

I-26

構造用金属材料の繰返し応力-ひずみ関係に関する基礎的研究

水資源開発公団

正員 國枝達郎

京都大学工学部

正員 渡邊英一

関西大学総合情報学部

正員 古田 均

京都大学工学部

正員 杉浦邦征

京都大学工学部

正員 宇都宮智昭

1. はじめに

地震・波浪などによって過大な繰返し荷重を受ける構造物の安全性・経済性・合理性を追求するためには、構造物の種々の終局限界状態を正しく評価する必要がある。単調載荷下の強度、変形性能および繰返し荷重下の履歴性状といった側面から限界状態を検討することが必要不可欠であると考えられる。そこでまず必要となるのは、様々な構造用材料の非弾性特性・疲労特性に関する基礎データである。また、有限要素解析等で、構造物の安全性を評価する際、材料の力学モデルの良し悪しが解析結果の精度を左右するため、様々な材料特性に対応できる力学モデルの構築が今後必要である。

本研究では、構造物の繰返し荷重による変形性状等の終局限界状態の評価のための基礎データの提供及び材料力学適用限界を明らかにするため、各種金属材料の応力-ひずみ関係を実験的に求める。

2. 実験方法

図1に示す様な平行部を有する中実丸棒の試験片を製作した。本研究で対象とした構造用金属材料は、SS400, LYR60, HT60, SUS304 (ステンレス), 6061-T6 (アルミ), Cu (銅) である。材料試験機は、島津製作所製の 20tonf 疲労試験機 (サーボパルス) により行い、試験片をボルトでチャック部に固定した (写真1参照)。また、試験はゲージ長 12.5mm の変位計を用いたひずみ制御で行い、準静的な特性を調べることを目的とするため、ひずみ速度は 5×10^{-5} (1/sec) とした。載荷パターンは以下のとおりである。

パターン1 (P1) 単調載荷→繰返し載荷: 単調引張の応力-ひずみ曲線, および応力応答に及ぼす平均ひずみの影響を検討するため, 引張りひずみ3%まで単調に引張った後, 平均ひずみ1.5%および0%でひずみ振幅0.6, 1.2 (もしくは0.8, 1.6) %の順に各5サイクルずつ繰返し載荷を行う。

パターン2 (P2) 部分載荷→再載荷: 塑性変形による弾性域の変化を検討するため, 一時的な除荷を行い弾性域が終了しだい再載荷を行う。さらに, 引張りひずみ3%で荷重を圧縮側へ反転させ, 同様な載荷を行う。ここで弾性域の終了の判定は, 除荷時からの累積塑性ひずみが0.05%となったとき, 塑性化が生じると仮定し行う。

パターン3 (P3) 漸増繰返し載荷→漸減繰返し載荷: 繰返し硬化あるいは軟化を定量的に評価するため漸増時および漸減時の応力応答に及ぼす歪み振幅の影響, および過去最大ひずみの影響を検討するため, 振幅0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0%まで各5サイクルずつ段階的漸増の繰返し載荷を行い, さらに1.2, 0.6%で段階的漸減の繰返し載荷を行う。

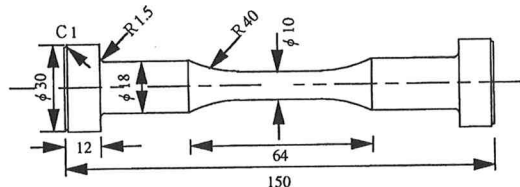


図1 材料試験片の形状 (寸法単位: mm)

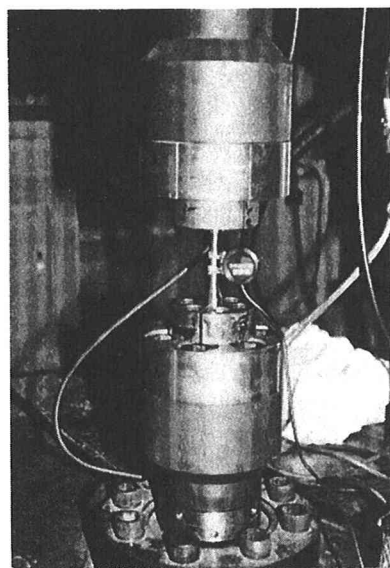


写真1 材料試験のセットアップ

3. 実験結果および考察

パターン1, 3によって得られた各ひずみ振幅レベルでの応力応答値を単調載荷応力-ひずみ曲線と比較した結果を図2~7に示す。また, パターン2によって得られた弾性域の変化を図8に示す。

