

「もんじゅ」ナトリウム漏えい事故の原因究明対策班作業関連資料

2次系温度計用ウェル段付部のひずみ集中係数

1996年7月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついては複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

「もんじゅ」ナトリウム漏えい事故の原因究明対策班作業関連資料

2次系温度計用ウェル段付部のひずみ集中係数

原因究明対策班 原因解析・試験グループ *

要 旨

本報告書は、1995年12月8日に発生した「もんじゅ」2次主冷却系ナトリウム漏えい事故の原因究明作業の一環として実施した、2次系温度計用ウェル段付部のひずみ集中係数の調査について中間報告をまとめたものである。

* 森下 正樹 (大洗工学センター 基盤技術開発部 構造・材料技術開発室)
山下 卓哉 (大洗工学センター 基盤技術開発部 構造・材料技術開発室)

2次系温度計用ウェル段付部のひずみ集中係数

1. 概要

2次系温度計ウェルの細径段付部の曲率をパラメータとして弾塑性応力解析を実施し、応力集中係数とひずみ集中係数を整理した。

2. 解析条件

(1) 解析モデル

解析モデルを図1に示す。細管段付部曲率 r については、 $r=0.05$ 、 0.2 、 0.5 、 1.0 mmの4形状をパラメータとした。要素分割の妥当性については、要素分割数の異なる数種類のモデルにより計算される応力値がほぼ収束していることを確認した。解析に採用した有限要素モデルは、ピーク応力の発生する段付部の要素サイズが最小 0.02 mm以下であり、当該温度計ウェル素材 (SUS304F)材料の結晶粒径 (約 $170\mu\text{m}$)を十分カバーしている。

(2) 物性値

SUS304鋼の $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ の物性値を使用した。

- ・ヤング率 : $E=18800\text{ kg/mm}^2$
- ・ポアソン比 : $\nu=0.279$
- ・弾塑性応力-ひずみ関係 : 高サイクル疲労試験から得られた動的応力ひずみ関係を2直線近似して用いた。図2の点線に示す。

(3) 使用プログラム及び要素

- ・プログラム : ABAQUS
- ・使用要素 : 軸対称調和級数ソリッド要素 (CAXA8R)

(4) 解析条件

- ・荷重条件 : 振動応答解析から得られたウェルの応答加速度モード (図3) を参照して単位荷重を静的に分布させた。
- ・境界条件 : ウェル-管台溶接部相当の上部を固定端とした (図3参照)。

3. 解析結果

3.1 弾性解析結果

図4に温度計ウェル段付き部の弾性応力集中係数を示す。図4には段付き部の表面応力から求めた弾性応力集中係数に加えて、当該温度計ウェル素材の結晶粒径に相当する深さ

170 μ mまでを平均して求めた弾性応力集中係数も同時に示す。表面値は段付き部の曲率に大きく依存するが、結晶粒程度の深さまでを平均して求めた弾性応力集中係数はこれにほとんど依らず約2である。

3.2 弾塑性解析結果

図5に公称応力が降伏点（図2の2直線近似の降伏点： $S_y=15\text{kg}/\text{mm}^2$ ）と降伏点の1.5倍の点におけるひずみ集中係数を示す。本図におけるひずみ集中係数の値も図4のそれと同様な傾向を示している。

図6及び7に、弾塑性の応力集中係数とひずみ集中係数の荷重依存性を示す。ここで、図6では横軸は公称応力を降伏点（ $S_y=15\text{kg}/\text{mm}^2$ ）で無次元化し、図7では荷重繰返しにおける繰返し硬化に対して設計で考える相当降伏点 $1.5S_m$ （ $20.25\text{kg}/\text{mm}^2$ ）で無次元化したものである。

4 結論

2次系温度計ウエルの細径段付き部で想定される曲率について、250Hzで実施された高サイクル疲労試験から得られた動的応力ひずみ関係に基づいて、ひずみ集中を解析し、ひずみ集中係数を整理した。

