

鋼板内部に存在する平面き裂が表面ひずみの分布に及ぼす影響

佐世保重工業(株) 正会員○笹木隆介 長崎大学 正会員 中村聖三  
 長崎大学 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、ひずみを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<sup>1)</sup>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。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可能性を検討するため、その初期段階として鋼板内部に存在する平面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

(1) 解析モデル

対象とするモデルは、未溶着部を有する突合せ溶接継手等を想定し、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 $L=2b$ の平板とする。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(それぞれ $\alpha/t$ および $\beta/b$ )に着目し、 $h/t=30\% \sim 70\%$ 、 $\alpha/t=5\% \sim 50\%$ 、 $\beta/b=20\% \sim 80\%$ の範囲でパラメータを組み合わせ、き裂の位置、サイズおよび形状の影響について検討する。鋼板は板厚 $t=35\text{mm}$ 、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。解析時間を短縮させるため、鋼板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、 $x$ (板幅)方向に 20、 $y$ (板厚)方向に 40 とする。 $z$ (長さ)方向については、一様な分割ではなく、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、き裂のある断面においても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、他端には図-3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) 表面ひずみの評価

図-4に示すモデル表面 A-A' と 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。

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

ここに、 $\varepsilon$ : き裂がある場合の表面ひずみ

$\varepsilon'$ : き裂がない場合の表面ひずみ( $=35 \times 10^{-4}$ )

3. 結果と考察

(1) き裂位置の影響

A-A'における表面ひずみの増加率を図-5に示す。き裂が表面付近に存在する場合には、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には-13.8%となっており、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。破線で示しているき裂端部の位置に着目すると、その付近で大きなひずみの変化が生

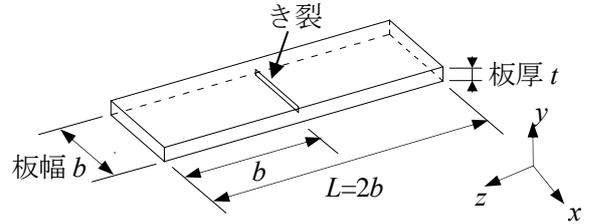


図-1 対象モデル

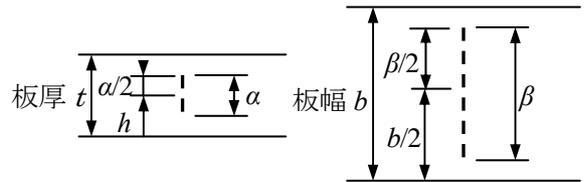


図-2 き裂モデル

——  $x$  軸又は  $y$  軸方向固定

▨  $z$  軸方向固定

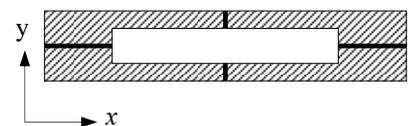


図-3 境界条件

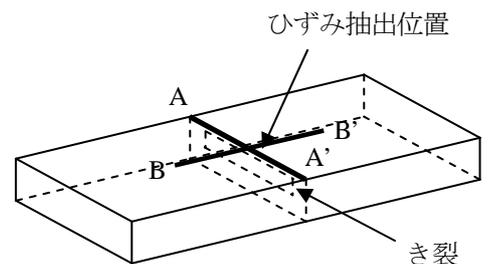


図-4 ひずみ抽出位置

キーワード：内部き裂、表面ひずみ、有限要素解析、鋼板、電子スペックルパターン干渉法

連絡先：〒852-8521 長崎大学文教町 1-14 TEL/FAX：095-816-2613 email:snakamura@civil.nagasaki-u.ac.jp

じている．一方 B-B' のひずみ分布状態には，**図-6** に示すように，き裂付近の狭い領域で大きな変化が見られる．また，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% と極めて大きくなっているのに対し，き裂の位置が深くなるほどひずみの変化は小さくなっている． $h/t=30\%$  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-7** は，A-A' における表面ひずみの増加率を板厚方向のき裂サイズごとに示したグラフの一例である．き裂のサイズを板厚方向に大きくしていくと，ひずみ増加率の最大値が 2 次曲線的に大きくなっているのがわかる．また，それぞれの図の破線付近に着目すると極端にひずみ増加率が変化していることがわかる．

**(3) き裂形状の影響**

鋼板断面積に対するき裂断面積の比を 12% に固定し，き裂形状を変化させたモデルの解析から得られたひずみ増加率を **図-8** に示す． $\beta/b$  を小さくし  $a/t$  を大きくした形状ほど表面ひずみの増加率の変化が大きくなっている．このような結果から，同一のき裂断面積において，き裂の板厚方向の大きさは板幅方向の大きさより表面ひずみに与える影響が大きいと考えられる．

