マルチ電流負荷方式を用いた電気ポテンシャル CT 法による
未知内部き裂の位置および傾斜角の測定*阪上 隆英^{*1}, 久保 司郎^{*2}, 橋本 健^{*3}
山脇 弘^{*4}, 大路 清嗣^{*2}Quantitative Measurement of Two-Dimensional Inclined Cracks by
the Electric-Potential CT Method with Multiple Current ApplicationTakahide SAKAGAMI, Shiro KUBO, Takeshi HASHIMOTO,
Hiroshi YAMAWAKI, and Kiyotsugu OHJI

The electric-potential CT method proposed previously by three of the present authors was applied to quantitative measurements of location, angle and size of two-dimensional inclined cracks embedded in steel plates. In this experiment, a D-C current was consecutively supplied between one of five pairs of electrodes placed on the top and bottom ends of the plates. Electric-potential distribution was measured along the side faces of the plate under each of these five current application conditions. Data on electric-potential were processed to reconstruct cracks by a least residual inverse analysis scheme, in which a least residual criterion was employed between the observed potential distributions and the computed ones for various assumed crack locations. When the residual was evaluated using a potential distribution obtained under any single current application condition, this scheme did not always give reasonable results. Simultaneous use of the potential distributions under five current application conditions made it possible to determine the location, angle and size of cracks with good accuracies.

Key Words: Material Testing, Two-Dimensional Inclined Cracks, Non-Destructive Testing, Electric-Potential CT Method, Inverse Analysis, Boundary Element Method

1. 緒 言

き裂の非破壊検査法のひとつである電位差法は、実験室レベルでの二次元き裂の寸法測定に有用性を発揮している。最近では、電位差法を構造物中に存在する二次元き裂および三次元き裂の定量測定に適用しようとする試みがなされてきている^{(1)~(3)}。

しかしながら、一般に、実構造物中に存在するき裂を測定する際には、き裂の位置や形状が全く不明で、しかもき裂の形状が三次元的である場合がほとんどであるため、同定の対象となるき裂形状パラメータの数が多くなる。このため、従来の電位差法で行われているように、個々のき裂形状パラメータを、ある特定点で観測される単一の電位から一対一の対応関係をもとに求めることは、原理的に無理であると考えられる。したがって、多数のき裂形状パラメータの同定は、これらの影響を反映した多数の点における電気ポテンシャル分布に関する情報を総合して用いることによりは

じめて可能になるものと考えられる。

著者ら⁽⁴⁾は、このような考え方に基づく新しいき裂測定法として、電気ポテンシャル CT 法を提案した。この方法は、物体表面上で測定された電気ポテンシャル分布に関する多点のデータに、計算機を用いた数値解析的处理を施すことにより、二次元き裂および三次元き裂の位置、形状および寸法を測定するものである。

電気ポテンシャル CT 法の適用例として、これまでに二次元縁き裂および内部き裂の位置・寸法測定に関する数値シミュレーション⁽⁴⁾ならびに実際に鋼板を用いた実験⁽⁵⁾を行った。また、三次元き裂については、簡単な表面き裂および内部き裂測定に関する数値シミュレーション⁽⁶⁾を行った。その結果、電気ポテンシャル CT 法により二次元き裂および三次元き裂を精度よく測定できることが明らかとなり、同法の有用性が確認された。

本論文では、電気ポテンシャル CT 法をさらに実際のなき裂測定に適用した例として、位置、傾斜角および寸法が全く不明であるような二次元未知内部き裂の測定に関する実験を行った結果について述べる。この問題では、き裂の向きが不明であり、同定の対象となるき裂形状パラメータの数が多くなるので、き裂パラ

* 昭和 62 年 4 月 3 日 第 64 期通常総会講演会において講演、原稿受付 昭和 61 年 10 月 27 日。

^{*1} 正員、大阪大学大学院 (〒565 吹田市山田丘 2-1)。

^{*2} 正員、大阪大学工学部。

^{*3} 学生員、大阪大学大学院。

^{*4} 准員、大阪大学工学部 (現在(株)東芝)。

メータ同定に有効な電流入力位置があらかじめ与えられず、また単一の電流入力位置に対する電気ポテンシャル分布のみでは情報が不十分となる可能性がある。そこで、本実験においては、測定対象にさまざまな方向から電流を供給し、そのおのおのについて得られた電気ポテンシャル分布を総合する、マルチ電流負荷方式⁽⁷⁾を採用して、き裂の位置、傾斜角および寸法を求めた。

