

サーモグラフィを用いたき裂検知に関する基礎的研究

千葉工業大学大学院 学生員 佐藤 大輔
名古屋大学 正会員 館石 和雄
東京大学 F会員 魚本 健人

1. まえがき

橋に代表される実構造物の疲労き裂を発見することは困難なことが多い。従来構造物に発生したき裂は、主に目視による検査が一般的であり、多大の時間を使い検査されてきた。既往の研究より鋼材に荷重がかかると、き裂先端から発熱するという現象が知られている。その温度分布を測定することで、き裂先端を発見するという方法が考えられる。また検査機器の著しい進歩により極微量の熱を捉えることも可能になってきている。そこで、本研究では鋼材に発生した熱をサーモグラフィを用い非接触にて検出することで、疲労き裂の検知を行うための基礎的研究として、特に周波数の影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体

本実験において使用した試験体はコンパクト引張標準試験片(以下CT試験片)を用いた。試験体を図1に示す。CT試験片の材質はS S 400を使用した。ここで、サーモグラフィによる測定ではCT試験片に光が反射すると画像が乱れることから試験体を黒色のスプレーで塗装することにより光の反射の影響を十分小さくして測定を行った。

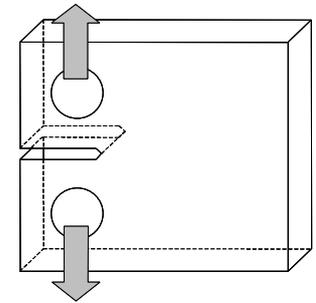


図1 コンパクト引張標準試験体

2.2 赤外線カメラ

サーモグラフィに用いた赤外線カメラの仕様を表1に示す。温度分布のデータは60フレーム/秒にて測定した。また、CT試験片とサーモグラフィとの間隔はおよそ16cm、外気温度23にて測定を行った。

表1 赤外線カメラの仕様

フレームタイム	60フレーム/秒
検出素子	水平160×垂直120
最小検出温度差	0.025

2.3 疲労試験

図1に示す矢印の方向に、サーボパルサーを用い荷重制御により振幅最小値0tf、最大値3tfのサイン波による載荷を1Hz、5Hz、10Hzの3種類の周波数にて、また振幅最小値0tf、最大値1.5tfの載荷を周波数5Hzにて行った。

2.4 応力拡大係数と上昇温度¹⁾²⁾

本研究ではき裂の状態を表すパラメータとして応力拡大係数(以後K値とする)に着目して整理した。CT試験片におけるK値は式(1)で表される。

$$K = \sqrt{a}F(a/W) \cdots (1)$$

$$F(a/W) = 29.6 - 185.5 \frac{a}{W} + 655.7 \left(\frac{a}{W}\right)^2 - 1017.0 \left(\frac{a}{W}\right)^3 + 638.9 \left(\frac{a}{W}\right)^4$$

$a/W =$ とおくと

(0.3 < a/W < 0.7 で 0.5%以下)

本研究ではこの式によりK値を求めて温度分布との関係を比較し検討した。また、以後使用する温度差とは、

キーワード：非破壊検査、サーモグラフィ、疲労、き裂

連絡先：〒106-8558 東京都港区六本木 7-22-1 TEL (03)3402-6231 (ex)2543 FAX (03)3470-0759

温度変化が少ない場所に参照点を 8 点設けその平均値を参照温度とし、き裂先端部の最高温度から参照温度を引いたものとして計算した。図 2 に CT 試験片の測定温度の時間による変化を示す。グラフよりき裂先端では荷重波形と同一の周波数で温度の上昇・下降が観察されている。

3. 結果と考察

測定は CT 試験片のノッチの先からのき裂が長さ 6・9・12mm 程度のところで行った。測定した時のき裂長さを表 2 に示す。サーモグラフィの画像例を図 3 に示す。図 3 (a) は荷重 3tf が載荷されたときでありき裂先端部(12mm 付近) で最高温度を示し温度差が大きいことが分かる。また(b) では振幅最小値付近の画像であり温度差が小さいことが認められる。