**4. き裂検出の可能性**

以上述べた解析結果から，モデル表面 A-A' のひずみ分布において，隣り合う抽出点との変化が大きい部分に着目することで，き裂の板幅方向のサイズが検出できる可能性があると考えられる．き裂の板厚方向の位置の予測に関しては，A-A' のひずみ分布で上に凸か下に凸かに着目することで，き裂が表面に近い位置にあるのか遠い位置にあるのかを判断できるのではないかと考えられる．しかし，き裂のパラメータによっては位置や形状などの正確な判定が困難になるところがある．

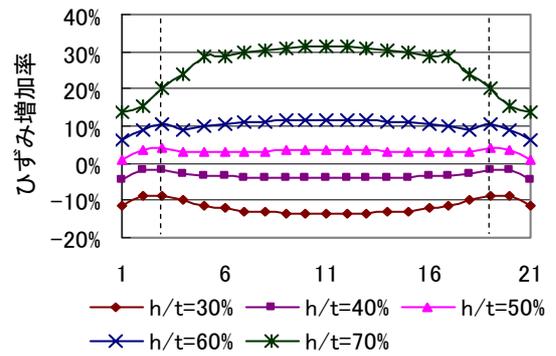
**5. まとめ**

本研究では，鋼板内部に存在する平面き裂が表面ひずみに与える影響を調査することで，き裂検出の可能性を検討した．

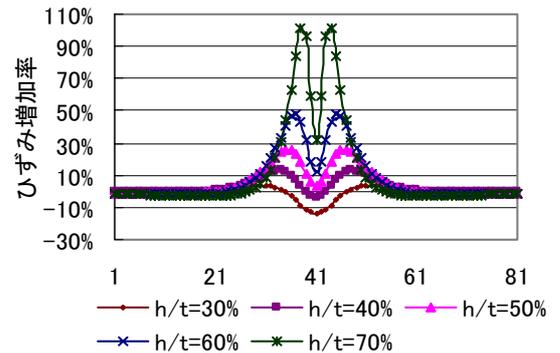
その結果，き裂パラメータを推定する際，表面ひずみの分布において着目すべき点を見出すことができたが，今後，き裂の新たなパラメータの設定やより広範にき裂の位置・サイズなどのパラメータの組み合わせを変化させた解析を実施するとともに，実験的な検討を実施し，全視野ひずみ測定法での内部き裂検出の可能性をより詳細に検討する必要がある．また最終的には，広範なパラメトリック解析結果や FEM と最適化手法あるいはパラメータ同定手法との組み合わせに基づくき裂の位置やサイズの推定方法を確立できればと考えている．

参考文献

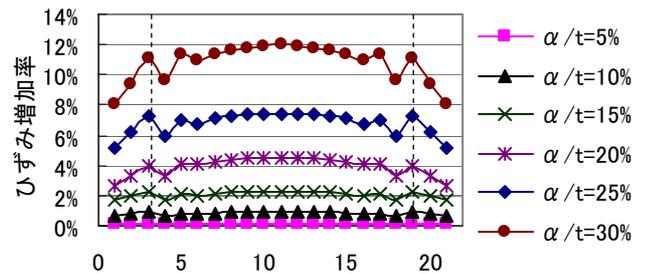
- 1) 神原天鳴，松田浩，下郡康二，崎山毅，阪上直美：スペックル干渉法による鋼部材の非接触全視野ひずみ計測，鋼構造年次論文報告集，Vol.11，pp.519-524，2003.11.



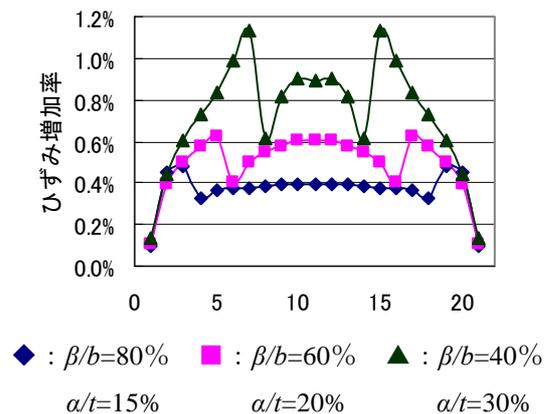
**図-5** A-A' のひずみ分布 ( $a/t=40\%$ ,  $\beta/b=80\%$ )



**図-6** B-B' のひずみ分布 ( $a/t=40\%$ ,  $\beta/b=80\%$ )



**図-7** ひずみ分布 ( $h/t=70\%$ ,  $\beta/b=80\%$ )



**図-8** ひずみ分布 (き裂断面積比 12%)