

位置敏感型検出器を用いた並傾法 X 線応力測定 の系統誤差の実験研究 (実験結果とシミュレーション結果の 比較)

福井工業大学 ○後藤 徹

1 緒 言

本報では、試料ミスセッティングとコリメータの平行移動ミスアラインメントによる測定誤差を実験的に観察し、シミュレーション法の妥当性を検討する。前編¹⁾で記した実験方法、シミュレーション法および実験結果に引き続いて、ここでは実験結果とシミュレーション結果との比較を行ない検討を加えた。

2 試験片ミスセッティングに伴う測定誤差

2.1 実験結果とシミュレーション結果の比較

前編¹⁾Fig. 4 で代表例について試料ミスセッティングに伴う X 線応力測定結果を示した。その結果、オフセット $L=0$ mm において、コリメータ径が大きくなると見かけ応力(固有応力 σ_c に相当)の発生が認められた。試料応力 $\sigma=0$ MPa としてシミュレーション計算を行って得られた固有応力との比較結果を Fig. 1 (a) に示す。両者は各コリメータ径 d についてよく一致している。次に、得られた X 線応力 σ_x 対オフセット L 線図の傾き C_c' で比較をした結果を Fig. 1 (b) に示す。同図から、 d が小さくなると両者には乖離の現れることが認められる。

2.2 検討

原因として、装置のアラインメントに関するものと試料に起因するものを挙げることができる。

既報²⁾したように、検出器のミスアラインメントによる測定応力への影響はきわめて小さいと考えられる。そこで、X 線焦点とに着目して、焦点のミスアラインメントを取り上げた。X 線管球の位置合わせでは検定用コリメータの径から ± 0.5 mm が最大設定誤差となると考えられる。

X 線焦点が横方向 (PSPC に近づく方向を正) に y 移動することによるモデルを用いて σ_x - L 線図の傾き C_c' の変化を推定

した。その結果を Fig. 2 に示す。同図から実験で得られた C_c' を説明できる移動量 y を求めると、特に小さい d では、実験を説明するためには極めて大きい y を与えなければならないことが判明した。よって装置に起因する因子は除去してよいと考えられる。

前編¹⁾Fig. 1 に示したが、試料応力は均一では無いことが認められる。場合により絶対値が 20 MPa に近い値を示す位置が認められることや、特に、高さ方向のセンターライン上では、左右方向に σ_x の分布の存在することが推定される。

試料にオフセット L を与えて測定を行う場合、X 線照射位置は入射角 ψ_0 とともにセンターライン上を移動する。その変化量は、 $\psi_0=45^\circ$ では L と等しくなり、 $L=5$ mm の場合には 5 mm となる。実験では、入射角に対応した照射位置の試料応力に応じた回折角を測定して応力を計算するので、得られた結果には存在する応力分布が影響する。また、測定では、照射域内の平均応力が寄与すると考えられるので、さらにコリメータ径の差が現れる可能性が高い。

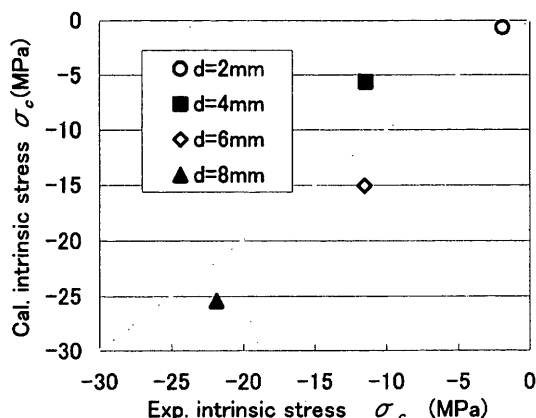
そこで、試料の面内でセンターライン上では、左右方向に応力分布が存在し、全域 (高さ平均) で考えた左右方向の応力分布は比較的均一であると考えてみる。すなわち、コリメータ径が小さいと試料の応力分布が測定に影響を与えるが、径が充分大きいと影響は少ないとしてみる。

以上の考えをもとにして、前編¹⁾Fig. 1 を参照して、 $d=2$ mm 径の測定での試料応力 σ に次式の分布を与えてみた。

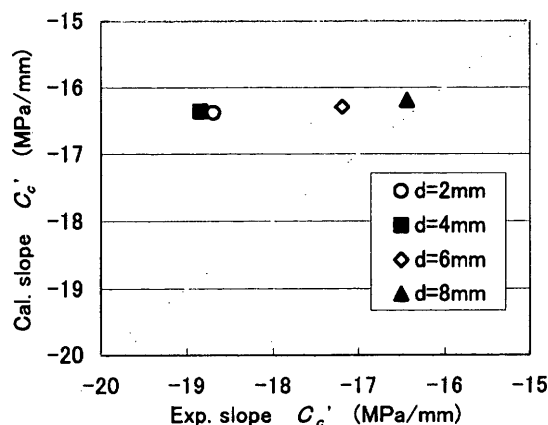
$$\sigma = -2x \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

