

SM490 鋼の弾塑性引張り

Elasto-plastic Tension of SM490 Steel Specimen

R02/2023/05, Abaqus6.13-1, Analysis Level:★★

提供されるデータ：ソルバーの入力ファイル, Excel ファイル

材料試験から得られた応力-ひずみ曲線から、弾塑性解析用の材料データを作成する手順を示す。材料試験では公称値による全ひずみと応力の関係が通常は得られるが、FEM 解析の入力とするには、真値の塑性ひずみと応力の関係（加工硬化データ）に改めることが必要である。作成された材料データを用いて引張りの解析を実行し、得られる結果が材料試験の応力-ひずみ曲線に一致することを確認する。

Excel による材料データの作成および FEM 解析 中原, 実践材料力学, p.8, 参照⁽¹⁾.

SM490 材の引張試験で得られた公称応力・公称ひずみ⁽²⁾から、FEM 解析で用いる加工硬化データを作成する。手順は以下に示すように【STEP1】で FEM 解析用の加工硬化データを作成し、【STEP2】で FEM による確認を行う。

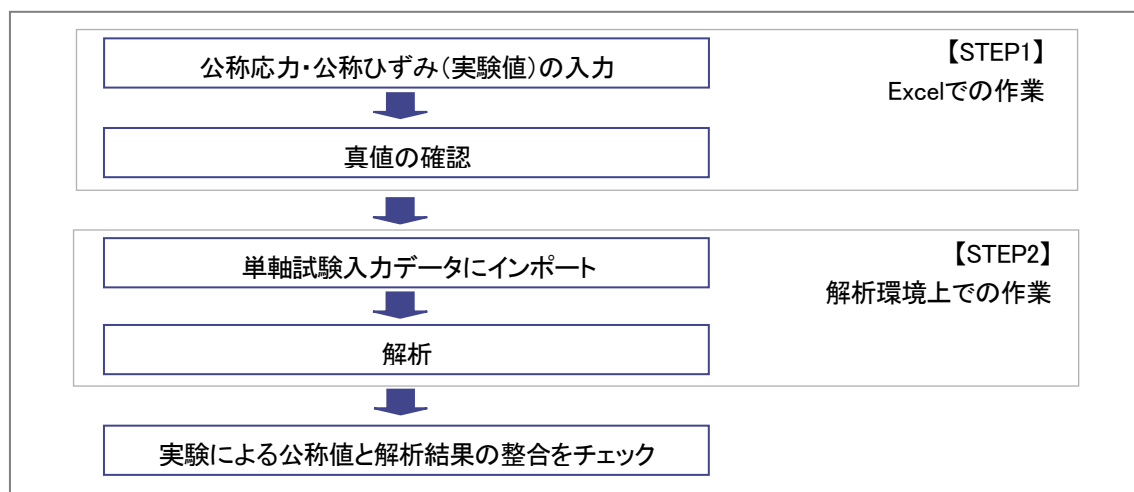


Fig.1 加工硬化データの作成と FEM の実行の手順

【STEP1】FEM 解析用の加工硬化データの作成

1. 実験データの上降伏点, 下降伏点が Fig.2 のような場合, 降伏棚は実験条件の影響を受ける事が多いため下図の実線のように上降伏点を省く。

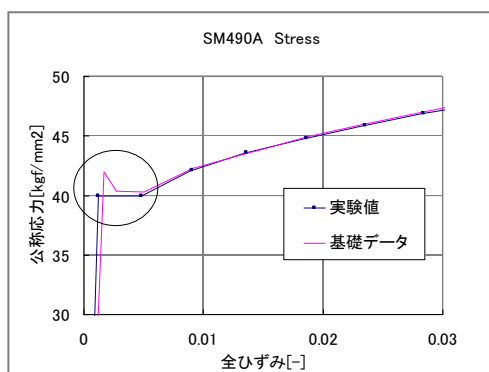


Fig.2 材料試験から得られた応力-ひずみ曲線

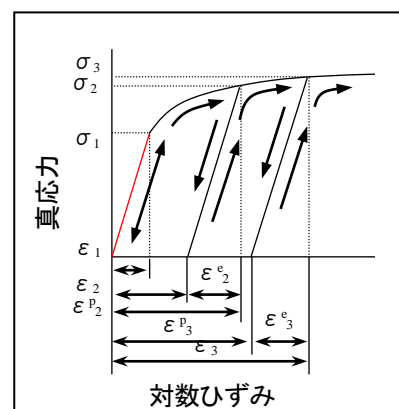


Fig.3 単軸の载荷と除荷

2. Abaqus に限らず、一般の汎用 FEM では、真応力 及び 対数塑性ひずみ の入力が必要となる。

そこで、Excel を用いて公称値である荷重変位関係から以下の式を用いて 真応力、対数塑性ひずみ の関係を求める。

(I) 公称値

$$\begin{aligned} \text{公称応力} & S = F / A_0 \\ \text{全ひずみ} & e = \delta / l_0 \\ \text{塑性ひずみ} & e_p = e - S / E \end{aligned}$$