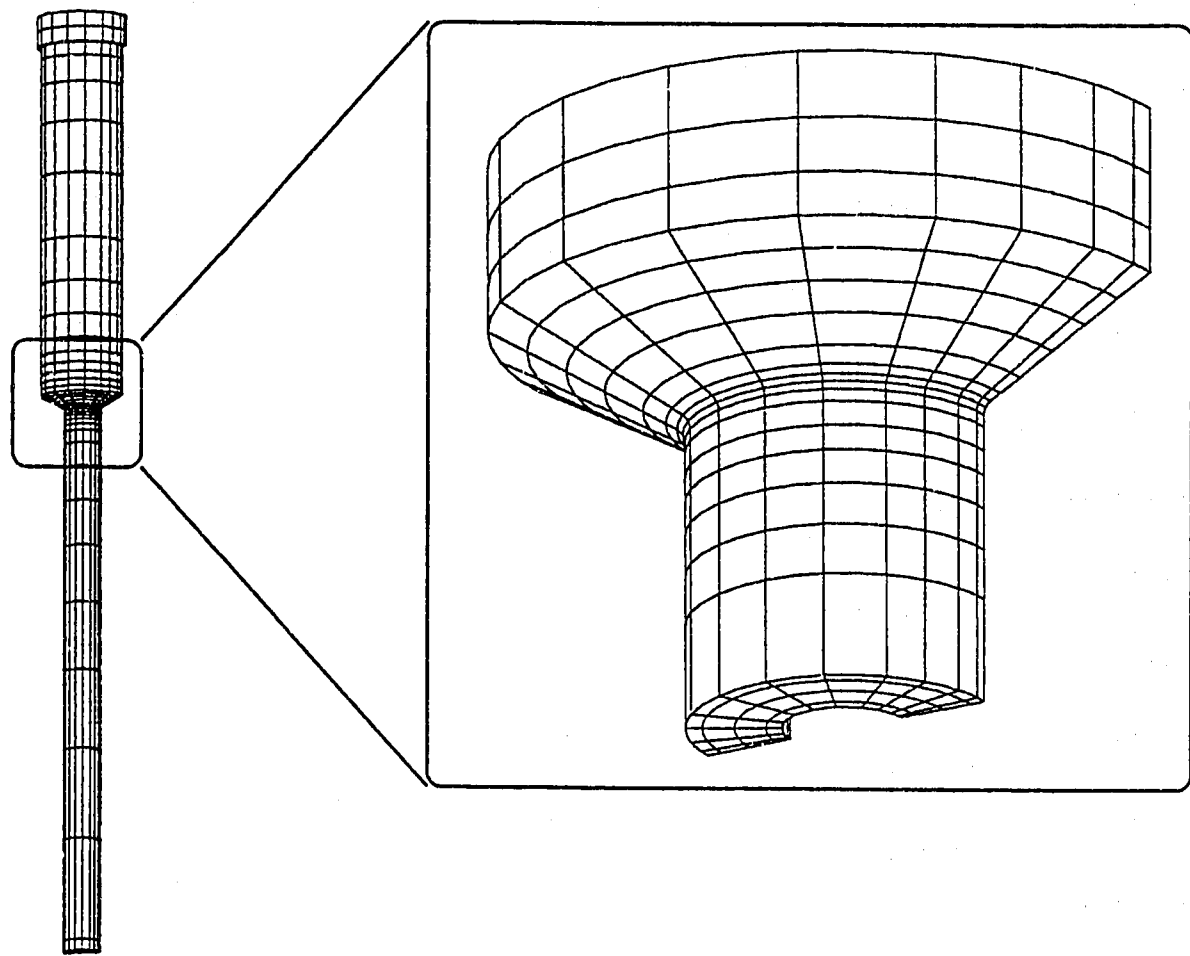


図1 解析モデル

