東京大学大学院工学系研究科 学生員 竹上浩史 正会員 阿部雅人 フェロー 藤野陽三 学生員 吉田純司

1.はじめに

鉛プラグ入り積層ゴム支承や鉛押し出し型ダンパーなど,免震装置のエネルギー吸収材料として鉛が利用 されている.しかし,鉛は大変形を呈するため,ひずみゲージなど従来からの計測手法では計測が困難であ

る.そのため,鉛の力学的特性に関する実験的研究は少なく,また 構成則も構築されていない.そこで本研究では,非接触かつ面計測 である画像解析を利用して,鉛の変形を空間的に計測し,その力学 的特性を把握することを目的とした.

<u>2.画像計測</u>

まず,円筒形をした供試体の変形を,3次元画像計測によって空間 的に計測するシステムを構築した.これは,三角測量の理論を応用 し,互いに直角をなす3台のカメラを用いることで実現した.この 様子を図1に示す.また,局部収縮による変形に対応するために, 画像解析プログラム¹⁾に供試体の回転変形を考慮したものを取り入 れた.この結果,従来の計測手法では把握することができなかった 供試体の断面積,および表面のGreen-Lagrangeひずみ場の計測が 可能となった.図2に計測した供試体表面のひずみ場の一例を示す. また,局部収縮部における計測も可能となった.その結果,鉛の真 応力-ひずみ関係を実験的に求めることが可能となった.

3.材料試験

供試体は JIS4 号試験片に準ずるものを使用した.エネルギー吸収材料として重要な特性として,応力-ひずみ関係,繰り返し載荷特性,時間依存性が挙げられる. これらの特性を把握するために,表1のとおり材料試験を行った.すべて一軸載荷試験である.

画像計測により求めた真応力 - ひずみ関係と,荷重 -変位関係から算出した公称応力 - 公称ひずみ関係を比較 したものを図3に示す.これより,局部収縮による断面 積の減少が,応力 - ひずみ関係に大きな影響を与えてい ることが分かる.破断までおこなった引張試験の結果を 図4に示す.ピーク後,ひずみの増大にともなって応力 が低下していることが分かる.4 種類の載荷速度による 引張試験の結果を図5に示す.最大応力と最大応力以降 の特性に載荷速度依存性があり,弾粘塑性的性質を有す るといえる.繰り返し載荷試験の結果を図6に示す.鉛 は等方硬化の性質を有することが分かる. カメラ 供試体

図1 計測の様子



図 2 Green-Lagrange ひずみ場

表1 材料試験の種類と目的

種類	目的
引張試験	応力 - ひずみ関係の把握
繰り返し載荷試験	履歴特性の把握
	時間依存性の把握



キーワード:鉛,画像計測,大変形体,力学的特性,構成則,グルソンモデル 連絡先:〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL 03-5841-6099 FAX 03-5841-7454



リラクゼーション試験の結果を図7に示す.初期降伏応力を下回る応力降下がみられるが,これは再結晶に よる力学的特性の回復によるものと思われる.

<u>4.モデルへの適用</u>

材料試験より得られた結果に,複合硬化を導入して拡張し たグルソンモデル²⁾を適用し,力学的特性のモデル化を試み た.本モデルは通常の Mises 型降伏関数に,静水圧力による 空隙の成長を取り入れたもので,実験より得られた特性を再 現するのに適したものと考えられる.モデルの材料定数は, 実験結果より最小2乗法によって同定した.実験結果と解析 結果を比較したものの一例を図8,9示す.図8のとおり, 繰り返し載荷試験の結果はよく再現できている.しかし,図 9に示したように,引張試験の結果は最大応力付近において 一致していない.これらを精緻化するためには,モデルのひ ずみ関数を改善する必要があると考えている.

5.まとめ

本研究では,まず,円筒形供試体を対象とした画像解析に よる3次元計測システムを構築した.そして,これを利用し て鉛の材料試験を行い,エネルギー吸収材料として重要な力 学的特性を得た.また,実験結果をグルソンモデルに適用し,



モデル化を試みた、今後の課題としては、モデルの高精度化を行うことである、

謝辞 本研究にあたり,オイレス工業(株)の横川英彰氏,増田耕一氏に協力して頂きました.記して謝意を 表します.

<u>参考文献</u> 1) 阿部雅人,藤野陽三,吉田純司:画像計測を利用した有限ひずみ場の計測と積層ゴム支承の復元力特性の予測,土木学会第54回年次学術講演会概要集,1999 2) R. Becker, A. Needleman: Effect of Yield Surface Curvature on Necking and Failure in Porous Plastic Solids, Journal of Applied Mechanics, September 1986 Vol.53, pp491-499, 1986