

機能モデルによる金属材料の塑性変形シミュレーションシステムの開発

清水功史・角田鎮男*

A New Approach on Modeling for Simulation System of Plasticity Deformation of Metal Material with Functional Model

Kohshi SHIMIZU and Shizuo SUMIDA

This research demonstrates the application of the functional model by which dynamic and nonlinear problems can be solved in the field of engineering. The material model was derived from the functional models, and the simulation model of plasticity deformation for test specimen in one axis direction was developed. The simulation data calculated in this system was evaluated in comparison with the experimental one and good agreement was observed between them.

Keywords: Functional model, Plasticity deformation, Simulation system

本研究では、動的な非線形問題が容易に解けることで最近注目されている機能モデルを用いて材料モデルを作成し、単軸応力場における引張試験片の弾塑性変形シミュレーションシステムをした。開発したシステムについて実測値と比較検討することにより、計算結果の妥当性を評価した。

キーワード：機能モデル、塑性変形、シミュレーションシステム

1. 緒言

自動車は多数の部品により構成されているが、その個々の部品の極限性能を調べる破壊試験などは非線形性が強く、現状では試作品によるところが多い。材料の塑性変形や疲労現象など非線形性を解析的に検討する方法は現時点では確立されていない。製品開発においても、材料の塑性変形や疲労現象などを開発段階において解析的に予測できれば、製品開発期間の短縮やコストの削減につながる。

本研究では、動的な非線形問題が容易に解けることで最近注目されている機能モデル¹⁻²⁾を用いて材料モデルを作成し、単軸応力場における引張試験片の弾塑性変形シミュレーションシステムを開発することを目的とする。

2. 材料モデルの作成

2.1 機能モデルの作成

鉄等の延性のある金属材料に荷重を加えて除荷した時に元の形状に戻る変形を弾性変形、元の形状に戻らない変形を塑性変形と区別されている。本研究で機能モデルを作成する際にも弾性域、塑性域を区別した。

まず、弾性域における機能モデルを作成した。材料を一軸方向に引張る場合、負荷荷重に対する変形量は材料固有の値となる。機能モデルではこれをばね要素として扱い、ばね定数、すなわち剛性を K_s とした。また、材料に衝撃荷重を与えた場合振動を起こすが、いずれは減衰してその振動は収まる。その振動の減衰率は機能モデルでは内部粘性減衰に相当し、粘性減衰係数は D_{ks} とした。

次に、塑性域における機能モデルを作成した。塑

*キャテック株

性変形は、形状を元に戻さない性質を有することから、機能モデルでは負の速度が入力速度に加算されることになる。また、負の速度は負荷荷重に対して各々の値であり、荷重と速度を関係付ける係数を塑性抵抗係数 C_s とした。

以上の係数要素を繋ぎ合せて作成した機能モデルを Fig.1 示す。エネルギーは左から右に流れるものと仮定して符号を付けた。図において左側の入力速度、出力荷重はそれぞれ試験機上部の入力速度、出力荷重、右側の入力速度、入力荷重はそれぞれ試験機下部の入力速度、出力荷重とした。

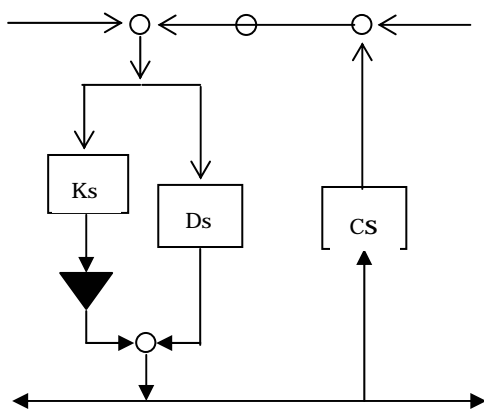


Fig1.機能モデルによる材料モデル

2.2 パラメータの導出

材料の剛性 K_s 、内部粘性減衰 D_s 、塑性抵抗係数 C_s の導出を行った。本研究では、実験データをシミュレーションに適用することを試み、実験で得られた引張試験の荷重 - 伸び線図を用いた。

材料の剛性の導出は、弾性域での傾きを求めて得られた値を剛性 K_s とした。

塑性抵抗係数 C_s の導出は、まず実験データの降伏点を原点としたグラフに書き換え、各々の負荷荷重におけるグラフの接線より求めた。しかし、塑性抵抗係数 C_s は荷重と速度の関係を結び付ける係数であることから、実験データの荷重 - 伸び線図を、繰返し計算におけるサンプリングタイムで除して荷重 - 速度の関係に変換し、 C_s の導出を行った。

また、内部粘性減衰係数 D_s は材料データブックに記載されている値を用いた。

3.シミュレーション結果

シミュレーションにより得られた結果を Fig.2 に示す。グラフの縦軸は荷重[N]、横軸は伸び[m]とした。今回のシミュレーションでは、試験材料としてチタンを用いた。入力条件として、試験機上部入力速度を 8.33×10^{-6} [m/s]、試験機下部入力速度は固定とした。尚、パラメータの決定の際に用いた実験データも同時にプロットした。図より、シミュレーション結果と実験結果はほとんど重なり、非常に精度の高いシミュレーションが実現できた。

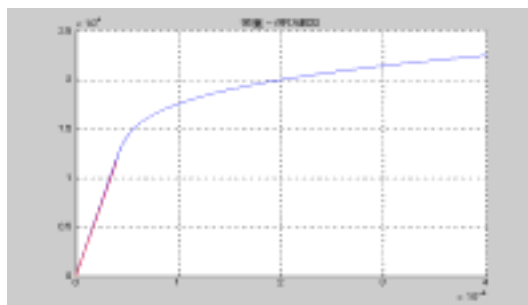


Fig.2 機能モデルによる弾塑性変形シミュレーション結果

4. 結言

本研究により得られた結果は次のとおりである。

- (1) 塑性変形のモデル化に機能モデルを適用することでモデル化および定式化が可能であることを示した。
- (2) シミュレーションシステムのパラメータの同定に実測結果から精度が高い同定法を実現した。

今後の課題として、テストピース全体についての解析および多軸応力場への拡張が可能なモデル化および解析法を検討する必要がある。

参考文献

- (1) 長松昌男・角田鎮男・長松昭男、製品開発のための新しいモデル化手法（機能モデルの基本概念）、機論 64 巻 622 号（1998-6）、pp.1979-2004.
- (2) 長松昭男、機械力学における新しいモデル化手法、雑誌、Vol.104, No.986, pp.41-45.