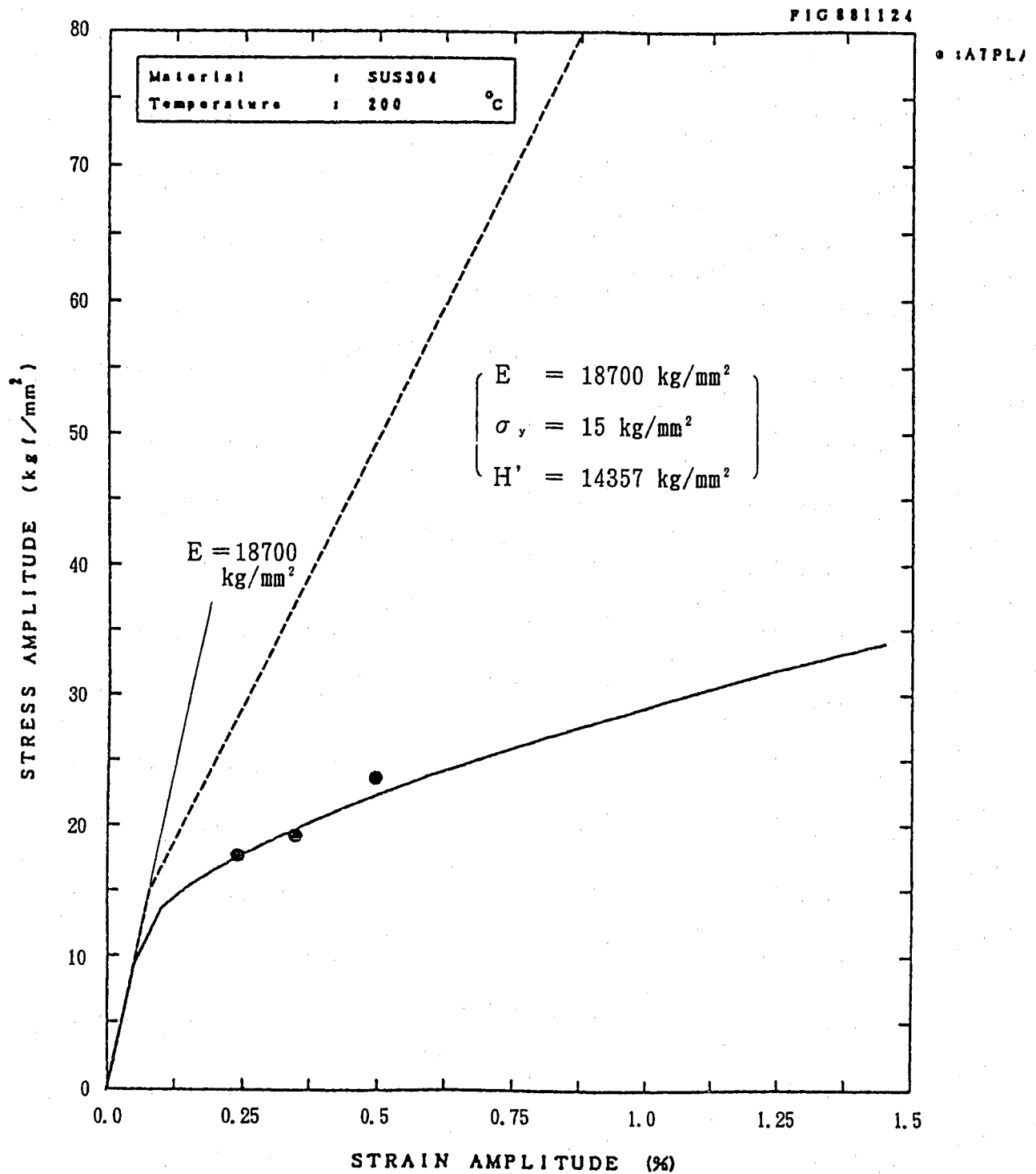


図 2 SUS304鋼200 °Cの動的応力-ひずみ関係

