

アルミニウム合金制震ダンパーの開発研究—弾塑性構成則

○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 名古屋大学 正会員 葛西 昭
 日本軽金属(株) 正会員 萩澤 亘保

1. 緒言

大地震時にエネルギー吸収を意図して組み込む装置の一つである履歴型制震ダンパーは、従来鋼材を用いているが、本研究では鋼材に代わりアルミニウム合金を素材として用いることにより高機能化を目指すということを考察している。アルミニウム材は、比重や耐食性を考慮すると土木構造物に対する制震ダンパーの素材としてのポテンシャルを有しており、使用するためには、部材の応力-ひずみ挙動を明らかにする必要がある。そこで、本研究では、アルミニウム合金を対象とし、力学的な応力-ひずみ関係のモデル化、つまりアルミニウム合金の繰り返し弾塑性構成モデルの作成を行う。一般鋼材用に開発された修正二曲面モデル³⁾に対してアルミニウム合金を適用させるために、各種载荷パターンを設けた引張・圧縮の繰り返し载荷実験を行い、モデルパラメータを決定する。また作成したモデルで実験結果のシミュレーションを行い本提案モデルの妥当性を検証する。

2. 実験概要

本研究で使用する実験供試体の合金種は、A5083P-Oであり、平行部を有する中実丸棒試験片を用いた。供試体の形状を図-1、寸法を表-1に示す。表-1において L ：全長、 l ：部材長を示す。供試体の形状を同じ材質で部材長が56 mm (S-供試体)、100 mm (L-供試体)を持った実験供試体を用いて実験を行った。S-供試体は、座屈防止のために部材長を短くしてあるがそれでも圧縮側でのデータを得ることは難しい。そこで、座屈拘束ブレースの考え方を基に部材長がS-供試体の倍程度あるL-供試体に平行部に長さ70 mmの座屈拘束材(鋼材)を被わせた状態で実験を行った。実験供試体と座屈拘束材との隙間は、摩擦が生じないようにゴム又はグリースで充填した。

実験装置と座屈拘束材を取り付けたL-供試体を写真-1に示す。実験装置は、MTS社製の材料試験機(容量250kN)を用い、試験片を治具にねじ込む方法によって固定した。軸方向変位は二つの変位計を変位計の治具に装着してモニターし、変位によりアクチュエーターの荷重を制御した。

アルミニウム合金材の繰り返し弾塑性構成則を開発し、構成モデルのパラメータの決定のために、単調引張試験、単調圧縮試験、塑性変形に伴う弾性域の大きさの変化を調べるための試験、片振载荷試験、両振载荷試験、ランダム载荷試験の6種類の载荷パターンの実験を行った。

表-1 供試体寸法

実験供試体	合金種	L (mm)	l (mm)	A (mm ²)	適用
S-供試体	A5083P-O	226	56	254	座屈拘束なし
L-供試体		270	100		座屈拘束あり

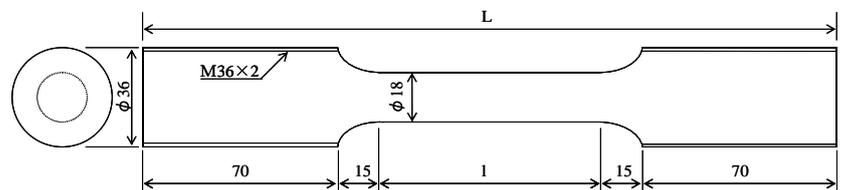


図-1 供試体形状



写真-1 実験装置とL-供試体

キーワード：アルミニウム合金、繰り返し弾塑性構成則、修正二曲面モデル

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 名城大学理工学研究科建設システム専攻

3. 実験結果

図-2 に真応力-真ひずみ関係を単調引張試験および単調圧縮試験の両者で比較したものを示す。応力-ひずみ関係を真応力、真ひずみで表現すると、引張試験と圧縮試験での座屈拘束をしない場合を除いたものでは、ほとんど同一の曲線が得られることがわかる。したがって、座屈拘束をしていないとひずみ値が圧縮側に増加するにつれて供試体が座屈をおこし、耐荷力が低下してしまう。しかし、座屈拘束をすることにより供試体が座屈することなく耐荷力が低下しなくなる。よって、座屈拘束材の効果を確認できた。

