

平面状の内部き裂が鋼材表面のひずみ分布に及ぼす影響

長崎大学工学部 学生会員 笹木隆介      長崎大学工学部 正会員 中村聖三  
 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

1. まえがき

ひずみゲージによる測定は、対象物にゲージを直接貼り付ける必要があり、近年のひずみ測定の対象や環境の拡大と多様化などに対応することが難しくなっている。また、測定できる位置もゲージを貼り付ける位置に限られる。それらを解消する目的で、スペックル干渉法などの非接触全視野ひずみ測定法が注目されるようになった<sup>1)</sup>。本研究では、こうした全視野ひずみ測定法を用いた内部き裂検出の適用可能性を検討するため、その初期段階として平面状の内部き裂が表面ひずみの分布に及ぼす影響を明らかにする。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

対象とするモデルは図-1に示すような、中心位置にサイズ  $x$  (板厚方向×板幅方向)で、幅 0mm のき裂を挿入した幅  $b$ 、厚さ  $t$ 、長さ  $L=2b$  の平板である。図-2にき裂モデルを示す。本研究では、板厚方向のき裂中心位置( $h/t$ )、き裂サイズの板厚および板幅に対する比( $l/t$ および  $l/b$ )に着目し、これらのパラメータが表面ひずみに及ぼす影響を調査する。表-1、2はそれぞれき裂の板厚方向サイズ、板幅方向サイズの影響を調査するモデルのき裂諸元である。なお、鋼材は板厚  $t=35\text{mm}$ 、板幅  $b=210\text{mm}$  とする。

解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を使用する。なお、解析では、解析時間を短縮させるため、鋼材の長さ方向の対称性を考慮し、鋼材の長さ方向に  $1/2$  のモデルとする。解析モデルの要素分割数は、事前の検討結果に基づき、 $x$  方向に 20、 $y$  方向に 40 とする。 $z$  方向については、一様な分割ではなく、図-3のようにひずみの変化が大きくなる部分のみの分割を細かくする。用いる要素は、8 節点アイソパラメトリック要素(No.7)である。

荷重条件は一軸引張とし、き裂断面の平均応力が弾性範囲内になるよう一端に  $70\text{N/mm}^2$  の等分布荷重を載荷し、もう一端には図-4に示すような対称条件を与える。すなわち、斜線部を  $z$  軸方向固定、板厚の中心軸を  $y$  軸方向固定、板幅方向の中心軸を  $x$  軸方向固定とする。

また、線形弾性解析とし、弾性係数は  $200\text{kN/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3 とする。

2.2 表面ひずみの評価

図-5に示すき裂存在断面上端の A-A'と鋼材の長さ方向の B-B'に発生する  $z$  方向ひずみを抽出し、次式よりひずみ増加率を求める。

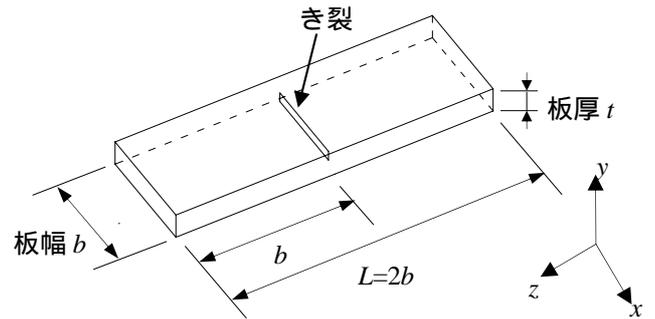


図-1 対象モデル

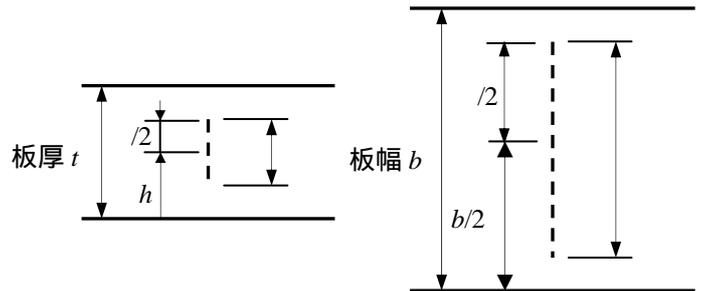


図-2 内部き裂モデル

表-1 内部き裂諸元(1)