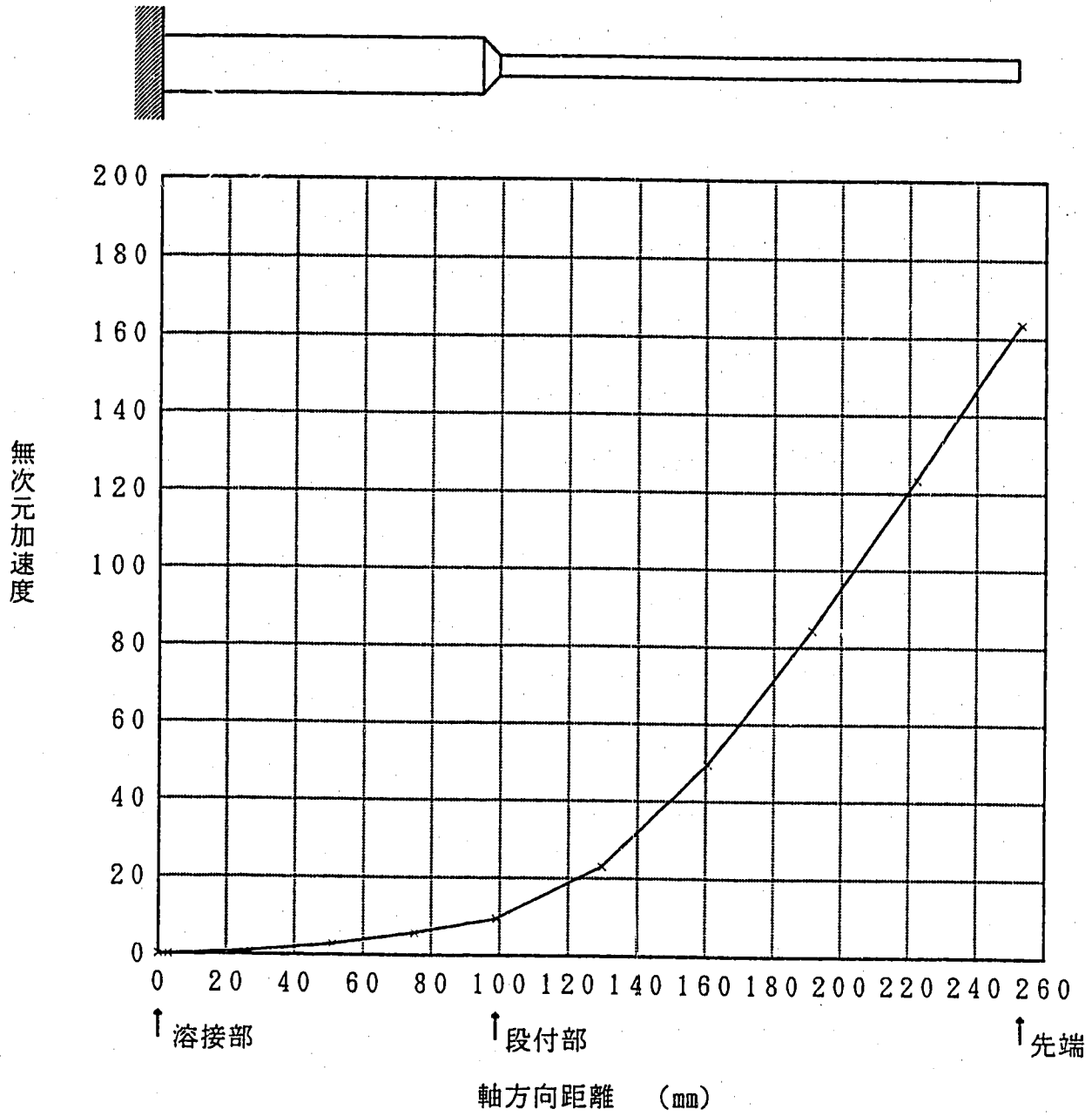


図3 温度計ウェルの無次元応答加速度分布 (重力加速度で規格化)

