

鋼材内部に存在するき裂が表面ひずみに及ぼす影響

梅高建設(株) 正会員 ○江藤亮太
 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. はじめに

我が国における本格的な社会資本整備が始まった1960年代に製造された多くの鉄道橋や道路橋で溶接部の疲労損傷が発見されているが、現在も補修・補強がなされ供用されている¹⁾。これら膨大な数のしかも多様な問題を抱えた既設構造物の疲労性能評価を行うためには、簡易でかつ精度の高い疲労き裂の検出技術の開発が不可欠である。

従来、ひずみ測定には一般的にひずみゲージが用いられてきたが、対象物にゲージを直接貼り付ける必要があり、測定できるひずみも定点だけのものであるなどの問題点を有する。それに対して、近年スペックル干渉法²⁾など、非接触で面的なひずみ分布が取得できる各種測定法が注目されるようになってきた。

本文は、そうした測定法による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平面き裂が内在するモデルの有限要素解析を行い、モデルサイズや内部き裂の位置・サイズが表面ひずみに及ぼす影響を検討するものである。

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、板幅の板厚に対する比(幅厚比 b/t)、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(α/t および β/b)に着目し、 $b/t=6.00$ 、 $h/t=30\%$ 、 50% 、 70% 、 $\alpha/t=5\sim 65\%$ 、 $\beta/b=20\sim 80\%$ の範囲でパラメータを組み合わせ、(1)同一幅厚比におけるモデルサイズおよびき裂の板厚方向位置の影響、(2)き裂サイズの影響とき裂の検出可能サイズについて検討する。

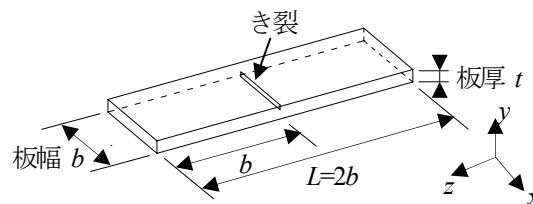


図-1 解析モデル

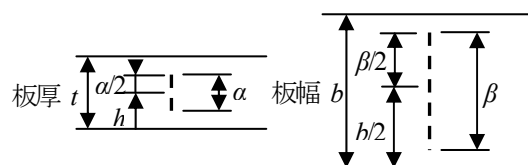


図-2 き裂モデル

解析には汎用有限要素解析ソフトウェアMARCを使用し、8節点アイソパラメトリック要素(No.7)でモデルを作成する。要素分割数は、(1)の検討モデルではx方向に20、y方向に20、z方向に80とし、(2)の検討モデルではx方向に10、y方向に40、z方向に80とする。荷重条件は一軸引張とし、一端に70N/mm²の等分布荷重を載荷し、もう一端は固定する。解析は弾性範囲のみを対象とし、弾性係数は200kN/mm²、ポアソン比は0.3とする。

2.2 表面ひずみの評価

解析結果から、図-3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 (3.5×10^{-4})

また、図-4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。

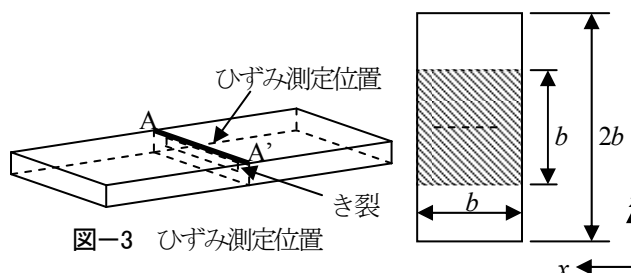
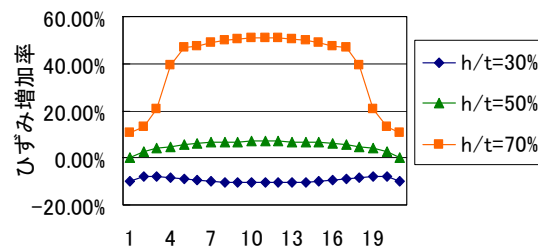


図-4 ひずみ分布図測定範囲

図-5 ひずみ増加率($\alpha/t=40\%$ $\beta/b=80\%$)

3. 解析結果と考察

(1) 同一幅厚比でのモデルサイズおよびき裂の板厚方向位置の影響

同一幅厚比でサイズの異なる相似形モデルでは、発生するひずみの大きさは同一となり、ひずみ分布も相似形となった。

キーワード：内部き裂検出、溶接欠陥、表面ひずみ、有限要素解析

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町1-14 TEL/FAX: 095-819-2613 e-mail: snakamura@civil.nagasaki-u.ac.jp

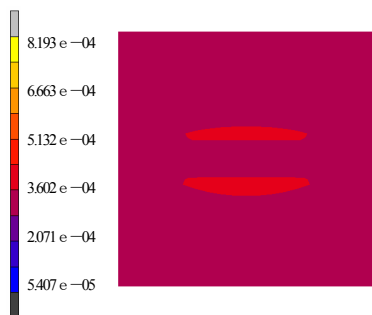


図-6 ひずみ分布図
 $\left[\begin{array}{l} h/t=30\% \quad a/t=40\% \\ \beta/b=80\% \end{array} \right]$

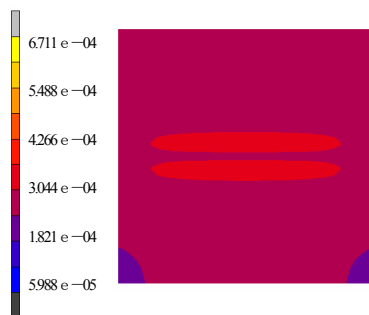


図-7 ひずみ分布図
 $\left[\begin{array}{l} h/t=50\% \quad a/t=40\% \\ \beta/b=80\% \end{array} \right]$

