

## 環境助長割れき裂先端近傍の応力・ひずみ三次元分布計測手法確立等に関する研究

Studies on the Establishment for 3-D Stress-strain Measurement Techniques at the Location near the Environment Assisted Crack Tip

米澤 利夫<sup>1)</sup>

Toshio YONEZAWA

菖蒲 敬久<sup>2)</sup>

Takahisa SHOBU

<sup>1)</sup>東北大学<sup>2)</sup>原子力機構

## (要約)

環境助長割れを生じさせたき裂先端部近傍の局所的な応力・ひずみの三次元分布状態計測手法の開発を目指し、304ステンレス鋼の疲労やSCCき裂前方における応力・ひずみ測定を行った。また、塑性ひずみ量の定量計測の為のキャリブレーション曲線の整備を行った。

## キーワード:

軽水炉用構造材料、応力腐食割れ、応力計測、ひずみ計測

## 1. 目的

腐食環境下での環境助長割れ挙動解明の為の解析手法確立を目指し、環境助長割れを生じさせたき裂先端部近傍の局所的な応力・ひずみの三次元分布状態計測手法の開発と、そのき裂狭隘部に形成した腐食生成物のXRDによる分析可能限界を求める。

## 2. 方法

## 2.1 供試材

本研究は実用材料への適用を視野に入れていることから、応力計測及びひずみ計測に用いた供試材は、比較的X線の貫通が困難で、且つ実用材料である304ステンレス鋼を主として用いた。応力計測は大気中で疲労き裂を入れたCT試験片、及び沸騰水型軽水炉・炉水模擬環境(288°C, DO2濃度8ppm)下で応力腐食割れ(SCC)試験を行ったCDCB試験片(SCC試験時間 約1000時間)等を肉厚方向に2等分し、その2等分した表面から肉厚方向にX線をスキャンし、肉厚方向分布を求めた(図1)。

また、ひずみ計測は、上記の応力計測試験片による定性計測と次年度以降に塑性ひずみ量の定量計測を行うことを目指して、引張予ひずみを280°Cで0~25%で付与した304L試験片について計測した。(図2)

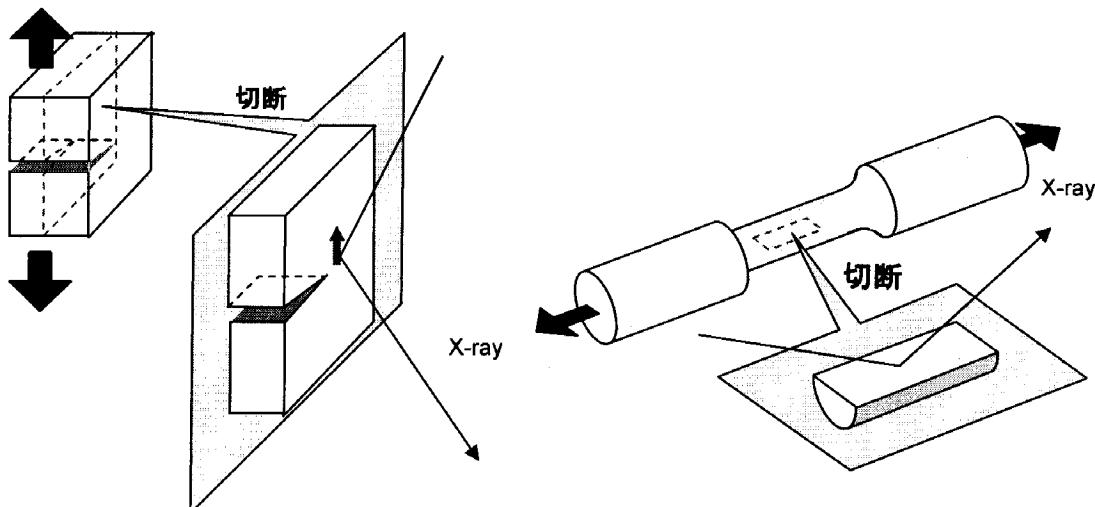


図1 CT試験片き裂先端部の応力・ひずみ測定方法

図2 塑性ひずみ定量計測の為の基礎データ取得計測法

## 2.2 応力計測

大型放射光施設 SPring-8、BL22XU、実験ハッチ3に設置されている HUBER4 軸回折計に取り付けた xyz 自動ステージの上に試料をセットし、検出器にはエネルギー分解能の良い CdTe 検出器を使用した。X線のエネルギーは、69.99keV であった。

## 2.3 ひずみ計測

- ① ひずみスキャニング法による、鋼材 CT 試験片の表面から内部にかけての塑性ひずみの分布状態の三次元的な定性測定（平面分解能  $100\mu\text{m}$ 、深さ分解能  $20\mu\text{m}$ ）を行った。
- ② 塑性ひずみ量の定量計測を次年度以降に行うことを目指して、引張予ひずみを  $280^\circ\text{C}$ で  $0\sim25\%$ で付与した引張試験片について半価幅を求め、半価幅から塑性ひずみ量を求める定量計測の為に必要なキャリブレーションカーブの作成を行った。

## 3 研究成果

上記、計測の結果の中から主なものを下記に記す。

### 1) 疲労き裂先端の応力、ひずみ分布

図3に CT 試験片に大気中で導入した疲労き裂前方の応力分布について、試験片の中心部表面から  $0.08$ 、 $3.0$ 、 $6.0\text{mm}$  肉厚方向に入った面での計測結果を示す。誤差が若干大きく現れているが、これは集合組織により X線の照射領域ごとに回折強度がかなり変動しているためと考えられる。現状では1試験片の計測データであり、拙速な結論は避けたいが、本計測結果から、き裂先端の残留応力分布計測手法が確立できたと言えよう。