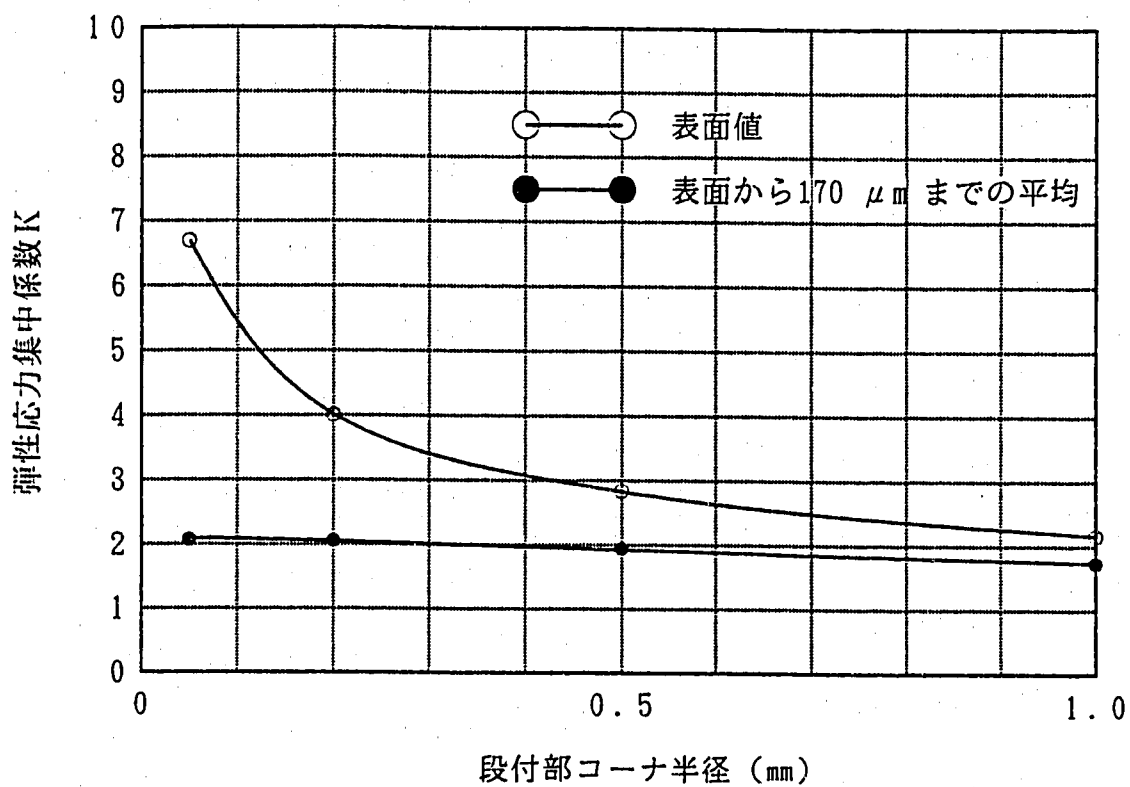


図4 温度計ウェル段付部の弾性応力集中係数

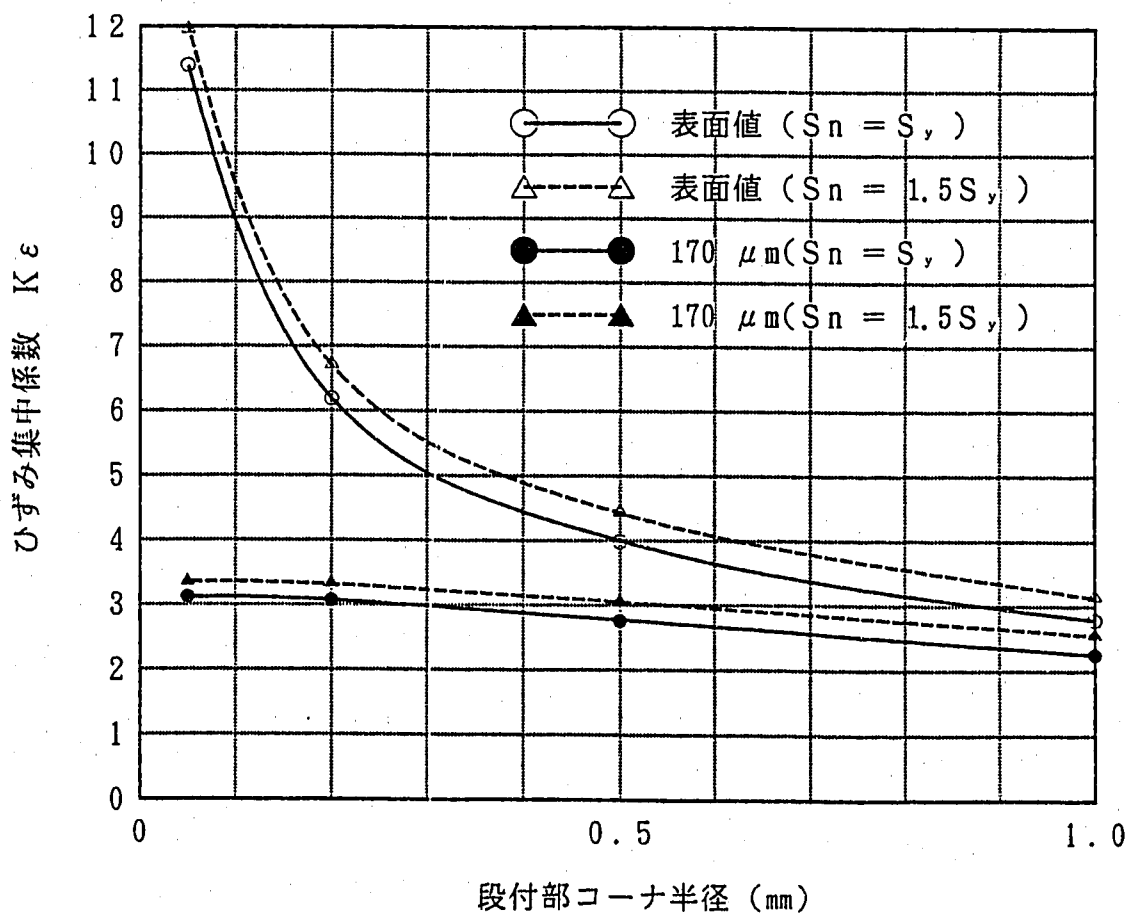


