

溶接部に存在する内部き裂が鋼材表面のひずみに及ぼす影響

長崎大学工学部 学生会員 ○江藤亮太
長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

長崎大学工学部 正会員 中村聖三
長崎大学工学部 正会員 呉 慶雄

1. はじめに

従来、ひずみの測定には一般的にひずみゲージが用いられてきた。しかし、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測定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。このような背景により、スペックル干渉法などの非接触ひずみ測定法が注目されるようになった¹⁾。

本論文は、スペックル干渉法などの非接触ひずみ測定法を用いた溶接部の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内部き裂が表面ひずみに及ぼす影響を明らかにするものである。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

解析モデルは図 - 1 に示すような、中心位置にサイズ $\alpha \times \beta$ (板厚方向 $\times$ 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、き裂サイズの板厚および板幅に対する比 (α/t および β/b)、板厚方向のき裂中心位置 (h/t) 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ため、表 - 1 ~ 3 に示すようなモデルを設定した。表 - 1 はき裂の板厚方向位置および同一幅厚比におけるモデルサイズの影響を検討するもの、表 - 2, 3 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ものである。なお、表 - 2, 3 のモデルでは、板厚 $t=35\text{mm}$ 、板幅 $b=210\text{mm}$ としている。

使用鋼材はSM400 を想定し、図 - 3 に示すような完全弾塑性型の応力 - ひずみ関係を適用する。弾性係数 (E) は 200kN/mm^2 とする。

荷重条件は一軸引張とし、一端に 130N/mm^2 の等分布荷重を載荷し、もう一端は固定する。

解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を使用する。モデルの要素分割数は x 方向に 20、 y 方向に 20、 z 方向に 80 とし、8 節点ソリッド要素 (No.7) を用いる。

2.2 表面ひずみの評価

解析結果から、図 - 4 に示すき裂存在断面上端の A - A' 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。

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

ここに、 ε : き裂がある場合の表面ひずみ

ε' : き裂がない場合の表面ひずみ (6.5×10^{-4})

また、図 - 5 に示す斜線部の範囲について、 z 方向ひずみ分布図を求める。

3. 結果と考察

(1) モデルサイズの影響

モデルサイズを相似形で変化させた場合、ひずみ分布も相似形 (ただし、発生ひずみの大きさは同一) となった。

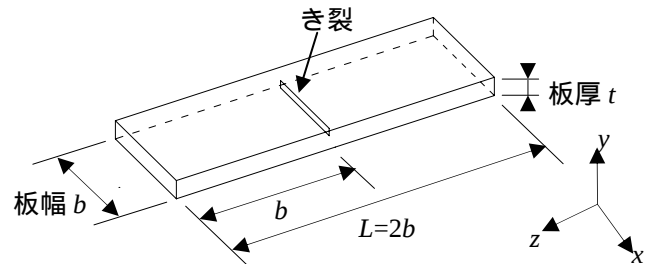


図 - 1 解析モデル

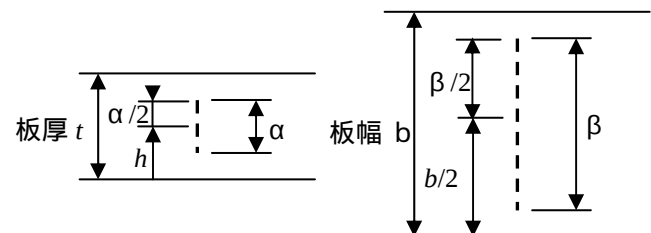


図 - 2 き裂モデル

表 - 1 解析モデル諸元 (幅厚比 $b/t=6.00$)

鋼材モデル		き裂モデル		
t (mm)	b (mm)	h/t (%)	α/t (%)	β/b (%)
15	90	30	40	80
		50		
		70		
35	210	30	40	80
		50		
		70		