2. 境界要素逆問題解析法

2.1 逆問題解析 電気ポテンシャル CT 法において行われるような、き裂の存在により変化した物理量の観測値に関するデータをもとに、物理量変化の原因であるき裂を逆に同定しようとする問題は、最近さまざまな分野⁽⁸⁾⁽⁹⁾において活発に研究されている逆問題のひとつになっていると考えられる。

著者ら⁽⁴⁾は、このような逆問題の取扱いを電気ポテンシャル問題に適用し、測定された電気ポテンシャル分布に関する多量のデータを処理して、き裂の位置、形状および寸法を同定する逆問題解析法として、境界要素法(以下では BEM と略記する)に基礎を置く二つの境界要素逆問題解析法、すなわち未知境界同定法および境界残差最小化法を開発した。本実験においては、二つの解析手法のうち、以下に説明するような境界残差最小化法を用いた。

2.2 境界残差最小化法 逆問題解析において対象とする領域と境界を図 1 に示す。境界 Γ_1 は、境界条件としてポテンシャル ϕ が与えられる Dirichlet 形境界であり、境界 Γ_2 は、境界条件として流束 q が与えられる Neumann 形境界である。領域中に存在する境界 Γ_0 は、その一部にき裂が存在すると想定される境界である。しかるに、き裂の存在位置が不明であるために、境界 Γ_0 については、その存在位置をあらかじめ与えることができず、また Γ_0 上では境界条件として、

ϕ , q のいずれをも規定することができない。このように境界条件が与えられない境界 Γ_0 のことを、不完全規定境界と呼ぶことにする。

逆問題解析においては、このような不完全規定境界の存在により、解析に必要な情報量が不足するため、そのままでは問題を解くことができない。そこで、境界 Γ_2 の一部に、測定により求められたポテンシャル情報が与えられる過剰規定境界 Γ_3 を設けることにより、情報量の不足を補い問題を解くことを可能にする。

境界残差最小化法では、まず、解析領域においてき裂の位置・寸法を適当に仮定する。すなわち、 Γ_0 の位置を適当に仮定するとともに、 Γ_0 をき裂が存在する部分すなわち q が規定される部分と、き裂以外の部分すなわち ϕ および q の適合条件が与えられる部分とに分離する。さらに、過剰規定境界 Γ_3 上の ϕ 値を未知とすれば、境界条件は通常行われている BEM 解析(順解析)と同様のものとなる。したがって、仮定したき裂位置・寸法に対する Γ_3 上のポテンシャル ϕ を、領域分割法による BEM 解析により計算することができる。

次に、き裂同定の指標として、このようにして求められた ϕ と、測定により求められている過剰規定境界値 $\bar{\phi}$ との間で、次式のような残差平方和 R を計算する。

$$R = \int_{\Gamma_3} w(\phi - \bar{\phi})^2 d\Gamma \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中の w は適当な重みである。本実験においては、 w として、ポテンシャル測定点に中心をもつ Dirac のデルタ関数を用いた。

この R を、仮定できるさまざまなき裂位置・寸法に対して計算して、その中で R の最小値を与えるものを最も確からしいき裂位置・寸法と判定する。

図 1 逆問題解析において取扱う領域と境界

図 2 測定対象および電流供給方法

3. 測定対象

本実験では、図2に示すような板状試験片中に存在する、二次元未知内部き裂の位置、傾斜角および寸法の測定を行った。試験片の材料は市販の SUS 304 鋼である。測定の対象としたき裂の種類および位置・寸法を図3に示す。図中においてき裂左端および右端の位置を表す座標 x および y は、点 K を原点として mm を単位に、図中に示したようにとられている。図3に示した各き裂を、それぞれ試験片に放電加工によるスリットとして導入した。スリットの幅は約 0.2 mm である。

マルチ電流負荷による電気ポテンシャル CT 法を用いたき裂測定を行うために、図2に示したように試験片の両端部に各5個ずつの電流供給端子を設けて、その組合せにより、さまざまな方向から試験片に電流を供給できるようにした。本実験においては、そのなかから図2に示したような、(1-1')~(5-5')の5方向を選び、電流を試験片に供給した。そして、それぞれの電流供給方向について、境界 EK および LF 上の電気ポテンシャル分布を求め、それらを総合して未知内部き裂の位置、傾斜角および寸法の測定を行った。