図5 温度計ウェル段付部のひずみ集中係数

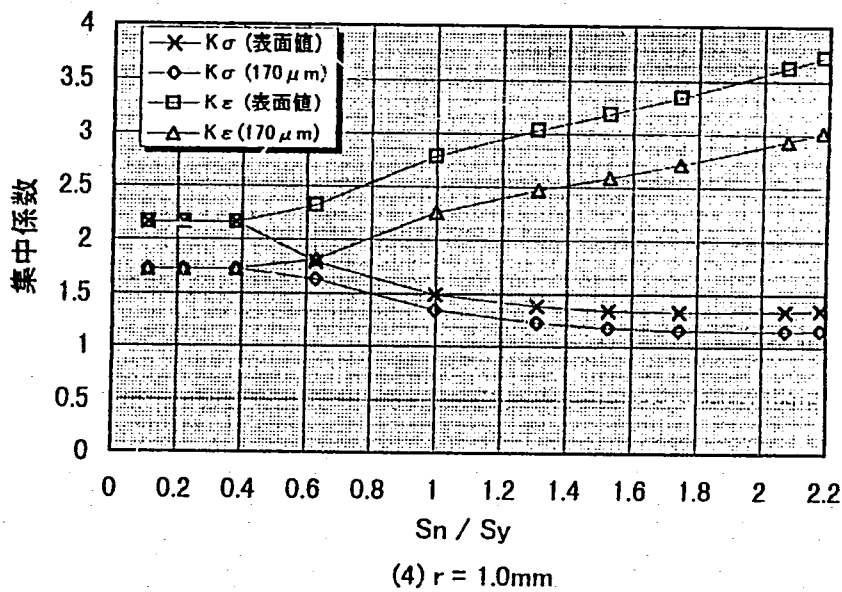
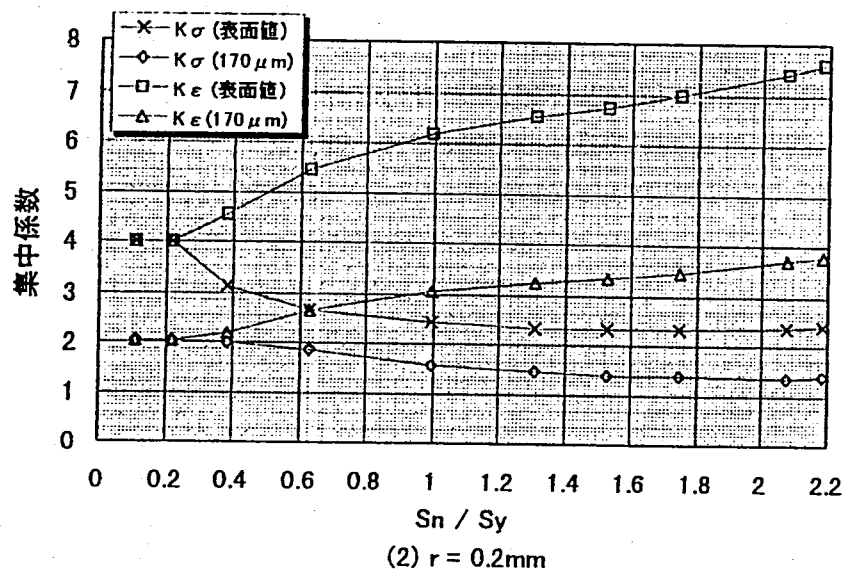
