日本機械学会誌　2016. 1　Vol. 119　No.1166

修正版（図 1）

TOPICS

き裂の応力拡大係数解析ひずみゲージの開発と解析式

1. はじめに

材料中に発生したき裂の応力拡大係数を，知ることができれば，そのき裂材の強度評価ができる．本稿では，ひずみ測定し応力拡大係数を解析できる新たな専用のひずみゲージ（K 値ゲージ）を開発したので紹介する[(1)]．

筆者らの知る限り，従来の応力拡大係数解析専用のひずみゲージは，石川ら[(2)]と近藤[(3)]により開発されたもののみである．今回，ゲージの特徴は以下のとおりである．

(1)　**図 1** に示すように，き裂先端部の極座標ひずみ成分 ε_r を採用した．
(2)　き裂先端部のひずみ式第 2 項目までを採用した．
(3)　従来，解析式の中にき裂長を含んでいた[(3)]が，本方法では，き裂長を必要としない．

本稿では，開発したひずみゲージによる応力拡大係数の解析式を示す．同時に模擬き裂を有する試験片に，本開発ゲージを貼り付け（**図 2**），実験解析を行った結果の一部を報告する．

2. 応力拡大係数解析式の変数

応力拡大係数解析式に表れる文字変数と予備式を以下に示す．

K_{I}；開口モード応力拡大係数
K_{II}；せん断モード応力拡大係数
Gi；i 番のゲージ素子（i=1～4）
ε_{Gi}；Gi 番ゲージ素子のひずみ値
r_i：き裂先端からゲージまでの距離
E：縦弾性係数　　ν：ポアソン比

$$R_1=\frac{(r_2^{3/2}-r_1^{3/2})}{(r_2^2-r_1^2)},\quad R_2=\frac{(r_4^{3/2}-r_3^{3/2})}{(r_4^2-r_3^2)}$$

$r_1=1.5,\ r_2=2.5,\ r_3=3.5,\ r_4=4.5\,(\mathrm{mm})$

$$Q_1=\frac{4(7-5\nu)}{9E(\pi)^{3/2}}$$

$$J_1=\frac{(8\sqrt{2}-4)\nu+(12-8\sqrt{2})}{3E(\pi)^{3/2}}$$

3. 開口モード式

き裂を開口する負荷形態を，開口モードと言い，開口モード応力拡大係数 K_{I} が現れる．本開発ゲージを使うと，以下の式（1），（2）に表される．

$$K_{\mathrm{I}}=\frac{(\varepsilon_{G1}+\varepsilon_{G2})-(\varepsilon_{G3}+\varepsilon_{G4})}{2Q_1(R_1-R_2)}\qquad(1)$$

$$K_{\mathrm{I}}=\frac{\varepsilon_{G1}-\varepsilon_{G3}}{Q_1(R_1-R_2)}\qquad(2)$$

4. 混合モード式

き裂先端部が，せん断方向の負荷形態の場合，せん断モード応力拡大係数 K_{II} が現れる．上記開口モードとせん断モードが重なった場合を，混合モードと言う．この場合 K_{I} は式（1）と同じで，K_{II} は，次式で表される．

$$K_{\mathrm{II}}=\frac{(\varepsilon_{G1}+\varepsilon_{G3})-(\varepsilon_{G2}+\varepsilon_{G4})}{2J_1(R_1+R_2)}\qquad(3)$$

5. 開発ゲージの精度検証実験

開発した K 値ゲージの精度検証実験のために，平板引張試験を行った．その試験結果を，**図 3, 4** に実験値と解析値との精度比較として示した．図中，実験値が解析値と同じ値の場合は，45° 線上の解析値線上に重なる．破線は，解析値との誤差 ±10% 線を示している．**図 3, 4** とも破線以内に実験値があり，解析値との誤差が ±10% 以内を示している．

6. おわりに

き裂の応力拡大係数解析専用のひずみゲージ（K 値ゲージ）を開発し，解析式を導いた．模擬き裂試験片を用いた実験より，開口モード，混合モードき裂の精度は，解析値と誤差 ± 10% の近傍の範囲内で得られる．本開発ゲージが，今後破壊力学関係の従事者に少しでも役立つならば幸いである．

（原稿受付　2015 年 9 月 4 日）

〔黒崎　茂，山地周作　（株）共和電業〕

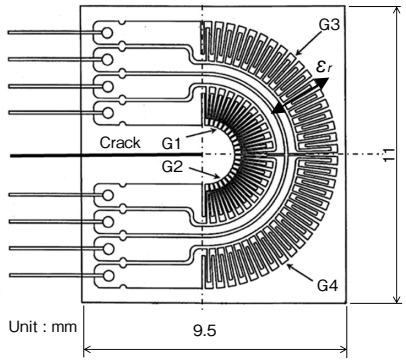

図 1　開発した K 値ゲージパターン

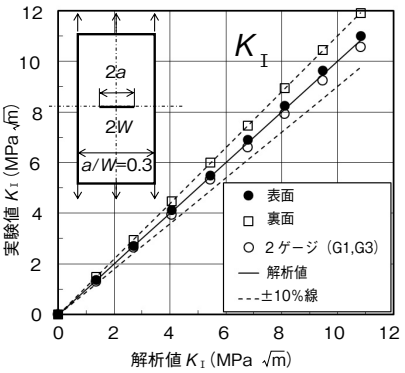

図 3　開口モード実験値と解析値

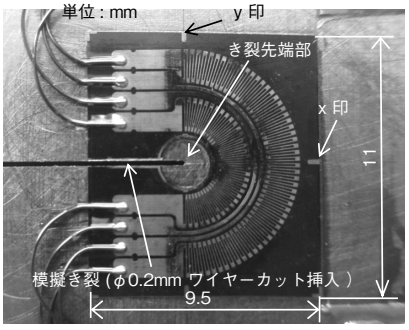

図 2　試験片上の開発ゲージ

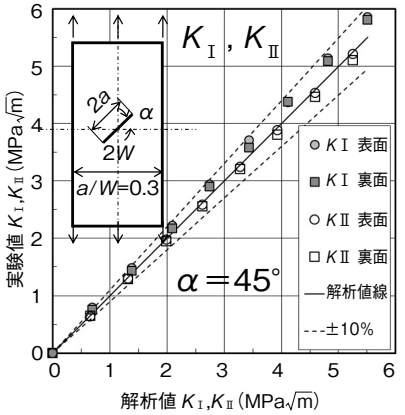

図 4　混合モード実験値と解析値

●文　献

（1）黒崎　茂・山地周作・小針　遼・兼平光隆・施村　偉・志村　穣，き裂の応力拡大係数解析ひずみゲージの開発，日本機械学会論文集，**81**-824（2015），1-19.
（2）石川晴雄・北川英夫，き裂の応力拡大係数測定用の新しいひずみゲージ，非破壊検査，**36**-4（1987），281-286.
（3）近藤良之，構造物に発生したき裂の K 値計測用ゲージの開発，機論，**53**-495, A（1987），1977-1982.