4. 測定方法

4.1 電気ポテンシャル分布の測定 本実験で用いた電気ポテンシャル分布測定システムを図4に示す。試験片には直流安定化電源から 10 A の電流を供給した。電気ポテンシャルの分布を求めるため、境界 EKLF 上に 80 点の電位測定点を設けて、各点の電位を測定した。電位測定プローブとしては、直径 0.1 mm のステンレス線を試験片に溶接したものを用いた。各点のプローブは、スキャナを介して微小電圧計(分解能 0.1 μ V)に接続されており、これらの装置をパーソナルコンピュータを用いて制御することにより、多点の電位の自動測定を行った。

測定領域 EKLF の形状およびプローブ取付け位置の測定は、読取り顕微鏡を用いて行った。

4.2 境界残差最小化法

4.2.1 解析方法 図2に示した測定領域 EKLF に対して、2章において述べた境界残差最小化法を適用して逆問題解析を行った。測定領域を囲む境界のうち、EF および KL は、ポテンシャル値が与えられる Dirichlet 形境界である。EF および KL 上のポテンシャル値としては、境界上に配置された測定点における

図3 測定の対象としたき裂の種類

図4 電気ポテンシャル分布測定システム

値を線形補間したものを用いた。EK および LF は、測定により求められたポテンシャル値が与えられる部分においては過剰規定境界、それ以外の部分では自由境界 (Neumann 形境界) となる。EK および LF 上において、流束 q の値は零とした。

境界残差最小化法による解析手順に従い、まず、測定領域 EKLF 内において、き裂位置・寸法を適当に仮定する。次に、各電流供給方向について BEM 解析を行い、仮定したき裂位置・寸法に対して残差平方和を計算する。マルチ電流負荷方式により、複数の電流供給方向の影響を総合したき裂同定を行うため、残差平方和としては各電流供給方向に対する値の線形和

$$R_s = \sum_k \int_{EK+LF} w(\phi_k - \bar{\phi}_k)^2 d\Gamma \quad \dots\dots\dots (2)$$

を採用する。ここに、添字 k は k 番めの電流供給方向に対する値であることを示している。

このような R_s を、仮定できるさまざまなき裂位置・寸法について計算して、 R_s を最小化するものを最も確からしいき裂位置・寸法とする。

解析に使用した境界 EKLF の境界要素分割を図 5 に示す。き裂を含む領域分割部の要素分割については、境界 EKLF の分割と同程度の細かさの要素分割が、仮定したき裂位置・寸法に応じて自動的に作成される

図 5 逆問題解析において使用した要素分割

図 6 初期解析におけるき裂先端仮定点

ようにした。

4.2.2 解析手順 位置および寸法の不明な斜めき裂を境界残差最小化法を用いて同定する際には、不明であるき裂形状パラメータ数が多いため、仮定できるき裂位置・寸法の数膨大なものとなる。そこで本実験においては、以下に示すような段階的なき裂位置・寸法同定法を取り入れることにより、計算の効率化を図った。

まず、初期解析として、全測定領域においてき裂の位置・寸法を大まかに仮定して解析を行い、き裂の存在位置および寸法の概略を推定した。初期解析においては、図 6 に示すように測定領域 EKLF 中に 25 個のき裂先端仮定点を格子状に配置して、この中の任意の二点を結んでできる 300 とおりの斜めき裂を仮定して残差平方和 R_s の計算を行った。そして、 R_s を最小化するものを初期解析における最も確からしいき裂位置・寸法と判定した。

以後は、推定されたき裂位置の付近において、き裂をより細かく仮定した逆問題解析すなわち細分化解析を行った。細分化解析におけるき裂位置・寸法の仮定法としては、以下に示すような二つの方法を用いた。まず、き裂の位置および寸法の概要を定める段階においては、図 7 (a) に示すように前段階の解析において上位に推定されたき裂位置・寸法の周囲に、き裂先端仮定点の格子を縮小して細かく配置し、初期解析と同様に格子点を用いて仮定できるすべての斜めき裂について R_s の計算を行い、最も確からしいものを求めた。このような細分化手法を手法 (I) と呼ぶことにする。次に、手法 (I) による細分化解析により、き裂位置・寸法の概要が定まってきたら、以後はき裂をより高精度かつ効率的に同定するため、次のような手法 (II) による細分化解析を行った。すなわち、前段階において推定された上位 3 番めまでのき裂先端位置とその周囲に、9 点のき裂先端仮定点を図 7 (b) に△印で示すよ

(a) 手法 (I)

(b) 手法 (II)