(II) 真値

$$\begin{aligned} \text{真応力} & \sigma = S (A / A_0) = S (L_0 + \delta) / L_0 = S (1 + e) \\ \text{対数ひずみ} & \varepsilon = \ln(1 + e) \\ \text{対数塑性ひずみ} & \varepsilon^p = \varepsilon - \sigma / E \end{aligned}$$

3. Excel シート [data 入力]で、Fig.2において得られた ①全ひずみ、②公称応力、③ヤング率、及び ④降伏応力を Fig.4 の通り入力する。

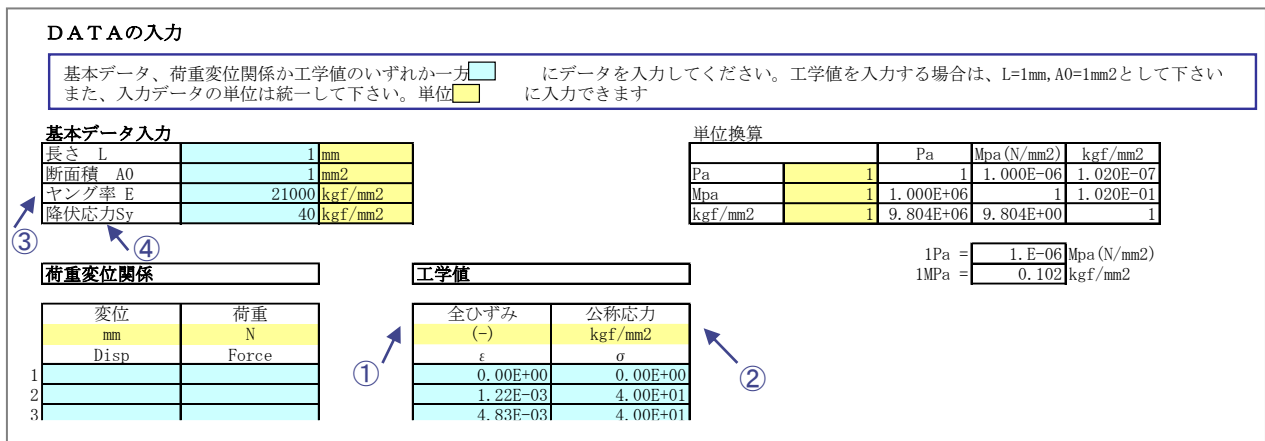


Fig.4 Excel による加工硬化データの作成

【STEP2】データの確認：単軸引張解析

- 【STEP1】で作成したデータのチェックを行う為に、簡単な解析モデルを作成する。
- 得られた 反力-変位関係を【STEP1】のデータと比較し、一致することを確認する。

解析条件

- 要素：軸対称ソリッド要素 CAX4I
- 材料定数：ヤング率 $E = 2.1 \times 10^4$ [kgf/mm²]
ポアソン比 $\nu = 0.3$
- 加工硬化：【STEP1】で作成した CSV 形式ファイルの真値データを使用

解析結果

Fig.5～7 に Abaqus による解析結果を示す。また得られた結果をまとめて以下に示す。FEM の結果は、実験結果と良い一致を示す。実際の材料試験では試験片に局所的なくびれが発生するため、応力-ひずみ曲線の最終部分では応力が急激に減少するが、加工硬化のデータは一般的な単軸引張状態を前提としているため、この部分のデータは材料データには反映していない。なお、FEM の結果も最終部分で応力の低下が見られるが、これは断面積の一般的な減少の結果として耐荷能力が低下しているためである。

