

自重を受ける棒

Bar under Gravity Load

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

機械的な荷重には、物体の表面に作用する荷重以外に、体積的に作用する荷重がある。代表的な体積力である自重を取り上げ、FEM 解析と理論解を比較検証する。

理論解 中原, 実践材料力学, p.21 参照⁽¹⁾。

Fig.1 に示すような棒が自重を受けるとき、全長の伸びを求める。諸元は以下の通りである。

長さ $l = 1000$ [mm] 直径 $d = 100$ [mm] 棒のヤング率 $E = 70$ [GPa] 比重量 $\gamma = 27.9 \times 10^{-6}$ [N/mm³]

材料力学による解は以下の通りである。

1. 横断面 BB には DB 間の棒の重さ $W = \gamma Ax$ が働くため、この断面に生ずる応力とひずみは

$$\sigma = \frac{W}{A} = \gamma x, \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{\gamma}{E} x \quad \dots (1)$$

2. $x = l$ のとき応力は最大であるから、

$$\sigma_{\max} = \gamma l = 27.9 \times 10^{-6} \times 1000 = 2.79 \times 10^{-2} \quad [\text{MPa}] \quad \dots (2)$$

3. 微小長さ dx において、ひずみ は一様と考えてよいので、長さ dx の伸び $d\lambda$ は

$$d\lambda = \varepsilon dx = \frac{\gamma}{E} x dx \quad \dots (3)$$

4. 棒の全長における伸び λ

$$\lambda = \int_0^l d\lambda = \frac{\gamma}{E} \int_0^l x dx = \frac{\gamma l^2}{2E} = \frac{27.9 \times 10^{-6} \times 1000^2}{2 \times 70 \times 10^3} = 1.99 \times 10^{-4} \quad [\text{mm}] \quad \dots (4)$$

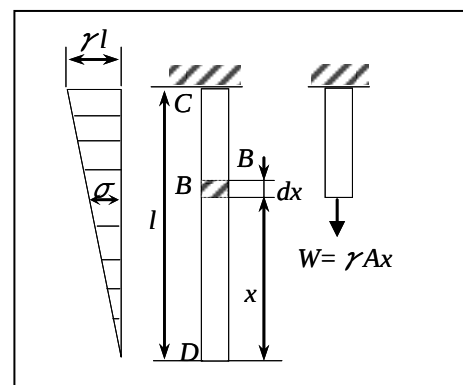


Fig.1 自重を受ける棒

解析条件

Fig.2 に解析モデルを示す。

■ 要素 : 軸対称ソリッド要素 CAX4

■ 材料定数 : ヤング率 $E = 7.0 \times 10^4$ [MPa]

ポアソン比 $\nu = 0.3$

質量密度 $\rho = \gamma/g$

$$= 2.85 \times 10^{-9} \quad [\text{ton/mm}^3]$$

*SI 単位系において、力に N、長さ mm を採用した場合、質量密度の入力にはこの単位を使用する。

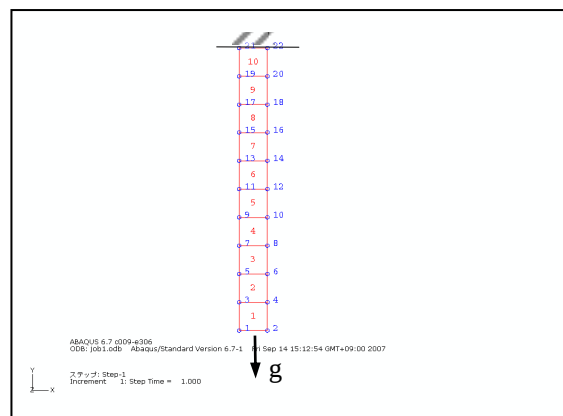


Fig.2 解析モデル

解析結果

Fig.3～5 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 Table.1 に示す。理論解に一致する解析結果が得られた。

なお、Fig.3 の応力コンター図、また Fig.4 に示す応力のパスプロットにおいては、付け根付近の応力が低めに表示されている。これは使用している要素が 1 次要素であり、その積分点で得られている応力が、この種の問題では要素内では一定になってしまうため、それをプリポストプロセッサでの出力用に節点に外挿したときにもたらされる誤差である。

しかし、Fig.5 に示す変位の出力では、このような内外挿にともなう誤差の問題はない。これは、変位はもともと節点での出力結果であるため、プリポストプロセッサによる内外挿の処理を必要としないためである。

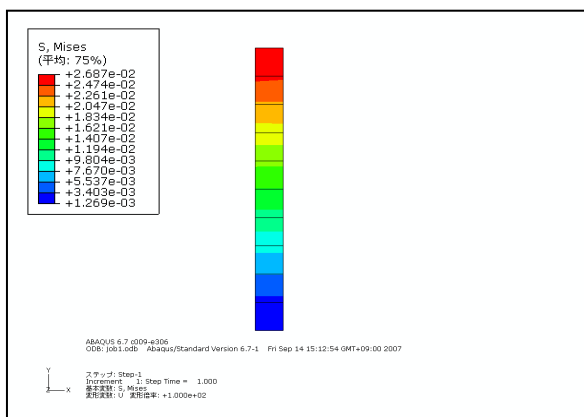


Fig.3 応力 σ

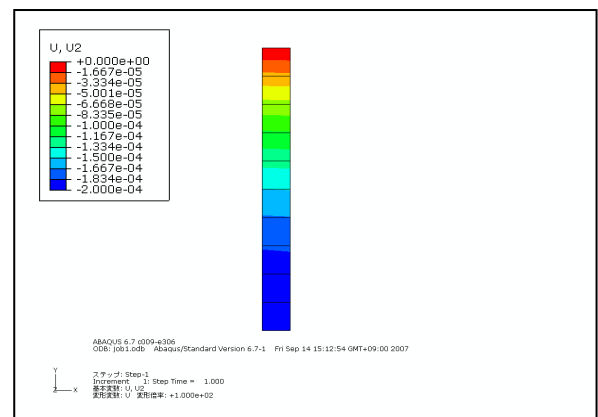


Fig.5 変位 δ

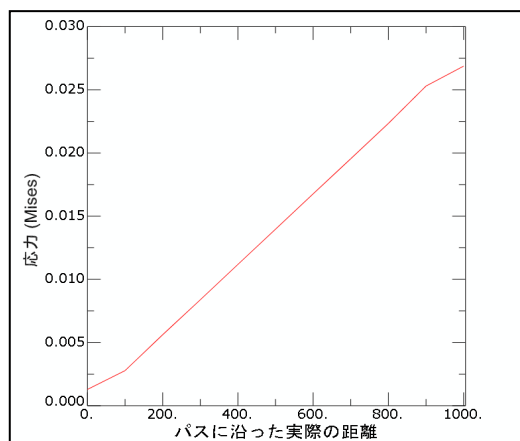


Fig.4 応力 σ (棒の長手方向のパスプロット)

Table.1 理論解と解析結果の比較

		理論解	FEM解
棒の応力	[MPa]	2.79×10^{-2}	2.69×10^{-2}
変位	[mm]	1.99×10^{-4}	2.00×10^{-4}

参考文献

- (1) 中原, 実践材料力学, 養賢堂, 2002.

※ 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