図 7 細分化解析におけるき裂先端仮定点

うに細かく配置して、これらを結んで仮定できるき裂について R_s の計算を行い、最も確からしいものを求めた。以上のような細分化解析を繰返し、より小さな R_s 値を与えるき裂位置・寸法を探索することにより、き裂同定の精度を向上させた。

5. 測定結果

5.1 長い斜めき裂の測定結果 図 3 (a) に示した長い斜めき裂について得られた測定結果を以下に示す。初期解析において仮定したき裂位置・寸法と残差平方和 R_s の組合せの中から、 R_s の最小値を与えるき裂位置・寸法から 3 番めまで、すなわち最も確からしいき裂位置・寸法から上位 3 番めまでを、順位を付して図 8 (a) に実線で示す。図中に破線で示されているのは、読取り顕微鏡を用いて測定された実際のき裂位置・寸法である。

次に、初期解析のき裂位置・寸法の推定結果をもとに、手法 (I) による 1 回めの細分化解析の格子点を図 8 (b) に示すように配置して解析を行った。解析結果の中から、初期解析と同様に上位 3 番めまでのき裂位置・寸法を図 8 (b) に示した。さらに、この結果をもとに行った、手法 (I) による 2 回めの細分化解析におけるき裂先端仮定格子点と解析結果を図 8 (c) に示す。解析結果より、き裂位置・寸法の概要が定まってきたと考えられるので、3 回めの細分化解析以後は手法 (II) による解析を行った。3 回めおよび 4 回めの細分化解析において用いたき裂先端仮定点および解析結果を、それぞれ図 8 (d) および (e) に示す。

初期解析から 4 回めの細分化解析までの一連の解析において得られた R_s の最小値は、図 8 (e) に併記された解析対象にき裂が存在しない場合について計算された R_s と比較して十分に小さい。したがって、電気ポテンシャル CT 法を用いたき裂の検出が可能であることがわかる。さらに、 R_s の最小値を与える最も確からしいき裂位置・寸法を、実測によるものと比較すると、精度よくき裂測定が行われていることがわかる。

5.2 短い斜めき裂の測定結果 次に、図 3 (b) に示したような、き裂が短くなるために測定が難しくなると考えられる斜めき裂の測定結果を示す。5.1 節における長い斜めき裂測定の場合と同様に、初期解析の結果を図 9 (a) に、手法 (I) による 1 回めおよび 2 回めの細分化解析の結果を図 9 (b) および (c) に、手法 (II) による 3 回めおよび 4 回めの細分化解析の結果を図 9 (d) および (e) にそれぞれ示す。これらの結果より、短い斜めき裂測定においても、き裂の検出および精度のよいき裂位置・寸法の測定が可能であること

がわかる。

5.3 傾きの大きい斜めき裂の測定結果 本節においては、図 3 (c) に示したような、き裂の方向が電

図 8 長い斜めき裂について得られた測定結果

図9 短い斜めき裂について得られた測定結果

図10 傾きの大きい斜めき裂について得られた測定結果

流となす角度が小さくなるために、測定が難しくなると考えられる斜めき裂の測定結果を示す。初期解析の結果を図 10(a)に、手法(I)による 1 回めおよび 2 回めの細分化解析の結果を図 10(b)および(c)に、手法(II)による 3 回めおよび 4 回めの細分化解析の結果を図 10(d)および(e)にそれぞれ示す。図より、傾きの大きい斜めき裂測定においてもき裂の検出および比較的精度のよい位置寸法測定が可能であることがわかる。

6. 測定結果の総括および考察

測定対象とした各斜めき裂に対して得られた、電気ポテンシャル CT 法によるき裂位置および寸法の測定結果、読取り顕微鏡による実測結果、および測定誤差として両者の差を総括して表 1 に示す。

(a)の長い斜めき裂測定においては、測定誤差は、き裂長さ、き裂左端位置および右端位置のすべてについて板幅の 1%を下回り、傾斜角についても 1 度以下という、精度のよい測定が実現されていることがわかる。(b)の短い斜めき裂測定および(c)の傾きの大きい斜めき裂測定においても、き裂長さに関する誤差は両者とも板幅の 1.5%程度と小さく、精度よくき裂長さが測定されている。き裂位置および傾斜角についても、(c)の傾きの大きい斜めき裂測定の場合に若干誤差が大きくなるものの、実用上十分な精度で測定が可能であるといえる。(c)の傾きの大きい斜めき裂は、き裂が試験片の中央部に存在すること、およびき裂の方向と電流供給方向のなす角度が小さいことにより、き裂の存在による境界上のポテンシャル変化の影響が小さく、したがって同定の困難なき裂である。このことから予想されるように、き裂位置の測定精度は他の二つの場合に比べて劣っているものの、比較的精度よくき裂が同定されていることがわかる。