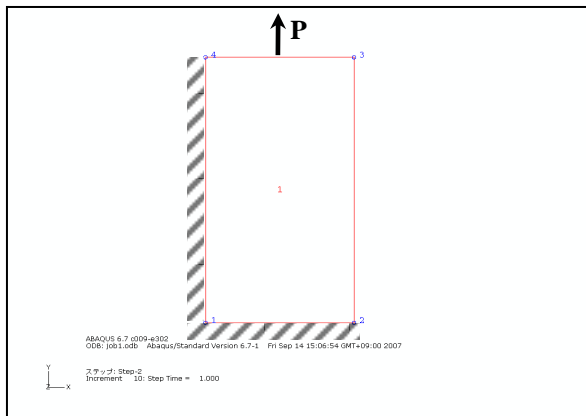


Fig.5 解析モデル

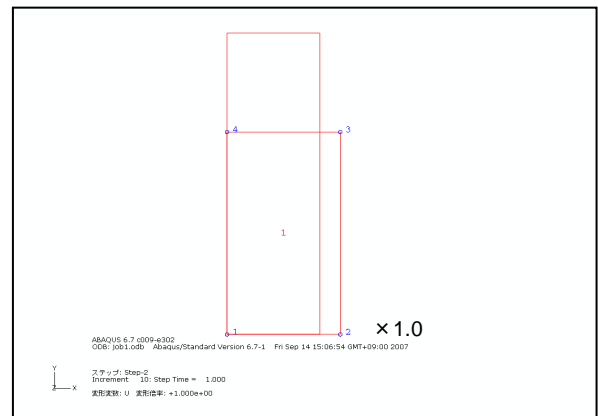


Fig.6 変形図

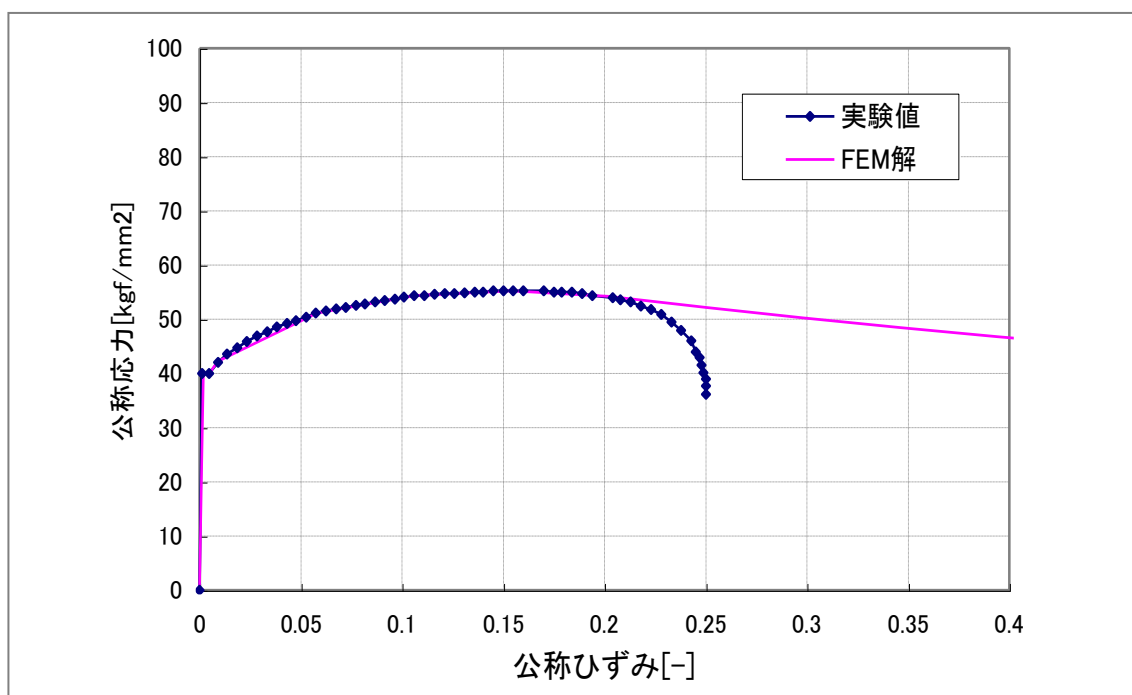


Fig.7 実験結果と FEM 解析の比較 (公称応力-公称ひずみ)

参考文献

- (1) 中原, 実践材料力学, 養賢堂, 2002.
- (2) 中澤, 金属材料試験マニュアル, 日本規格協会, 1987.

※ Abaqus は Dassault Systemes Simulia Corp.殿の製品です.

株式会社 メカニカルデザイン

〒182-0024 東京都調布市布田 1-40-2 アクシス調布 2 階

TEL 042-482-1539 FAX 042-482-5106

E-mail : comm@mech-da.co.jp <https://www.mech-da.co.jp>

Mechanical Design & Analysis Corporation