

鋼材と構造用アルミニウム合金の繰返し弾塑性挙動の比較

○名城大学大学院 学生会員 倉田 正志 名城大学大学院 学生会員 佐藤 崇

名城大学 フェロー 宇佐美 勉

1. 緒言

従来の制震ダンパーの研究は、素材として鋼材を使用して行ってきたが、構造用アルミニウム合金の使用も可能ではないかと考えられる。構造用アルミニウム合金は比重や耐食性¹⁾などを考慮すると、制震ダンパーとして大いなる可能性を秘めていることがわかる。

構造用アルミニウム合金を制震ダンパーに使用するためには、実験的研究を補完する数値解析的研究も必要である。そのためには構造用アルミニウム合金の繰返し弾塑性構成則の開発が必須である。制震ダンパーの素材として最も適すると考えられる A5083P-O 構造用アルミニウム合金を取り上げ、種々の载荷プログラムの基での引張-圧縮繰返し载荷試験を行った。その結果から、鋼材に対して開発された修正 2 曲面モデル²⁾を構造用アルミニウム合金の挙動を予測出来るように修正を行い、新しいモデルを構築した。したがって、本研究では鋼材用に開発された従来の修正 2 曲面モデルおよび構造用アルミニウム合金用に修正を施した修正 2 曲面モデルを基に、鋼材および構造用アルミニウム合金の弾塑性挙動の相違を数値計算から明らかにする。

2. 構成則の修正

塑性変形に伴う弾性域の大きさの変化を調べるための実験結果 (図-1 (a))、定振幅载荷実験結果 (図-1 (b)) を精査すると、構造用アルミニウム合金の繰返し载荷での構成則は弾性域が変化しない移動硬化則や Masing 則³⁾などの構成則の適用は難しいことがわかる。このことを踏まえ、構造用アルミニウム合金に用いる構成則は、弾性域の変化も考慮できる修正 2 曲面モデルの適用が妥当だと考えられる。

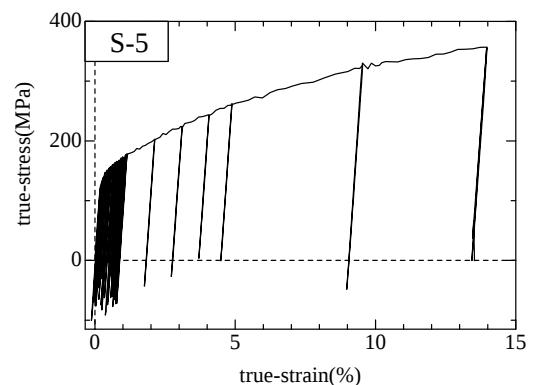
鋼材は、累積相当塑性ひずみ (塑性ひずみ履歴において過去最大の塑性ひずみを越えた塑性ひずみの総和) の増加に伴い弾性域の大きさは減少するとされているが²⁾、図-1 (a) を見ると、構造用アルミニウム合金は累積相当塑性ひずみの増加に伴って弾性域の大きさは増大している。

鋼材は引張および圧縮の両領域に位置する境界線間の距離は累積相当塑性ひずみの増大に伴って、拡大するとされている。しかし、図-1 (b) を見ると、構造用アルミニウム合金は载荷を繰返すごとに境界線間の距離は移動している。累積相当塑性ひずみに加え、累積塑性ひずみ (塑性ひずみの絶対値の総和) を導入し、これらの平均値を用いた次式で示す換算累積塑性ひずみ量を考える。

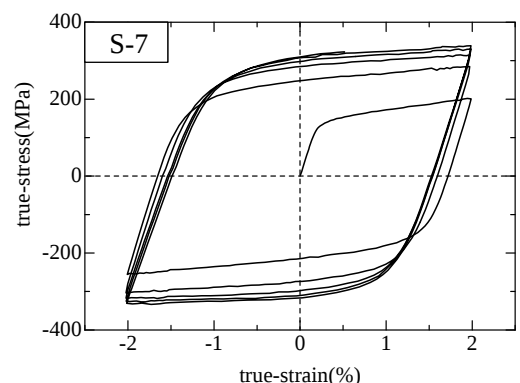
$$\varepsilon_{conv}^p = (\varepsilon_{A.P.S.}^p + \varepsilon_{A.E.P.S.}^p) / 2 \quad (1)$$

ここに、 ε_{conv}^p : 換算累積塑性ひずみ、 $\varepsilon_{A.P.S.}^p$: 累積塑性ひずみ、 $\varepsilon_{A.E.P.S.}^p$: 累積相当塑性ひずみ

構造用アルミニウム合金に対して、鋼材に対して開発された修正 2 曲面モデルに式 (1) の概念を導入して修正を施すことにより境界線間の距離、弾性域の大きさの進展をうまく表現させた。



(a) 塑性変形に伴う弾性域の大きさの変化を調べるための実験結果



(b) 定振幅载荷実験結果

図-1 実験結果 (真応力-真ひずみ関係)