図 4 は温度差と K 値の関係を示した結果である。5Hz による実験値について着目すると、K 値 35.6MPa・m^{1/2}を除き、K 値が大きくなるにしたがって温度上昇も大きくなっておりその関係は荷重範囲によらず同一であることが分かる。また、10Hz については同程度の K 値で比較した場合 5Hz の値より発熱量が大きいことが分かる。

次に 1Hz のものについて考察する。荷重周波数が大きくなると同じき裂長さの場合、き裂先端での発熱量は大きくなるということが明らかにされている³⁾。図 4 を見て分かるように、1Hz のものについては 5, 10Hz に比べ非常に高く検知していることが認められる。これについては、き裂先端部分の温度上昇量が 5, 10Hz に比べ顕著ではなかったこと、また測定誤差も考えられるが、何かの反射光などの影響を受けたことも考えられ今後の課題である。

4. まとめ

1. 部材に発生したき裂先端での温度上昇量は、応力拡大係数および周波数によることが認められた。
2. 温度差が取れていない測定データがあり、低周波数での疲労試験の正確な温度測定が今後の課題である。

本研究費の一部は文部省科学研究費補助金基盤研究 B (2) によった。

参考文献 1) 線形破壊力学入門, 岡村弘之, 1976, 培風館
2) サーモグラフィによる疲労き裂進展の観察, 斉藤智也, 館石和雄, 1999, 土木学会関東支部

3) 破壊靱性に及ぼす歪み速度の影響, 豊貞雅宏, 藤井英輔, 野原和弘, 日本造船学会論文集第 161 号

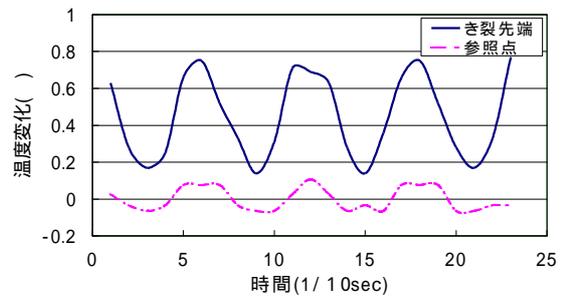
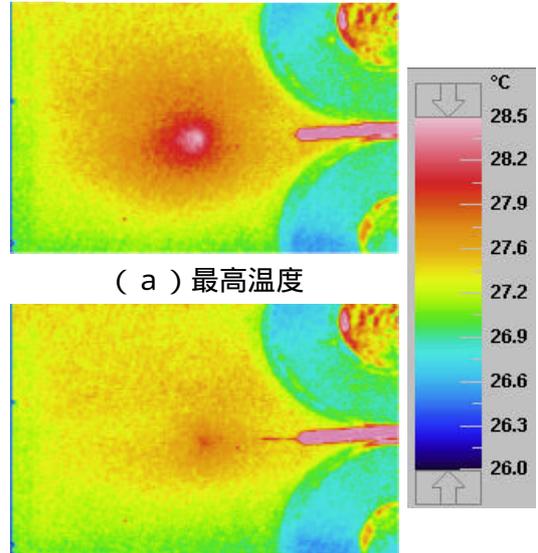


図 2 時間による温度変化



(a) 最高温度
(b) 最低温度
図 3 サーモグラフィ画像例

表 2 実験結果

荷重 (tf)	周波数 (Hz)	き裂長さ (mm)	応力拡大係数 (MPa・m ^{0.5})
3	1	5.15	51.7
		8.86	54.2
		10.46	60.6
	5	7.56	58.1
		12.53	69.2
		18.00	86.4
1.5	10	5.83	55.2
		9.36	61.6
		11.62	66.8
		13.30	35.6
1.5	5	18.51	44.2
		21.49	50.8

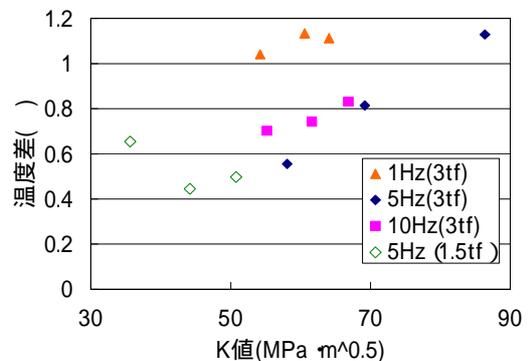


図 4 温度差 - K 値グラフ