱が発散しないよう、断

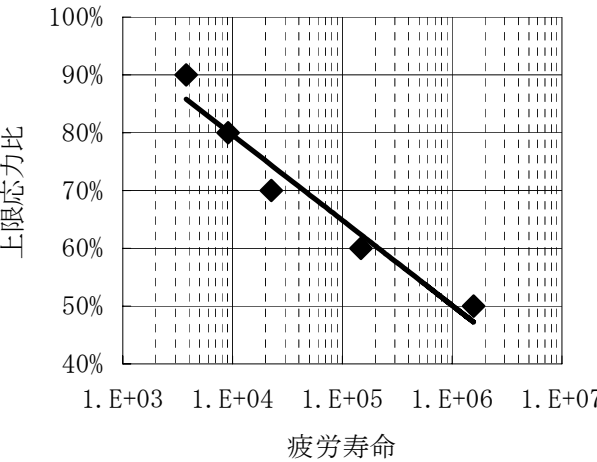


図 1. 気中疲労曲線

キーワード 硫黄、高炉スラグ、フライアッシュ、疲労

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 Tel. 075-753-4791・Fax. 075-753-3345

熱材を巻いて試験を行った場合の温度上昇を示す。図3の縦軸は、試験開始時の表面温度を0、終了時を1として供試体温度の変化を表している。この図によると、発熱は疲労寿命の8割近くに達すると急激に増加している。

SSCは温度によってその静的強度が大きく変化するので、試験中の温度上昇は疲労試験結果に影響を及ぼす可能性が高い。しかし、前述のような一般的な統計的手法では試験中の温度上昇影響を考慮することは出来ない。そこで、マイナー則が適用できると仮定した上で逆解析を行い、疲労曲線を求めることにする。なお、簡単のため試験中の温度上昇は一定であるとする。解析の結果、温度上昇を考慮した場合の200万回疲労強度は約60%であるという結果が得られた。ただし、温度上昇が発生しないと仮定して同様の逆解析を行うと、疲労強度は52.7%となる。これは、温度上昇を考慮できない統計的手法で得られた値と異なることから、逆解析で得られた結果には注意が必要である。いずれにせよ、SSCの気中疲労試験は、試験中に激しい温度上昇が発生し、その影響は無視できないと言える。

水中疲労試験

気中疲労試験と同様に、まず統計的手法で水中疲労強度を求めたところ、図4のような疲労曲線となり、200万回強度は49.2%であった。また、同じく逆解析によって200万回強度を求めたところ、温度上昇を考慮すると54.4%、考慮しないと54.0%であった。逆解析の結果から、水中疲労試験は温度上昇による影響は小さいものと考えられる。

4. 結論

気中及び水中疲労試験の結果、それぞれの200万回強度の間に大きな差は無いことが分かった。従って、SSCは水中でも気中と同様に適用できると言える。また、SSCは気中疲労試験中に激しく熱を発生し、これが疲労強度に対して大きな影響を与える事が判明した。

最後に、実験実施に際し、新日本石油からは材料を提供していただき、また鴻池組からは実験施設を利用させていただきましたことをここに記し、深く感謝の意を表します。

[参考文献]

- (1) 秋山正成：鉄鋼スラグ・石灰灰等を用いた硫黄固化材の開発，環境管理，Vol.39，No.3，pp.31-37，2003.
- (2) 福井英人，小野紘一，杉浦邦征，秋山正成：硫黄・高炉スラグ固化体の基礎物性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.23，No.2，pp.913-918，2001.
- (3) 児島孝之：コンクリート構造物の耐久性シリーズ「疲労」，技報堂出版，1987.

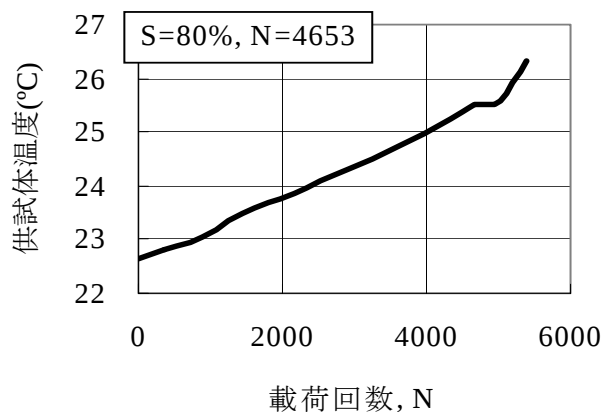


図2. 試験中の温度上昇

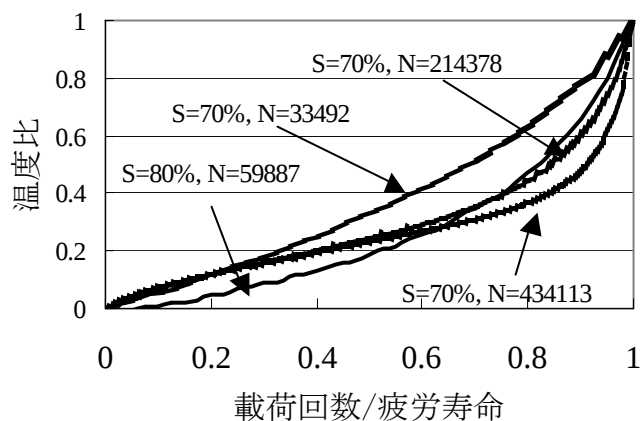


図3. 断熱材を巻いた場合の温度上昇

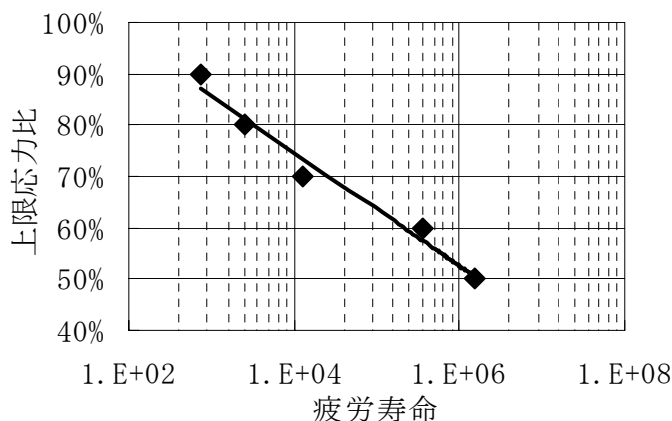


図4. 水中疲労曲線