

## I-67

## 直流および交流ポテンシャル法によるき裂の形状・寸法測定

東京工業大学 学生員 吉見昌宏  
長岡技術科学大学 正会員 池田清宏

東京工業大学 正会員 三木千寿  
東京工業大学 正会員 森 猛

## 1) はじめに

電気ポテンシャル法は、疲労き裂発生を検出や貫通き裂などの単純な形状のき裂の長さの計測などにはすでに実用化されている方法である。ここでは、表面き裂の形状および寸法を測定することを目的として、直流および交流ポテンシャル法について以下の点に着目して基礎的な検討を行った。

- ① 直流および交流のポテンシャル法の特長比較
- ② 電位差を多くの点で測定することによる形状・寸法の測定の可能性
- ③ 交流法では、表皮効果に着目して、数種類の周波数の電流を流すことにより き裂の深さ方向の情報を得る可能性

## 2) き裂長さとの電位差の関係

物質の導電率（電気伝導率）が一定で異方性がなく、定常電流すなわち直流ならば、Maxwellの方程式およびオームの法則から、Laplaceの方程式が導かれる。

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (\phi: \text{電位})$$

中央貫通き裂を有する板の電気ポテンシャル問題は、2次元の境界条件が簡単な問題であるので等角写像を用いて解くことができる。中央貫通き裂の長さとき裂をはさんだ2点間の電位差の関係は、次のようになる。

$$\frac{V(a)}{V(a_0)} = \frac{\cosh^{-1} \left( \frac{\cosh \pi y/W}{\cos \pi a/W} \right)}{\cosh^{-1} \left( \frac{\cosh \pi y/W}{\cos \pi a_0/W} \right)}$$

但し、 $V$ は電位差、 $2a$ はき裂長、 $2a_0$ は初期き裂長、 $y$ はき裂から測定点までの距離、 $W$ は板幅である<sup>1)</sup>。

## 3) 実験概要

実験に用いた試験体は、長さ10mmの中央貫通き裂、および半径4mmの半円形の表面き裂を有する鋼板である。電位差を検出するための端子（プローブ）10個の取付状況は図1に示す通りである。

電位差測定装置の概略を図2に示す。切替スイッチの制御および測定値の読み込みはGP-IBインターフェイスを介して、パソコンで行った。直流法では、10Aの定電流を試験体に流し、デジタルマルチメータで電位差を測定した。交流法では、交流発振器により発生させた参照信号を電力増幅器で増幅し試験体に流し、プローブから取り出される電位差をトランスを通した後、ロックインアンプで測定した。電流値は1A、電流周波数は、132、318、643、931Hzの4種類である。

疲労き裂は、電気油圧式疲労試験機を用いて進展させた。一定量き裂が進展するごとに、破面にビーチャークをつけ、試験体破断後、光学顕微鏡を用いて破面を観察し、き裂寸法を測定した。

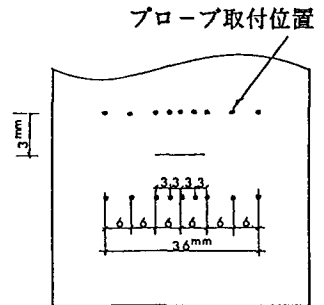


図1 プローブ取付位置

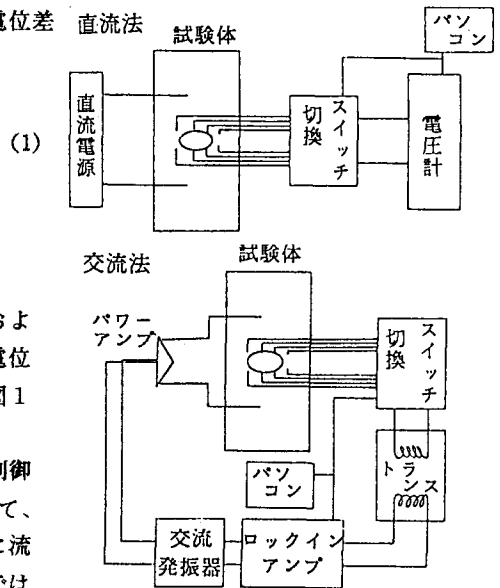


図2 電位差測定装置概略

#### 4) 実験結果および考察

##### 4-1 直流法

中央貫通き裂型試験体に対して直流法を用いた場合のき裂長さと電位差の関係を図3に示す。実験値と(1)式による理論値はよく合っており、電位差の測定値からき裂長さを(1)式により推定できることがわかる。