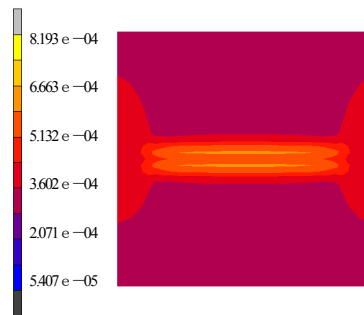


図-8 ひずみ分布図
 $\left[\begin{array}{l} h/t=70\% \quad a/t=40\% \\ \beta/b=80\% \end{array} \right]$

図-5 は横軸にひずみの測定点，縦軸にひずみ増加率をとり，各き裂位置の板幅方向のひずみ増加率の分布を示したグラフであり，図-6～8 は各ケースにおけるひずみ分布図である。 $h/t=70\%$ ではひずみ増加率は最大で 50.96% となったが， $h/t=30\%$ ではひずみ増加率はマイナスとなり，最小で -10.52% となった。すなわち，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，深くなるほど小さくなる。また， $h/t=70\%$ では，き裂が表面に近い（き裂先端が表面から板厚の 10%）位置にあり，き裂の影響によるひずみ変化はき裂部表面に集中するため，図-8 のひずみ分布図のように局部的に大幅なひずみ増加が発生しているが，き裂が表面から深くなるほどき裂の表面ひずみに及ぼす影響は小さくなり，局部的なひずみの変化量も小さくなる。 $h/t=30\%$ では，図-6 のようにき裂部表面のひずみが周囲よりも低下している。

(2) き裂サイズの影響とき裂の検出可能サイズ

各モデルのひずみ増加率の代表値を取り出し，き裂サイズとひずみ増加率の関係をまとめたグラフを図-9～11 に示す。同一のひずみ増加率におけるき裂サイズの関係を比較すると，き裂の位置が表面から深くなるほど， β/b の減少に伴う a/t の増加が大きくなっていることが分かる。また，表面ひずみの測定精度がひずみ増加率 2% 以上であれば， $h/t=30\%$ の場合， $\beta/b=80\%$ では $a/t=19.84\%$ ， $\beta/b=20\%$ では $a/t=35.26\%$ までのき裂サイズの検出が可能である。 $h/t=50\%$ の場合， $\beta/b=80\sim40\%$ では $a/t=20.41\sim21.30\%$ となり， a/t の検出可能サイズにほとんど変化がないのに対し， $\beta/b=20\%$ では $a/t=32.03\%$ と大きなき裂サイズの検出が可能である。 $h/t=70\%$ の場合， $\beta/b=80\sim20\%$ では $a/t=9.44\sim11.75\%$ となり， β/b の変化による a/t の検出可能サイズの変化はほとんどなかった。

4. まとめ

本研究では，鋼材内部に存在するき裂を対象に，その位置やサイズが表面のひずみに及ぼす影響を弾性解析により検討した。今後は，今回得られた知見をもとに，非接触ひずみ計測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，幅厚比やき裂の位置・サイズなどのパラメータの組み合わせを増やした広範な解析を実施しデータベースを作成するなどして，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) 阿部英彦，谷口紀久，阿部允：鋼鉄道橋における疲労問題と補修・補強，橋梁と基礎，Vol.17，No.8，pp.24-29，1983
- 2) 神原天鳴，松田浩，下郡康二，崎山毅，阪上直美：スペck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.

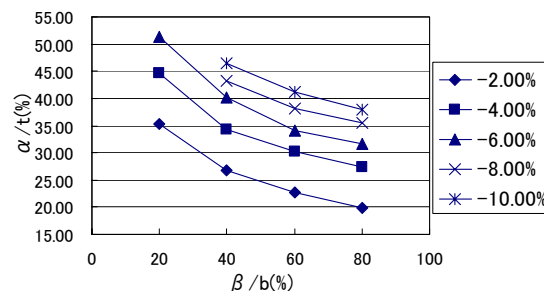


図-9 き裂サイズとひずみ増加率の関係 ($h/t=30\%$)

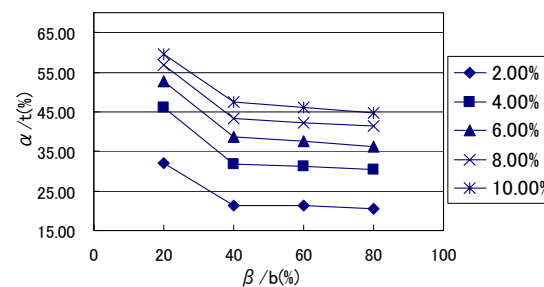


図-10 き裂サイズとひずみ増加率の関係 ($h/t=50\%$)

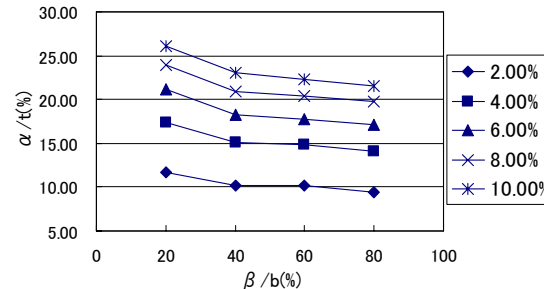


図-11 き裂サイズとひずみ増加率の関係 ($h/t=70\%$)