

ステンレス鋼(SUS420,SUS631)の超長寿命設計法の一考察

(指導教官) 山本晴生

99T1 - 007 秋山知也 99T1 - 111 奈須雄二

1. 研究目的

JIS は材料が 1×10^7 回の繰返し応力負荷に耐えうる限界の応力を疲労限度としている。しかし硬質材料は 1×10^7 回を超える繰返し応力負荷によって内部破壊を生じ、2 段 S-N 曲線を示す。したがって極多数回の繰返し応力負荷による疲労損傷の有無の究明は、安全工学上重要かつ不可欠な急務の研究課題である。

本研究は、現在原子力発電所の原子炉炉心隔壁にも使用され、長期間の健全性を必要とするステンレス鋼を研究材料とし、極多数回の過小応力負荷による疲労損傷を究明し、超長寿命設計法の一考察とすることを目的とする。

2. 試験片および実験方法

2.1 試験片

試験片は SUS420、SUS631 ステンレス鋼の二種類で、形状と寸法は、幅 20mm、長さ 90mm、厚さ 1mm で、中央に半径 40mm の切欠きを有するが平滑材とみなせる。なお SUS631 は片側に深さ 3mm の切欠きを有する切欠き材である。疲労限度は表 1 に示す。

表 1 試験片の疲労限度

材料名	SUS420	SUS631 切欠き
疲労限度(MPa)	290	190

2.2 実験方法

実験 1：過小応力負荷試験

過小応力（一次応力）を SUS420 は 259MPa、SUS631 は 182MPa 付近の応力を 2×10^8 回、 4×10^8 回負荷する。過小応力の値は平成 14 年度同様に、13 年度と同じ値をとる。また SUS420 はそれぞれ二枚の試験片（計 4 枚）を使い、SUS631 は一枚の試験片を使用した。

実験 2：過大応力負荷試験(過小応力による疲労損傷評価)

実験 1 の後に過大応力(二次応力)を平成 14 年度同様に、13 年度と同じ値になるよう SUS420 は 375MPa、SUS631 は 450MPa 付近の応力を負荷し、平成 14 年度までのデータである 1×10^8 回までのデータとの比較検討ができるようにする。このときの疲労寿命を N_1 と定義する。

3. 実験結果および考察

一次応力 σ_b と、その繰返し数 N が過小応力負荷効果率（以後、効果率）に及ぼす影響を図 1、図 2 に示す。効果率は、過小応力無負荷の試験片に過大応力を負荷したときの疲労寿命を N_f とし (1) 式で定義される。

$$\text{効果率} = N_1 / N_f \cdots (1)$$

図 1 は SUS420 における効果率の平均値を示し、 2×10^8 回において効果率 0.4、 4×10^8 回において効果率 0.88 を得た。このように 2×10^8 回、 4×10^8 回の過小応力負荷では損傷がみられた。効果率は繰返し数を増すごとに低くなると思

われたが、単純に減少する訳ではなかった。

図 2 は SUS631 における効果率を示し、 2×10^8 回において効果率 1.10、 4×10^8 回において効果率 0.82 を得た。平成 14 年度の実験結果から過小応力下での破断の可能性も考えられたが過小応力を 4×10^8 回まで負荷させても破断には至らなかった。

SUS420,SUS631 共に繰返し応力の過程で、強化 損傷 強化 損傷 ... というサイクルが存在すると考えられ、材質、過大応力の大きさ、切欠きの有無が影響すると考えられる。

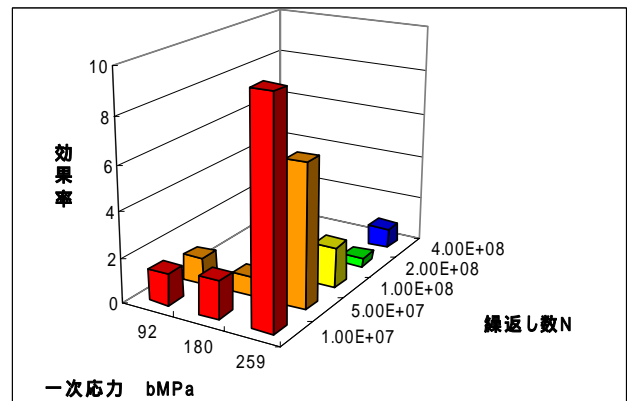


図 1 SUS420 の過大応力 375MPa における効果率

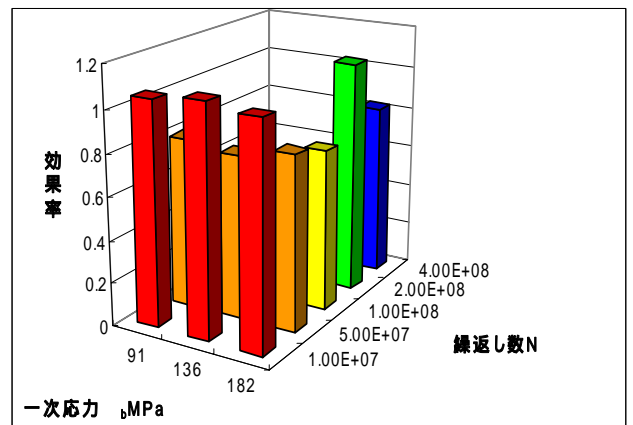


図 2 SUS631 の過大応力 450MPa における効果率

4. 結論

SUS420、SUS631 共に過小応力を 4×10^8 回まで繰返し負荷しても破断には至らなかった。しかし、SUS420 は 2×10^8 回において確実に疲労損傷を起こしており、過小応力負荷過程での破断の可能性があり 2 段 S-N 曲線を示す事が考えられる。SUS631 は効果率に大きな変化もなく極多数回の繰返し負荷にも耐える事が可能に見えるが、硬質材料は疲労限度が低下するはずである。よって、今回の結果は切欠きの影響と考えられる。