ここで x は試料の中央からの距離を示す。また、 $d=8$ mm 径の測定では分布はないとした。

以上の仮定をもとにして σ_x - L 線図を計算したが、 C_c' の比較

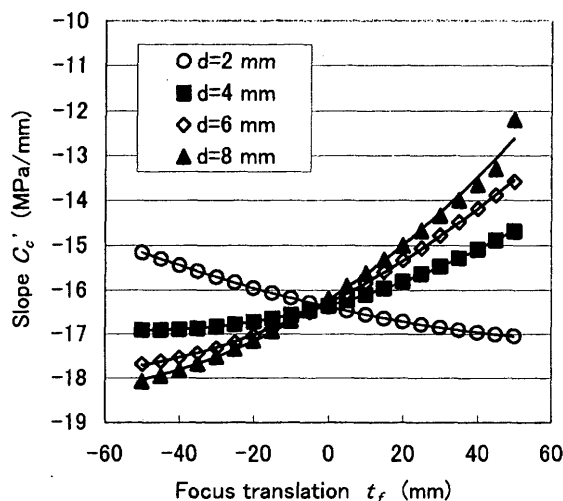
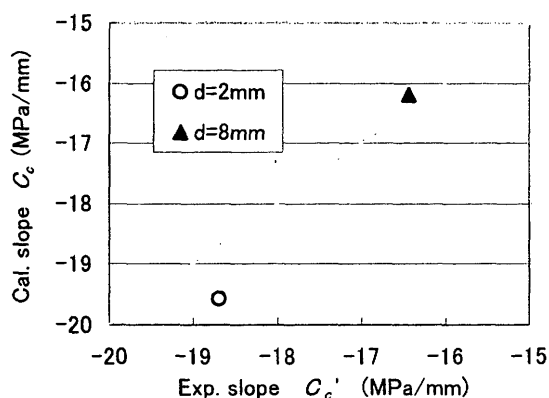


(a) Intrinsic stress σ_c .



(b) Slope of σ_x - L diagram.

Fig. 1 Comparison of calculated results with experimental data for specimen mis-setting.


Fig. 2 Slope C'_c of σ_x - L diagram for focus translation

Fig. 3 Comparison of C'_c calculated under stress distribution with experimental data for specimen mis-setting.

結果を Fig.3 に示す。両者の結果はよく合致してくる。固有応力 σ_c の比較結果は省略するが両者はほぼ合致しており、上記のように試料の応力分布が影響しているものと考え、その不一致は説明できる。

3 コリメータの平行移動に伴う測定誤差

コリメータに平行移動ミスアラインメントを与えた場合のシミュレーションによる計算 X 線応力 σ_x から $L=0\text{mm}$ の結果を選択して、各 t の X 線応力 $\sigma_{x,at}$ からコリメータの平行移動 t による測定誤差 $\Delta\sigma_t$ ³⁾ を次式

$$\Delta\sigma_t = \sigma_{x,at} - \sigma_c \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

から求めて実験と計算の比較をした。比較結果を Fig.4 (a) に示す。両者の間には 5MPa 内で良い合致が認められる。

次に、 σ_x - L 線図でプロット点を回帰直線で表し、求めた各 t での傾き C'_c について比較をしたが、その結果を Fig.4 (b) に示す。両者はほぼ合致している。なお、本実験では、受入れまま粉末試料を用いたが、前編²⁾ Fig.2 に示したようにその応力分布には特異な分布は認められなかった。

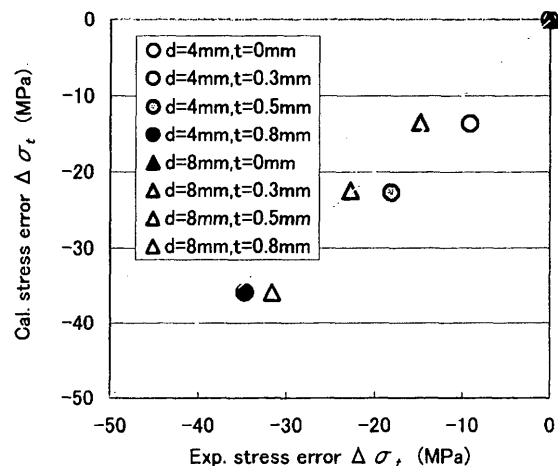
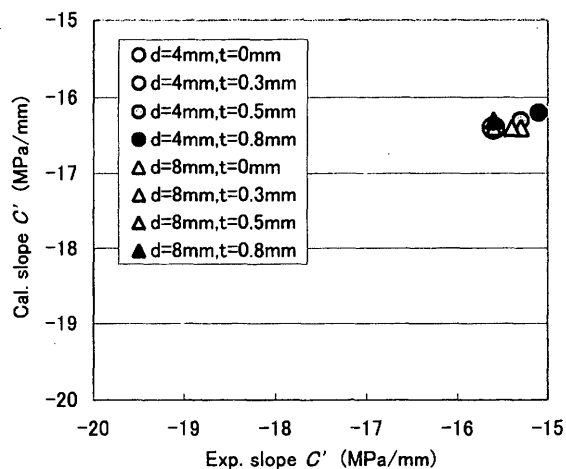

(a) Stress error $\Delta\sigma_t$

(b) Slope C'_c of σ_x - L diagram.

Fig. 4 Comparison of calculated results with experimental data for collimator translation.

5 まとめ

以上から、試験片の応力分布を配慮すれば実験結果はシミュレーションで予測された結果とよく合致することが認められた。

参考文献

- 1) 後藤 徹, 日本材料学会第 52 期通常総会学術講演会論文集, 論文番号 309 (2003).
- 2) 後藤 徹, 龔 裕, 材料, 51, 764 (2002).
- 3) 後藤 徹, 龔 裕, 材料, 50, 1400 (2001).