表 - 2 き裂モデル諸元(1)

h/t (%)	α/t (%)	β/b (%)
30	20	80
	40	
50	20	
	40	
	60	
70	20	
	40	

表 - 3 き裂モデル諸元(2)

h/t (%)	α/t (%)	β/b (%)
30	40	40
50		80
		40
70		80
		40
		80

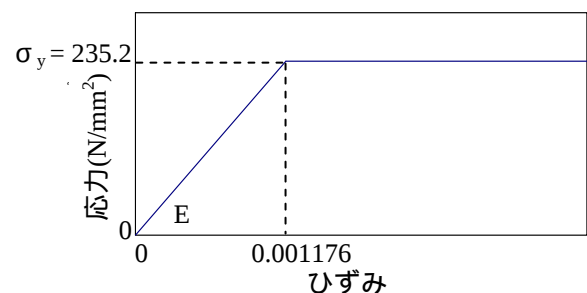


図 - 3 完全弾塑性型の応力 - ひずみ関係

(2) き裂位置の影響

解析の結果得られた代表的なひずみ増加率の分布とひずみ分布を、それぞれ図 - 6 および図 - 10 ~ 12 に示す。図 - 6 より、き裂の位置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 66.8% 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マイナスとなり、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分かる。また、図 - 12 のように表面付近にき裂が存在する場合は、ひずみの分布状態が細かく、はっきりと確認できるが、き裂の位置が深くなるほど分布状態は曖昧になっている。 $h/t=30\%$ では、図 - 10 のようにき裂が存在する部分の表面のひずみは周りより小さくなっていることが分かる。

(3) き裂サイズの影響

図 - 7 ~ 9 は、き裂のサイズ (α/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。 $h/t=70\%$ では表面ひずみが大幅に増加しているが、 $h/t=30, 50\%$ では、き裂のサイズによる表面ひずみの変化は小さかった。 β/b で比較した場合も、き裂が深い位置に存在する場合は、き裂のサイズによる表面ひずみの変化は小さくなっている。

以上のように、き裂の位置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。しかし、き裂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、表面ひずみの分布状態も曖昧になるため、き裂の位置や大きさの正確な判定が困難になる。

4. まとめ

本研究では、鋼材内部に存在するき裂を対象に、弾塑性解析によりそのサイズや位置が表面のひずみ分布に及ぼす影響を検討した。今後は、スペクル干渉法での内部き裂検出の可能性を検討するとともに、スペクル干渉法の計測結果と比較するために、幅厚比やき裂のサイズ・位置などのパラメータを組み合わせたデータベースの作成、あるいはき裂サイズの推定方法の開発が必要である。

【参考文献】

- 1) 神原, 松田, 下郡, 崎山, 阪上: スペ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.