本実験の結果より、マルチ電流負荷による電気ポテンシャル CT 法を用いた場合に、き裂の存在位置、長短およびき裂の傾きにかかわらず、二次元斜めき裂を検出することができ、き裂位置、き裂長さおよびき裂

の傾斜角のすべての因子について比較的精度のよい定量測定を行うことが可能であることが明らかとなった。

本論文では、マルチ電流負荷方式を採用し、さまざまな電流供給方法の電気ポテンシャル分布情報を総合して用いている。このような総合がき裂位置・寸法に果たす効果を検討するため、測定の対象とした各き裂に対して、単一の電流供給方法によるポテンシャル分布に対して計算された残差平方和 R だけをもとに、き裂同定を行った初期解析の結果を、これらを総合したときの結果とともに、図 11 に示す。図より、単一の電流供給方法によるポテンシャル分布を用いただけでは、破線で示した実際のき裂位置・寸法からかなりかけ離れたき裂位置・寸法が上位に同定されることがある。このことは、き裂線が電流の流れ線にほぼ一致するときには電位の乱れがほとんど生じず、したがって電位分布からき裂を同定することが困難となることと関係しているものと思われる。一方、さまざまな電流供給方法の電気ポテンシャル分布を総合して評価した残差平方和 R_s を用いた場合には、実際のき裂位置・寸法に近いものが上位に同定されている。このことから、さまざまな電流供給方法による電気ポテンシャル分布を総合して用いることにより、き裂位置・寸法の同定が可能となることがわかる。

これまでに、本報と同様の二次元斜めき裂を電位差法を用いて測定した例としては、阿部ら⁽¹⁰⁾による円管内に埋没している二次元き裂の測定があげられる。この実験では、き裂は、単一の電流供給方法に対する少数の点の電位差情報を用いて測定されている。著者らによる実験とは、測定対象や測定方法が異なるので直接比較することはできないが、少数の測定データにはき裂パラメータの影響が十分に反映されず、このことがき裂測定の誤差の原因のひとつになっている可能性がある。

次に、測定方法の改良に関する考察を行う。本実験に使用した試験片の場合には、電流供給方向として図 2 に示した 5 種類だけでなく、上下 5 個ずつの電流供

表 1 測定結果および測定誤差の総括

	Electric-Potential CT Method	Observed	Error/(Width of Specimen)(%)			Error of Angle (Degree)
			Length	Location		
				Left	Right	
(a) Long Inclined Crack	(x,y) = (20.00,30.00) -(50.00,50.00)	(x,y) = (20.09,29.34) -(50.02,49.64)	0.11	0.67	0.36	0.46
(b) Short Inclined Crack	(x,y) = (9.50,34.75) -(23.50,43.50)	(x,y) = (10.18,34.86) -(24.99,44.72)	1.28	0.69	1.93	1.65
(c) Long Inclined Crack with Large Angle	(x,y) = (32.00,22.00) -(40.00,58.00)	(x,y) = (35.87,22.21) -(38.66,57.53)	1.45	3.88	1.42	8.01

Estimated Top Three Crack Locations						
Current Application Condition						Simultaneous Use
(a) Long Inclined Crack
(b) Short Inclined Crack
(c) Long Inclined Crack with Large Angle

図 11 単一の電流供給方法によるポテンシャル分布を用いたき裂同定結果

給端子の組合せによる最大 25 種類の電流供給方向が選択できる。したがって、初期解析から数回の細分化解析の過程において、き裂位置・寸法の同定結果を検討しながら、最適な電流供給方法を選択的に用いることが可能であり、これにより、き裂同定の精度が向上するものと考えられる。

さらに、著者ら⁽¹¹⁾は、電気ポテンシャル CT 法における境界要素逆問題解析に対する最適化手法の適用についても研究を行っている。斜めき裂の位置・寸法同定の際にも、最適化手法を導入することにより、効率的なき裂位置・寸法同定を行うことが可能になるものと考えられる。

なお、著者ら⁽⁷⁾は、本報に引き続き、実的な問題として、物体裏面に存在する三次元表面き裂に対し、電気ポテンシャル CT 法を適用している。その結果、物体の前表面上のポテンシャル分布のみをもとに、き裂の存在面と形状が精度よく測定されることが明らかとなっている。