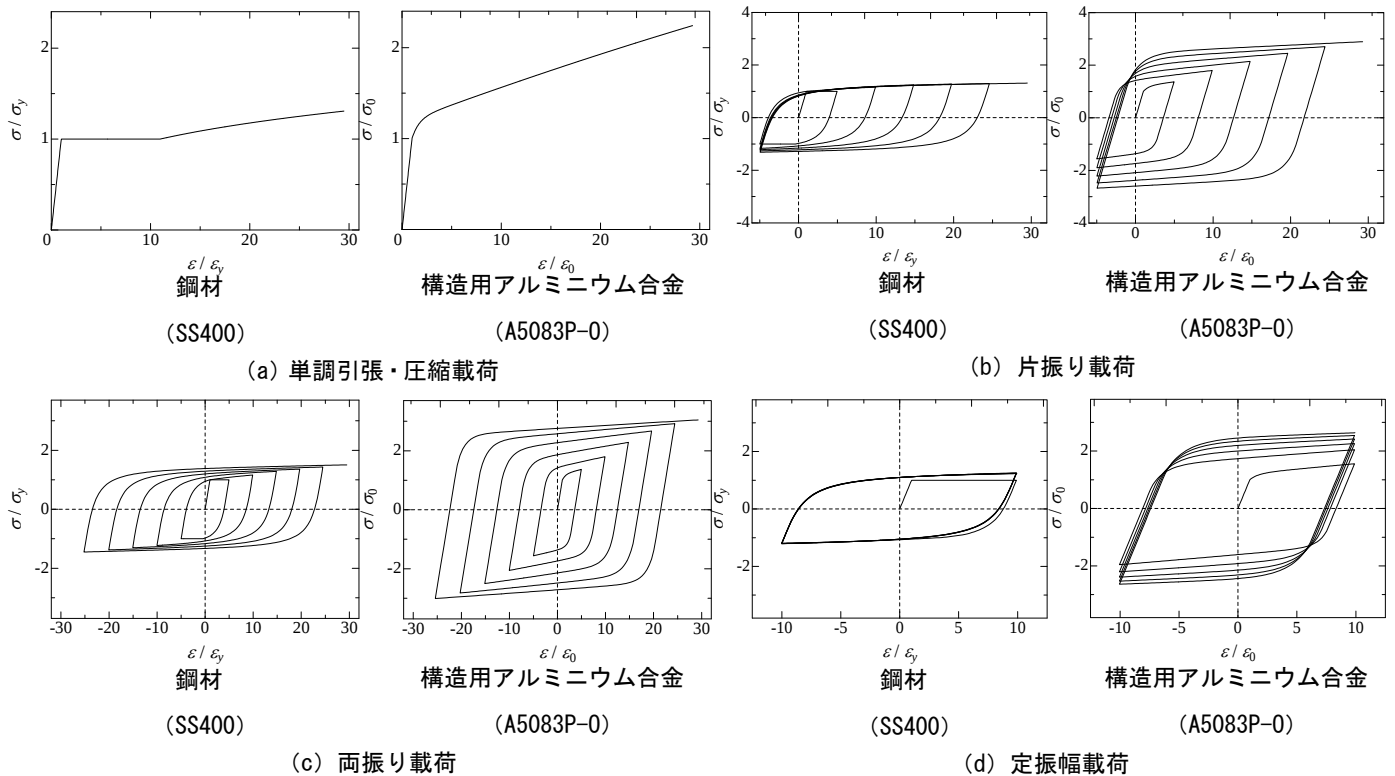


図-2 鋼材と構造用アルミニウム合金の挙動比較

3. 鋼材と構造用アルミニウム合金の弾塑性挙動の比較

構成則として以上で構築した構造用アルミニウム合金の弾塑性構成則を用いた構造用アルミニウム合金と従来のそれを用いた鋼材の数値計算的な弾塑性挙動の比較を行う。なお、構造用アルミニウム合金の合金種は A5083P-O、鋼材の鋼種は SS400 である。解析ソフトは、構造解析用汎用プログラム ABAQUS (Ver.6.7) を用いて解析を行った。また、要素数を 10 分割とし、せん断変形を考慮した Timoshenko 梁要素 (有限変位理論解析) を用い、変位制御で解析を行った。種々の荷重パターンによる挙動比較を図-2 に示す。また、縦軸および横軸ともに比較を容易にするため無次元化した。その際、構造用アルミニウム合金および鋼材はそれぞれ比例限、降伏点の値を用いた。

鋼材と比較した構造用アルミニウム合金の特徴としては、図-2 (a) を見ると、鋼材と異なり降伏棚が存在しないことがわかる。また、繰り返し荷重 (図-2 (b), (c), (d)) の増大に伴って、鋼材は弾性域の大きさが減少するが構造用アルミニウム合金の弾性域の大きさは増大していくのがわかる。図-2 (d) を見ると、一定な繰り返し荷重を増大するにつれて鋼材はひずみ硬化による応力上昇がなくなるが、構造用アルミニウム合金は繰り返すごとに応力範囲が膨らみ、明らかに境界線間の距離が変化していることがわかる。

4. 結言

鋼材と構造用アルミニウム合金の繰り返し弾塑性挙動の比較として以下のことがわかった。

- 1) 繰り返し荷重を増大するにつれて鋼材は弾性域の大きさが減少するが構造用アルミニウム合金の弾性域の大きさは増大していくのがわかる。
- 2) 一定振幅を増大するにつれて鋼材はひずみ硬化による応力上昇がなくなるのに対して、構造用アルミニウム合金はひずみ硬化による応力上昇が顕著に表れることがわかる。

今後の予定として、実際の構造物に見立てたモデルでの鋼材と構造用アルミニウム合金の繰り返し弾塑性挙動の比較を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 大倉一郎, 萩澤亘保, 花崎昌幸 (2006) : アルミニウム構造学入門, 東洋書店, 2) 宇佐美勉ら : 降伏棚を有する鋼材の繰り返し弾塑性モデル, 構造工学論文集, Vol.37A, pp.1-14, 1991.3, 3) 柴田明徳 : 最新耐震構造解析, 第2版, 森北出版, 2003.