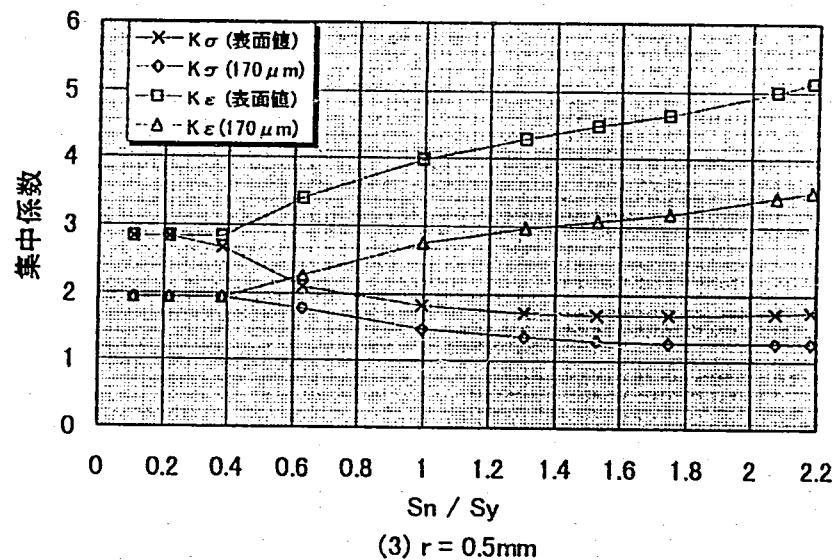
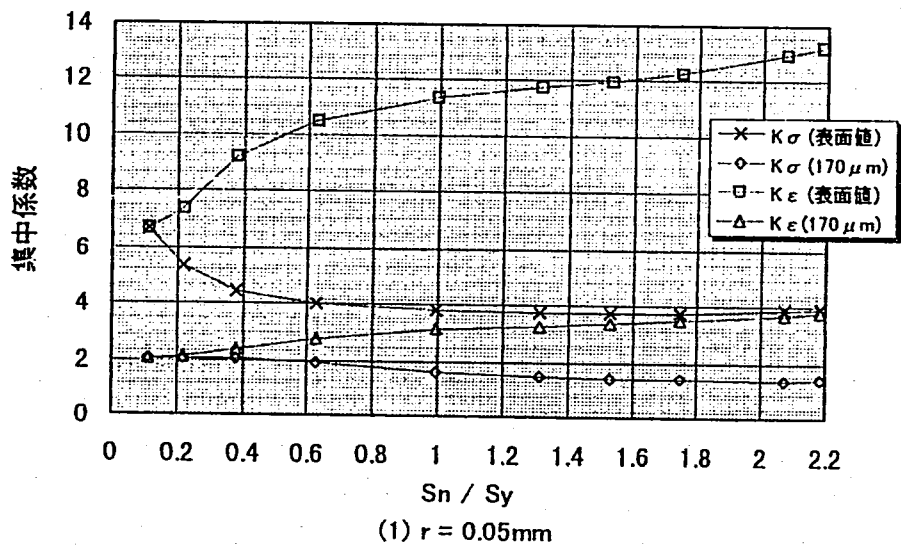