7. 結 言

電気ポテンシャル CT 法をより実的な二次元き裂測定に適用した例として、鋼板中に存在する存在位置、傾斜角および寸法が全く不明であるような二次元未知内部き裂を、マルチ電流負荷方式を採用して測定する

実験を行った。その結果、測定の対象としたさまざまな斜めき裂については、存在位置、長短および傾きにかかわらず、き裂の検出が可能であり、その位置・寸法も比較的精度よく定量測定できることが明らかとなった。

本研究の一部に対し、昭和 61 年度文部省科学研究費一般研究(C)および大阪大学大型計算機センター研究開発計画による計算機使用料金の援助を受けた。また、き裂位置寸法の測定にあたり、日本光学工業(株)より測定機使用の便宜を受けた。記して謝意を表す。

文 献

- (1) 矢川・福田, 機械の研究, 35-11 (昭 58), 1237; 35-12 (昭 58), 1324; 36-1 (昭 59), 27.
- (2) 林・ほか 3 名, 材料, 33-368 (昭 59), 602.
- (3) 林・ほか 4 名, 材料, 35-395 (昭 61), 936.
- (4) 大路・ほか 2 名, 機論, 51-467, A (昭 60), 1818.
- (5) 大路・ほか 3 名, 材料, 35-395 (昭 61), 942.
- (6) 大路・ほか 2 名, 機論, 52-477, A (昭 61), 1352.
- (7) 大路・ほか 4 名, 機論, No. 860-3 (昭 61-7), 309; 橋本・ほか 4 名, 関西支部第 62 期定時総会講演会講演概要集, No. 874-1 (昭 62-3), 101.
- (8) 例えば, 数理科学, 274 (昭 61), サイエンス社.
- (9) 河田, 応用物理, 55-1 (昭 61), 2.
- (10) 阿部・ほか 2 名, 非破壊検査, 35-5 (昭 61), 326.
- (11) 阪上・ほか 2 名, 第 941 回講演会講演概要集, No. 860-10, (昭 61-11), 38.

討 論

〔質問〕 尾 田 十 八 (金沢大学工学部)

き裂の位置や形状などが未定である問題に対する実用的な逆解析手法の提案として、大変興味深く拝見した。この種の方法の今後の課題ということで少しお考えをお聞かせいただきたい。

き裂を探索する場合、き裂が複数個あったり、き裂形状も直線とは限らず曲線であったり、分岐したりさまざまであることのほうが多いと思う。このような問題に対して本手法の適用性はどのようなものか。特に現手法でもその計算労力は大変のように思われるので、この点に関連してお聞かせいただきたい。

〔回答〕 測定の対象とするき裂が、ご指摘のように複雑なものになれば、き裂の位置・形状・寸法を表すき裂形状パラメータの数が多くなり、その組合せにより仮定できるき裂の数は急激に増加する。このため、複雑なき裂を取扱う場合には、原理的に同定が可能なものであっても、取扱う問題および使用する計算機によっては、計算時間あるいは記憶容量の制約を受け、現時点では解析が困難になる場合があると考えられる。しかしながら、以下のようにソフトウェアおよびハードウェアの進展により、現時点では困難な複雑な問題も解決可能となるものと考えられる。

まず、ソフトウェア面について、著者ら⁽¹⁾は境界残

差最小化法におけるき裂形状パラメータ同定に対して適用可能な、いくつかの最適化手法を提案している。

このような手法を用いれば、き裂形状パラメータが増加した場合にも、残差平方和を最小化するき裂形状パラメータの組合せを、効率的に求めることができるものと考えられる。また、測定しようとするき裂に対してなんらかの経験的な知見が得られる場合があるので、それらを測定に反映させることにより、効率的な測定が可能になるものと考えられる。

次にハードウェア面については、スーパーコンピュータの発達により、高速演算が可能となっている。本実験の逆問題解析には、日本電気スーパーコンピュータ SX-1 を使用しました。その場合に、ひとつの仮定き裂位置寸法に対する残差平方和の計算に要した計算時間は、ベクトル演算用の特別なプログラム改良を加えなくても、従来の大型計算機の約 7 分の 1 (2 秒弱) であった。本解析ののち著者ら^(付1)が開発した、スーパーコンピュータに適したプログラムを用いた場合には、計算時間がさらに 9 分の 1 以下、すなわち従来の大型計算機の 60 分の 1 以下になることがわかっている。

(付1) 久保・阪上、大阪大学大型計算機センターニュース、17-1 (昭 62), 47.