

低サイクル試験による SUS304 の材料特性

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○山田悠作
長岡工業高等専門学校 正会員 宮崎靖大

1.はじめに

我が国は、地震多発地域に位置するため、道路橋示方書¹⁾のレベル2地震動に対する耐震安全性の確保が必要である。そのためには、レベル2地震動作用時の構造物の力学的挙動を詳細に把握しておく必要がある。本研究では、今後の構造物としての利用が期待される高耐食性材料であるステンレス鋼を対象に、低サイクル疲労試験を実施し、その材料特性を明らかにする。

2.実験方法

本研究は、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を対象とする。図1は、本研究に用いた試験体の形状を示す。本研究では、ひずみ振幅0.3%の定振幅正負交番低サイクル試験を実施した。この材料試験は、精密万能試験機(島津製作所製:AGX-V300kN)を用いて行い、試験機に付属のロードセルより荷重を、伸び計(島津製作所製ダイナストレイン:GL10mm)によりひずみを測定した。これらの試験は、クロスヘッド変位を0.02mm/sの速度でストローク制御により100サイクル実施した。

3.実験結果

図2は、材料試験により得られた応力ひずみ関係を示す。同図の縦軸の応力は、試験時により得られた荷重を試験体平行部の原断面で除した公称応力を表している。同図より、本研究の負荷条件の範囲では、ほぼ安定したヒステリシスループが得られたことがわかる。

図3は、本研究で扱う材料特性値の算出方法を示す。本研究では、ステンレス鋼の弾性限界点を0.01%耐力として、オフセット法により材料特性値を求めた。図4は、材料試験により得られたヤング係数とサイクル数の関係を示す。同図中の E_T および E_C は、引張負荷時および圧縮負荷時を意味し、比較のため初期の引張負荷時のヤング係数 E_0 を実線で表している。同図より、サイクル数の増加に伴うヤング係数の変化は、引張負荷および圧縮負荷ともに、明確な変化は見られない。また、圧縮負荷時のヤング係数 E_C は初期負荷時のヤング係数 E_0 と同程度となるものの、引張負荷時のヤング係数 E_T は初期負荷時のヤング係数 E_0 に比べて約7%から約10%大きくなることわかる。この結果については、より多くの実験を行い検証する。

図5は、0.01%耐力 $\sigma_{0.01}$ とサイクル数の関係を示す。同図中の $\sigma_{0.01}$ に続く添え字は、TおよびCが引張負荷

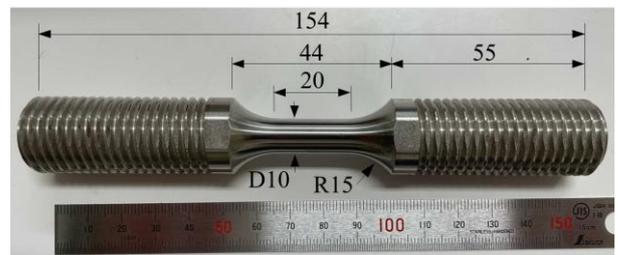


図1 対象試験体形状

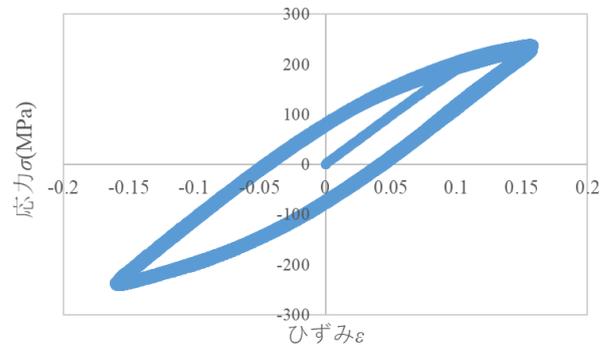


図2 応力ひずみ関係

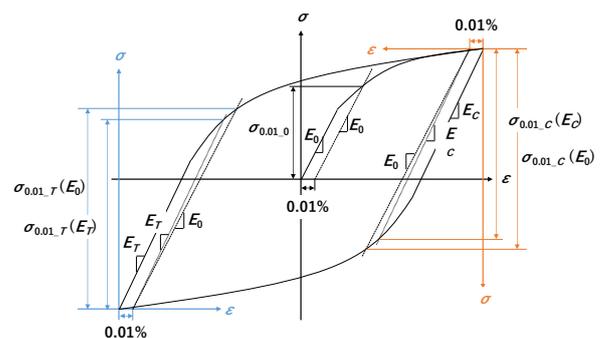


図3 材料特性値の算出方法

時および圧縮負荷時を意味し、比較のため、初期負荷時の0.01%耐力を実線で表している。同図より、1サイクル目の引張負荷時および圧縮負荷時の0.01%耐力 $\sigma_{0.01_T}$ および $\sigma_{0.01_C}$ は、初期負荷時の0.01%耐力 $\sigma_{0.01_0}$ に比べて約1.71倍から約1.97倍となることがわかる。また、サイクル数の増加に伴い、 $\sigma_{0.01_T}$ および $\sigma_{0.01_C}$ が僅かに減少することが確認できる。さらに、同図(a)と(b)の結果について比較してみると、 $\sigma_{0.01}$ を初期負荷時のヤング係数を用いて求めた場合は $\sigma_{0.01_T}$ が $\sigma_{0.01_C}$ に比べて約3%から約5%大きくなる結果に対し、 $\sigma_{0.01}$ を各サイクルのヤング係数を用いて求めた場合は $\sigma_{0.01_T}$ が $\sigma_{0.01_C}$ に比べて約6%から約10%小さくなった。これらの結果は、引張負荷時と圧縮負荷時のヤング係数の差が要因であると考えられる。