SS400, SUS304, 6061-T6 の繰返し硬化は約10~40% であるが, HT60, LYR60 ではほとんど見られな

い。逆に、Cuでは繰返し軟化が見られた。同様に、ひずみ振幅漸減時において、SS400、SUS304、6061-T6の応力応答は漸増時より大きくなり、Cuでは小さくなり、LYR60、HT60ではほとんど変化していない。また、各金属とも応力応答に及ぼす平均ひずみの影響は小さいことがわかる。

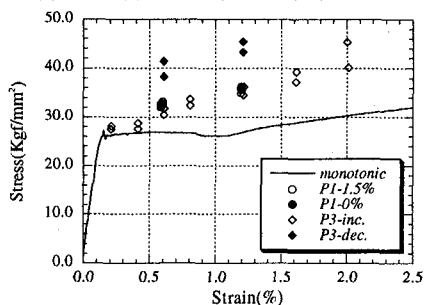


図2 応力-ひずみ関係 (SS400)

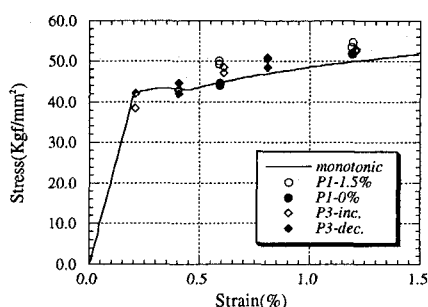


図3 応力-ひずみ関係 (LYR60)

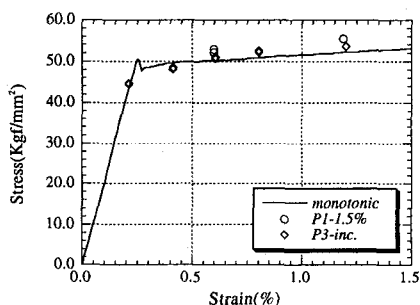


図4 応力-ひずみ関係 (HT60)

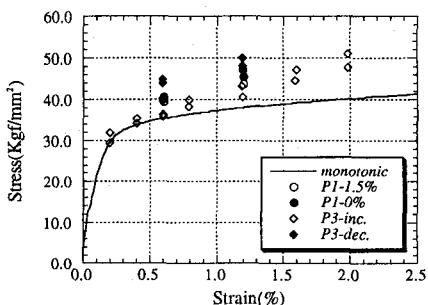


図5 応力-ひずみ関係 (SUS304)

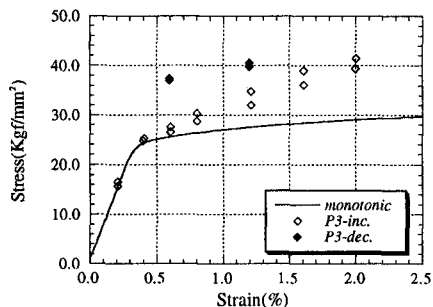


図6 応力-ひずみ関係 (6061-T6)

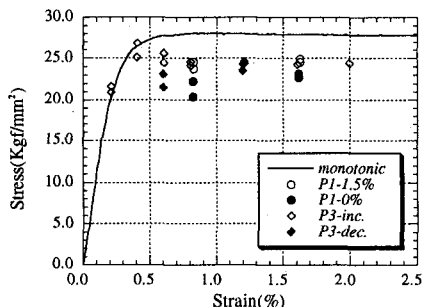


図7 応力-ひずみ関係 (Cu)

次に、弾性域の変化は、塑性化が生じると急激に減少しその後ほぼ一定である。ただし、6061-T6はやや増加している。また、載荷方向反転後は、いずれの金属においても弾性域が増加する傾向にある。

4. あとがき

本研究では、繰返し荷重下の各種金属材料の応力-ひずみ関係を実験的に明らかにした。特に、繰返し硬化、弾性域の変化に注目した。なお、材料力学モデルによるこれらの特性のモデル化に関しては講演当日報告する。

謝辞：本研究は、土木学会鋼構造新技術小委員会耐震設計研究所WG（主査：宇佐美勉・名古屋大学教授）の援助を受けた。ここに記して謝意を表する。

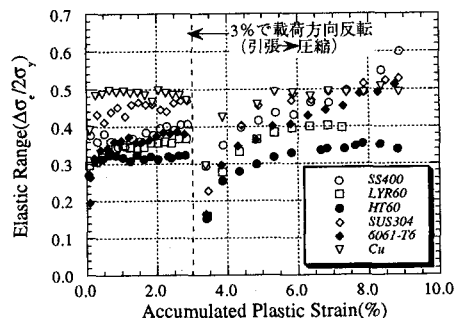


図8 累積塑性ひずみ-弾性域の関係