$h/t$ (%)	$l/t$ (%)	$l/b$ (%)
30	20	80
	40	
50	20	
	40	
	60	
70	20	
	40	

表-2 内部き裂諸元(2)

$h/t$ (%)	$l/t$ (%)	$l/b$ (%)
30	40	40
		80
50		40
		80
		40
70		80

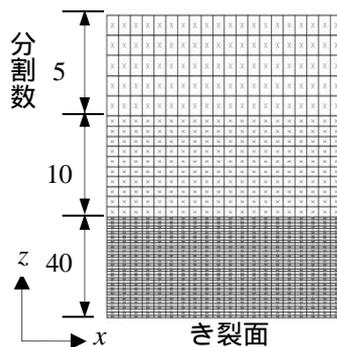


図-3  $z$  軸方向の要素分割



図-4 対象条件

$$\text{ひずみ増加率 (\%)} = \frac{\epsilon - \epsilon_0}{\epsilon_0} \times 100$$

ここに、 $\epsilon$  : き裂がある場合の表面ひずみ

$\epsilon_0$  : き裂がない場合の表面ひずみ ( $3.5 \times 10^{-4}$ )

### 3. 結果と考察

#### (1) き裂位置の影響

図 - 6 より、き裂サイズを一定とした時のき裂の位置(板厚方向)による表面ひずみの増加率を比較すると、き裂が表面付近に存在する場合( $h/t=70\%$ )には、ひずみの増加率が最大で 31.4% になっているのに対し、き裂が深い位置に存在する場合( $h/t=30\%$ )にはひずみの増加率は-13.8%となり、き裂がない場合の表面ひずみよりも減少していることがわかる。また、図 - 7 より、測定位置 B - B' のひずみの分布状態を見ると、き裂付近でひずみの大きな変化が見られる。き裂の位置が表面付近にある場合、ひずみ増加率が最大で 102% と顕著にひずみの変化がわかる。しかし、き裂の位置が深くなるほどひずみの変化は小さくなった。また、 $h/t=30\%$  では、き裂が存在する部分に近づくとひずみ増加率がマイナスとなりき裂の上部が最小となる結果が得られた。

#### (2) き裂サイズの影響

図 - 8, 9 は、き裂のサイズ( $a/t$ )による表面ひずみの増加率の変化を示したグラフである。き裂のサイズを板厚方向に大きくしていくと、測定位置 A - A' におけるひずみの増加率も大きな値を示した。また、板幅方向のき裂のサイズも読み取ることができる。しかし、 $a/t=20\%$  の場合、ひずみ増加率が 1% 程度とひずみの変化あまり出ていない。測定位置 B - B' においては、全体として同じような形状を示しているが、 $a/t$  が増加するに伴いひずみ増加率に急激な変化がみられる。 $a/t=20\%$  の場合、最大値 5.45% 程度とひずみ増加率がみられるが、大きな変化は示していない。

### 4. まとめ

本研究では、き裂上部が表面に近くなるほど、表面のひずみは大きくなり、き裂のサイズが表面ひずみに及ぼす影響も大きくなるが、き裂上部が深い位置に存在する場合は、き裂が表面のひずみに及ぼす影響は小さくなり、表面ひずみの変化も不明確になるため、き裂の位置や大きさの正確な判定が困難になることがわかった。今後は、より広範にき裂の位置・サイズなどのパラメータの組み合わせを変化された解析を実施するとともに、実験的な検討を実施し、スペックル干渉法での内部き裂検出の可能性をより詳細に検討する予定である。最終的には、広範なパラメトリック解析結果や FEM と最適化手法あるいはパラメータ同定手法との組合せに基づくき裂の位置やサイズの推定方法を確立できればと考えている。

【参考文献】神原, 松田, 下郡, 崎山, 阪上: スペックル干渉法による鋼部材の非接触全視野ひずみ計測, 鋼構造年次論文報告集, Vol.11, pp.519-524, 2003.11.