図6は、引張負荷から圧縮負荷および圧縮負荷から引張負荷の反転負荷時の応力とサイクル数の関係を示す。同図より、サイクル数の増加に伴い、反転負荷時の応力が減少する軟化の傾向がみられた。既往の研究²⁾より、小さいひずみ振幅での低サイクル試験では材料が軟化する傾向が報告されており、本研究でも同様の結果が得られた。

4. おわりに

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 本研究で実施した低サイクル疲労試験では、サイクル数の増加に伴うヤング係数の明確な変化がないことを明らかにした。
- (2) 圧縮負荷時および引張負荷時のヤング係数は、初期負荷時と比較して同程度および約7%から約10%大きい値となることを明らかにした。
- (3) サイクル数の増加に伴い、 $\sigma_{0.01_T}$ および $\sigma_{0.01_C}$ が僅かに減少することを明らかにした。
- (4) 本研究で実施した材料試験条件では、サイクル数の増加に伴い、軟化することを明らかにした。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V 耐震設計編，日本道路協会，2012。
- 2) Yanyao Jiang , Jixi Zhang . Benchmark experiments and characteristic cyclic plasticity deformation, *International Journal of Plasticity*, Vol. 24, pp. 1481–1515, 2008.

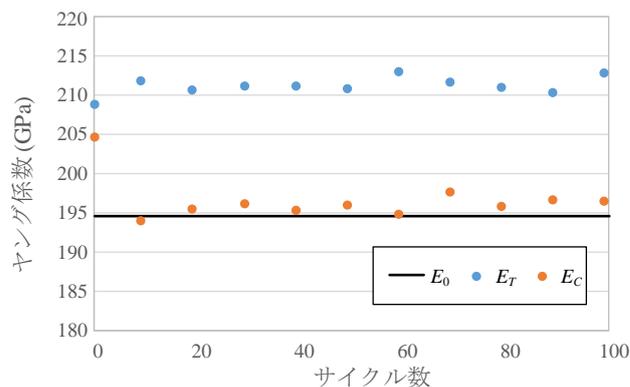
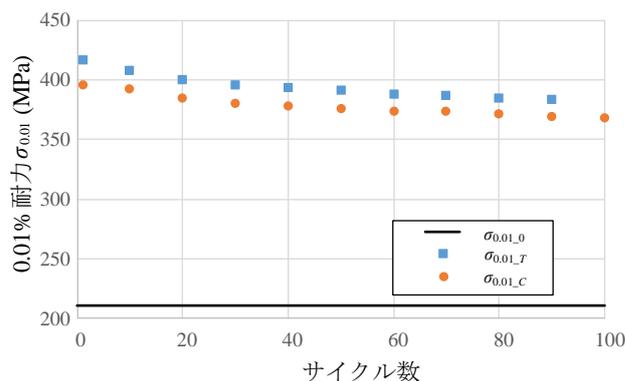
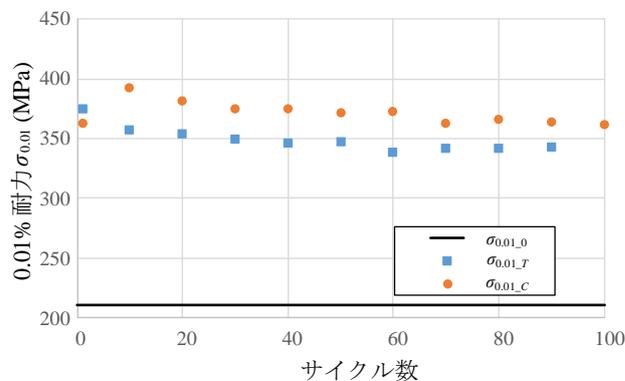


図4 ヤング係数とサイクル数の関係



(a) E_0 を用いて求めた場合



(b) E_C および E_T を用いて求めた場合

図5 0.01%耐力とサイクル数の関係

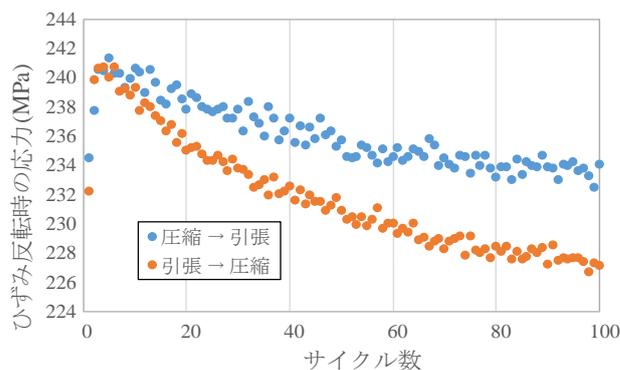


図6 反転負荷時の応力とサイクル数の関係