図6 ウェル段付部のひずみ集中係数と応力集中係数(S_y で整理)

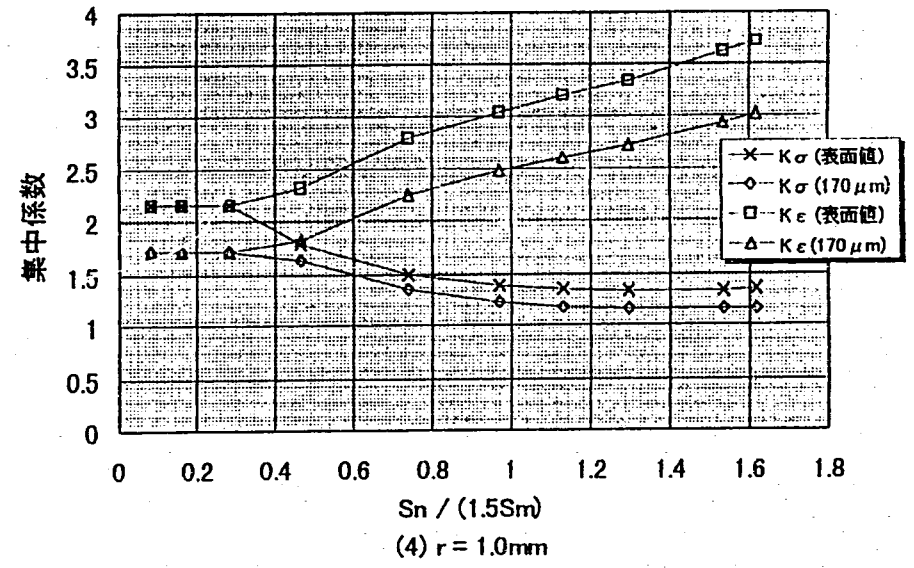
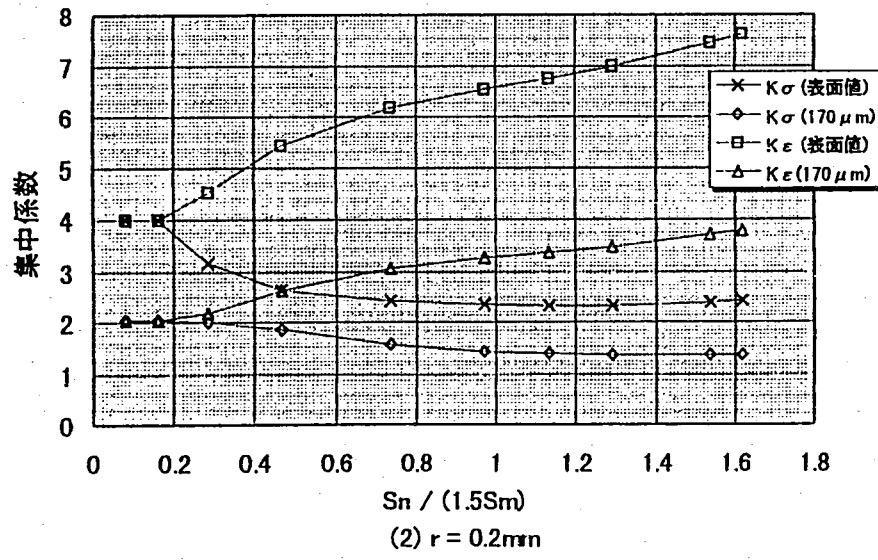
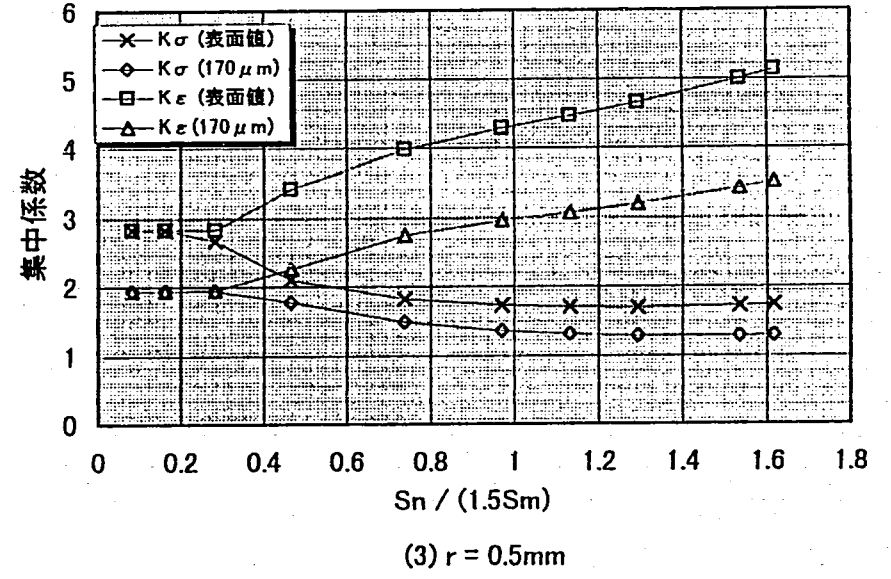
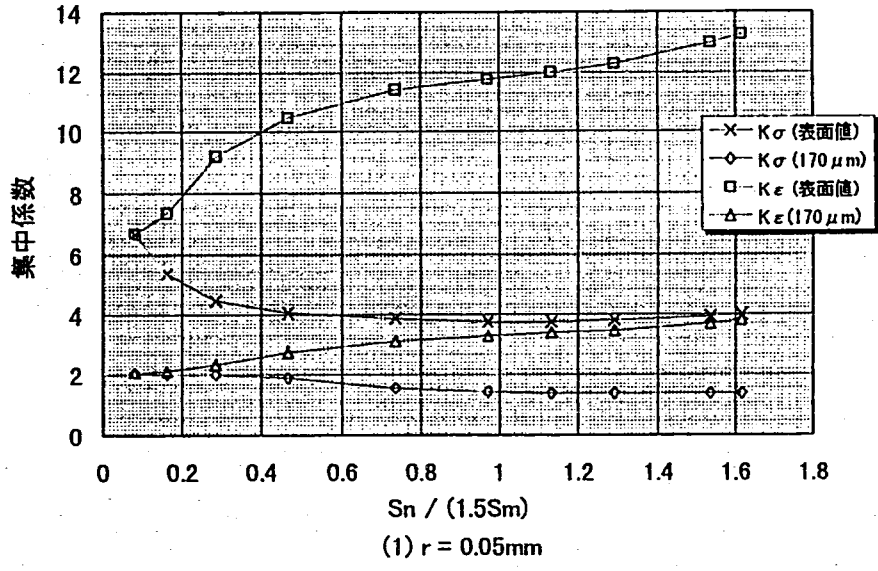


図7 ウェル段付部のひずみ集中係数と応力集中係数(1.5Smで整理)