表面き裂型試験体に対して直流法を用いた場合の各測定点における電位差の値を図4に示す。電位差は山型に分布しており、き裂の進展にともなって、ピーク値は大きくなり、分布のすその部分がき裂の先端付近にあることがわかる。この分布形状と、あらかじめ様々な形状のき裂モデルについて数値解析を行った結果とを比較することにより、形状決定が可能であると考えられる。

##### 4-2 交流法

表面き裂型試験体に対して交流法を用いた場合の電位差比の分布を図5に示す。電位差比とは、き裂がある大きさの時の各点の電位差の値を初期き裂のときの値で無次元化したものである。周波数が低くなるほど、大きくふくらんだ分布形状になっていることがわかる。ここで、低周波の132Hzと高周波の931Hzの2つの周波数における電位差比の分布形状に着目し種々のき裂寸法に対する電位差比の分布形状を図6にまとめた。この図では(a)→(c)の順にき裂が大きくなっている。(a)では分布形状がほぼ一致しているが、き裂が進展すると、(b)のように分布形状に差が生じ、(c)ではさらにその差が大きくなっていることがわかる。また(b)、(c)から、表面き裂の最深部付近でその差が大きく、開口部両端付近で差が小さくなっていることがわかる。

以上のことから、周波数が変化することにより生じる電位差比の分布形状の差異が、表面き裂の深さと関連性がある可能性があることが推察された。

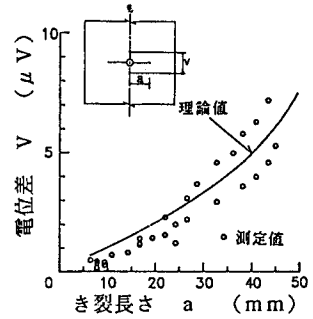


図3 電位差とき裂長さの関係（貫通き裂、直流法）

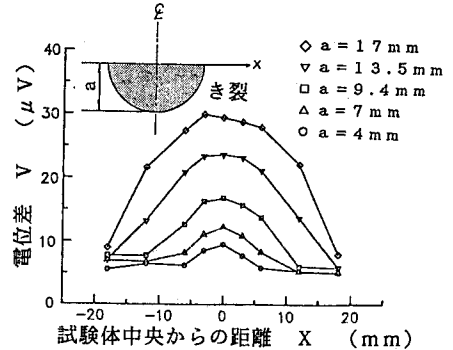


図4 電位差の分布（表面き裂、直流法）

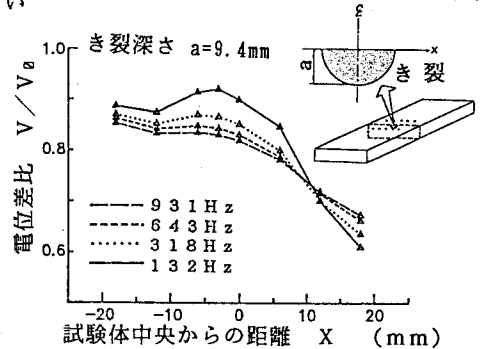


図5 電位差比の分布（表面き裂、交流法）

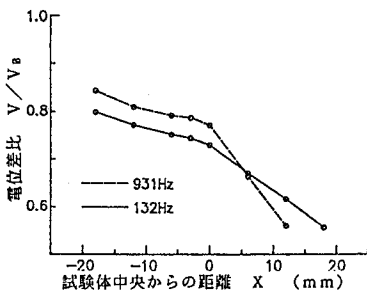
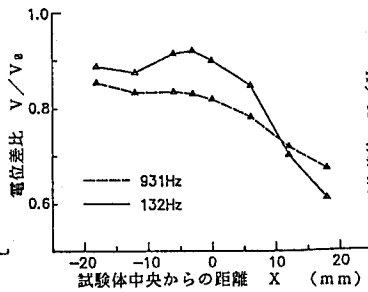
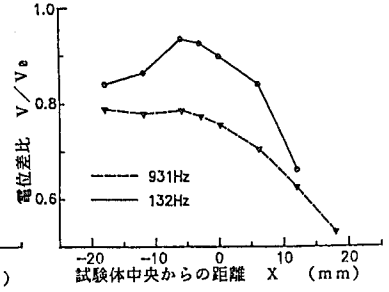


図6 (a)  $a=7\text{ mm}$  の場合



(b)  $a=9.4\text{ mm}$  の場合



(c)  $a=13.5\text{ mm}$  の場合

##### 参考文献

- [1] Johnson, H.H.: Calibrating the Electric Potential Drop Method for Studying Slow Crack Growth, Materials Research & Standards, vol.5, 1965, pp442