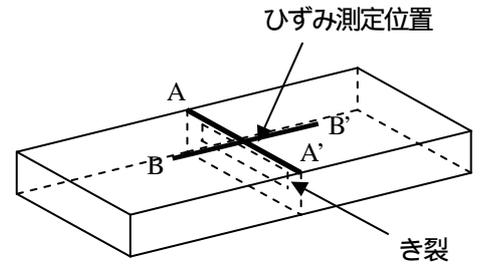


図 - 5 ひずみ測定位置

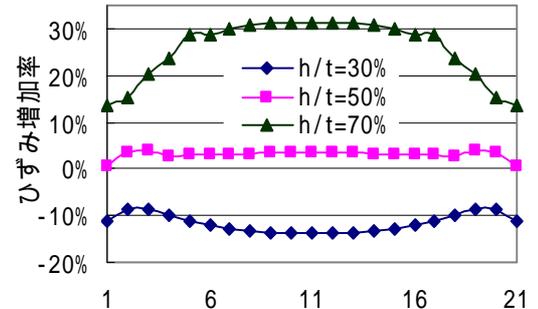


図 - 6 測定位置 A - A' ( $a/t=40\%$ ,  $b/b=80\%$ )

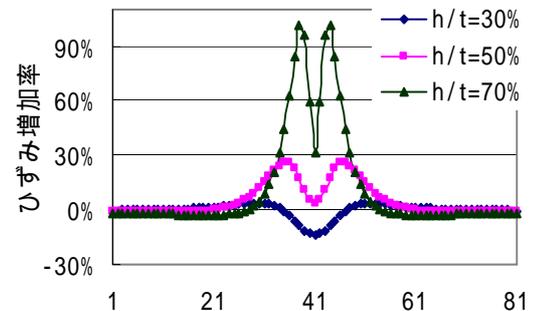


図 - 7 測定位置 B - B' ( $a/t=40\%$ ,  $b/b=80\%$ )

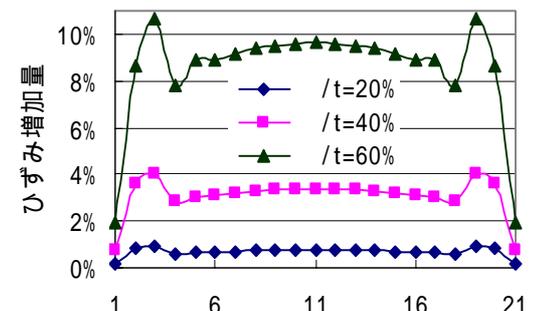


図 - 8 測定位置 A - A' ( $h/t=50\%$ ,  $b/b=80\%$ )

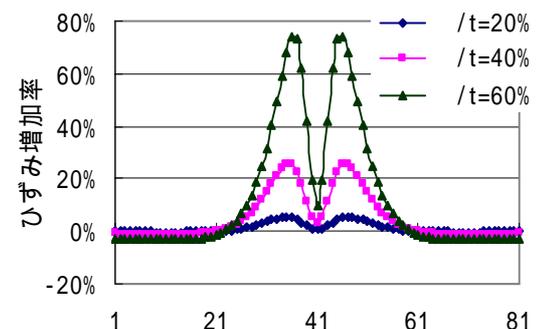


図 - 9 測定位置 B - B' ( $h/t=50\%$ ,  $b/b=80\%$ )