4. 実験データとシミュレーションの比較

アルミニウム合金用の境界線の傾き、境界線半径、弾性域の長さ、形状パラメータに関するモデルパラメータを上記の载荷パターンにより求め、作成した予測モデルで実験結果の予測を行った。図-3 の両振载荷試験の実験結果と予測曲線を見ると、低ひずみ領域では、境界線および弾性域が実験結果と比べるとうまく表現されていない。ひずみの値が大きくなってくると、予測曲線の弾性域の大きさは、実験結果とほぼ同様になり、弾性域の増加も表現されてきている。しかし、予測曲線は、実験結果と比べると曲線の曲がり具合が、早く境界線を目指してしまっている。

5. 結論

- 1) 座屈拘束材を実験供試体に装着して実験を行うと、引張・圧縮同様の応力-ひずみ関係を描くことが可能になり、弾塑性構成モデルの作成の際に、高い圧縮ひずみのサイクルでのデータを得ることができる。
- 2) アルミニウム合金の弾塑性構成モデルとして、一般鋼材に対して開発された修正二曲面モデルの適用を考え、モデルパラメータを定めた。予測値は、実験値に対してある程度の精度を持つ結果が得られたが、さらなる精度向上が必要である。

今後の課題として、本研究で得られたモデルパラメータを見直し、実験結果との比較を行い、さらに高い精度の向上を目指す。さらに、他の種類のアルミニウム合金として、A6061S-T6, A5052P-O でも同様の弾塑性構成モデルの作成を行う予定である。

本研究は名城大学「高度制震実験・解析研究センター」の研究の一環として行われたものである。研究を進めるにあたり、大阪大学の倉一郎准教授に種々アドバイスをいただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 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: 制震ダンパーとしての座屈拘束ブレースの全体座屈, 構造工学論文集, Vol.52A, pp.37-48, 2006.3, 3) 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.

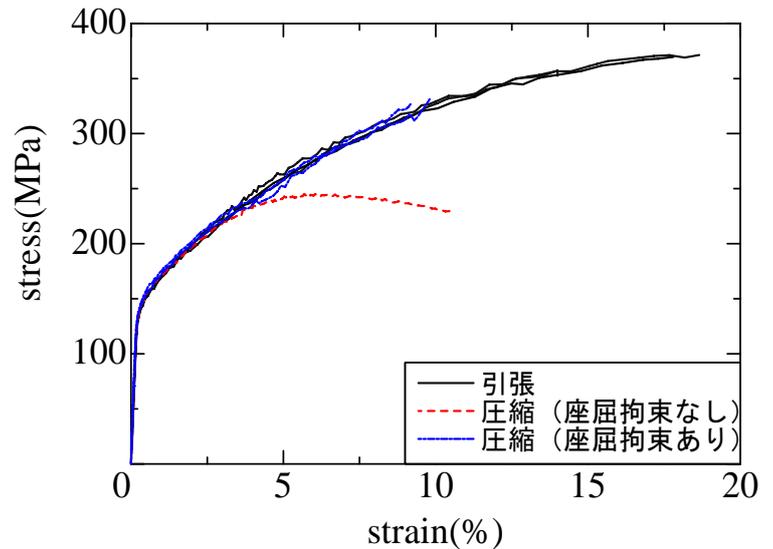


図-2 単調引張試験および単調圧縮試験結果

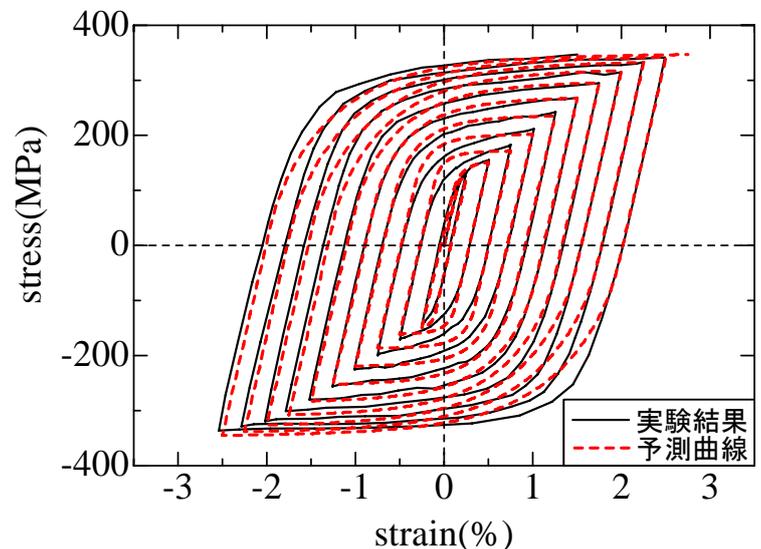


図-3 実験結果と予測曲線の比較