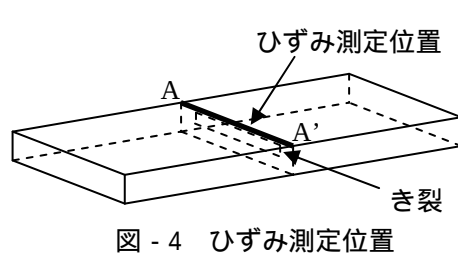


図 - 4 ひずみ測定位置

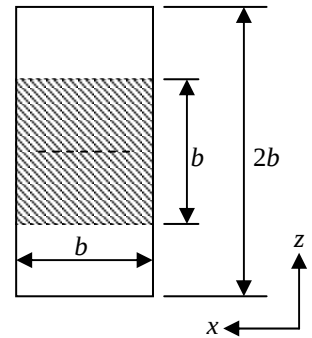


図 - 5 ひずみ分布図測定範囲

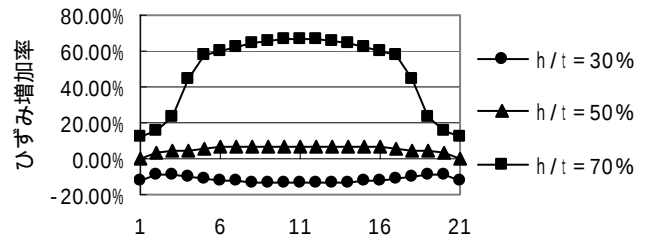
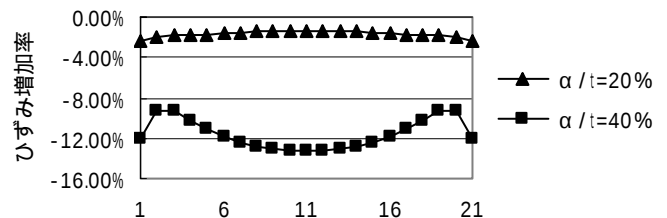
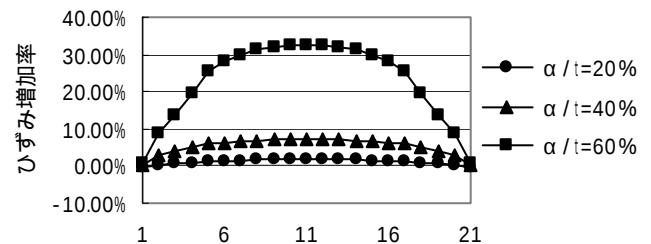
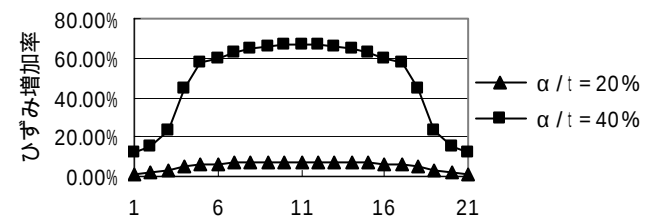
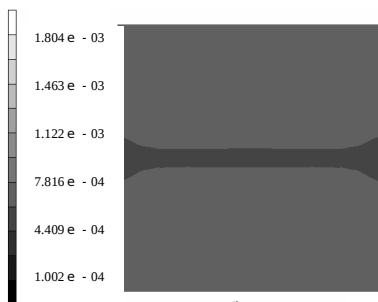
図 - 6 ひずみの増加率 ($\alpha/t=40\%$, $\beta/b=80\%$)図 - 7 ひずみの増加率 ($h/t=30\%$, $\beta/b=80\%$)図 - 8 ひずみの増加率 ($h/t=50\%$, $\beta/b=80\%$)図 - 9 ひずみの増加率 ($h/t=70\%$, $\beta/b=80\%$)

図 - 10 ひずみ分布図
 $\left[\begin{array}{l} h/t=30\% \quad \alpha/t=40\% \\ \beta/b=80\% \end{array} \right]$

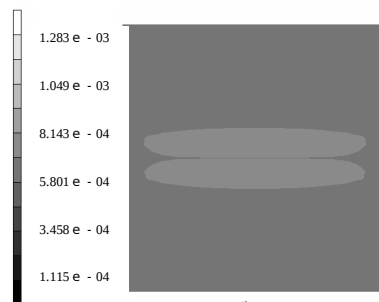


図 - 11 ひずみ分布図
 $\left[\begin{array}{l} h/t=50\% \quad \alpha/t=40\% \\ \beta/b=80\% \end{array} \right]$

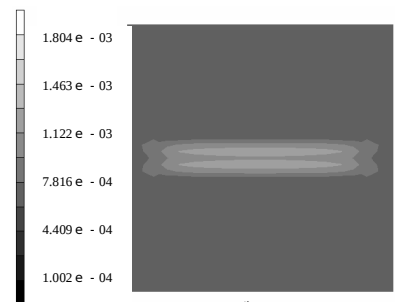


図 - 12 ひずみ分布図
 $\left[\begin{array}{l} h/t=70\% \quad \alpha/t=40\% \\ \beta/b=80\% \end{array} \right]$