### 2) SCC き裂先端の応力、ひずみ分布

図4に、CDCB 試験片を用いて高温高圧水中で導入した SCC き裂先端前方の応力・塑性ひずみ分布について、試験片の中心部表面から約  $3.0\text{mm}$  肉厚方向に入った面での計測結果を示す。ここでは応力は格子ひずみ量として、また塑性ひずみ量としては X線半価幅の回折角度幅として示している。このデータも誤差が若干大きく現れているが、これは集合組織により X線の照射領域ごとに回折強度がかなり変動しているためとも考えられ、現状では1試験片の計測データでもあり、拙速な結論は避けたいが、本計測結果から、き裂先端の残留応力・塑性ひずみ分布計測手法が確立できたと言えよう。

### 3) 塑性ひずみ量定量計測の為のキャリブレーションデータ

図5に示すように引張予ひずみ量と半価幅との相関を求めることができ、次年度以降の塑性ひずみ定量計測の為の基礎データが整備できた。

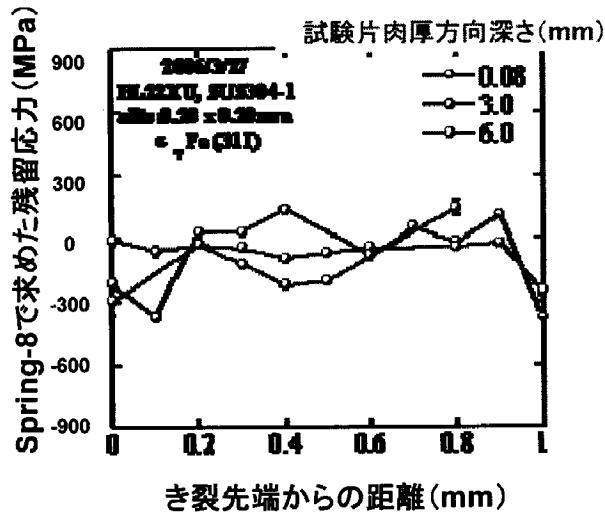


図3 CT試験片に大気中で導入した疲労き裂前方の応力分布

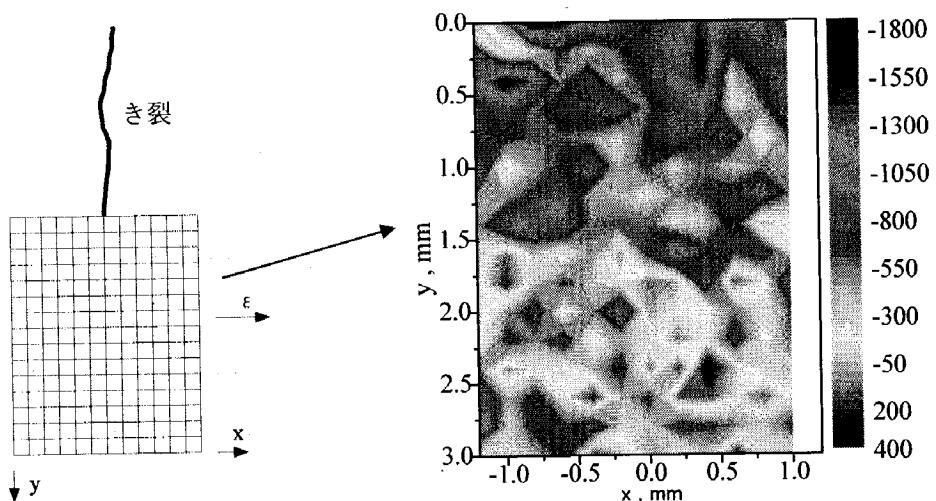


図4 SCC き裂先端前方の応力分布

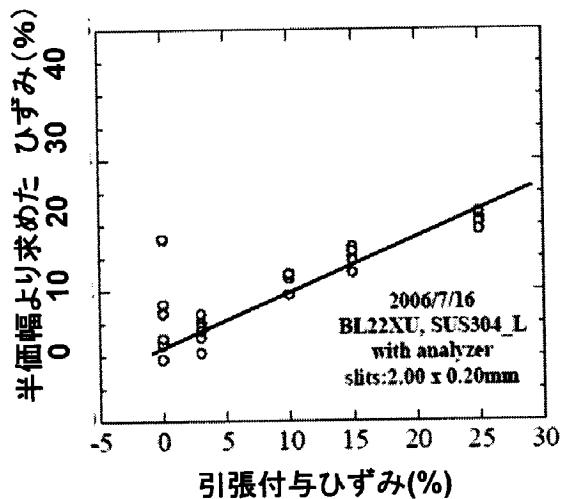


図5 引張予ひずみ量と半価幅との相関

#### 4. 結論・考察

304ステンレス鋼のき裂前方におけるひずみ測定を行った。用いた試験片肉厚が厚かったことや、用いた供試材は粗大粒を含んでいたことや集合組織が均質でなかったことなど、実用材料特有の問題を多く含んでいた為か、測定値は多少ばらつき、現状では結論付けるには至っていないが、定性的な変化を求めるることはできた。今後、試験片の調整や、計測の繰り返しなどを実施することにより当初目的を果たすことが出来るものと期待される。

また、塑性ひずみ量の定量計測の為のキャリブレーション曲線を今回整備できたことから、今後本手法を用いることにより、SCC等の環境助長割れき裂先端の塑性ひずみ分布の定量計測が期待される。

#### 5. 引用(参照)文献等

なし