

衝撃荷重による棒の応力と変形

Bar with a impact 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

衝撃荷重による応力を正確に求めるためには、本来、動的な応答解析を行う必要があるが、簡易的には衝撃物が持つ運動エネルギーが構造物のひずみエネルギーに置き替わると考えて求めることができる。ここでは、棒の先端を剛体が衝撃する問題を考え このような簡易解と動的な FEM 解の結果を比較検証する。

理論解 中原, 実践材料力学, p.158 参照⁽¹⁾.

Fig.1 に示すような垂直に吊るされた棒に、ある位置から物体を落下させ下端に衝撃荷重を与える。このとき落下体の衝撃によって棒に生ずる応力を求める。諸元は以下の通りである。

棒の断面積 $A = 20 \text{ [mm}^2\text{]}$ 長さ $l = 1 \text{ [m]}$
 落下体の重さ $W = 80 \text{ [N]}$ 高さ $h = 100 \text{ [mm]}$
 ヤング率 $E = 200 \text{ [GPa]}$

材料力学による解は以下の通りである。

1. ひずみエネルギーと弾性エネルギーの関係は Fig.2 のように表わされる。

$$W = \int_0^{\lambda} P d\lambda \quad \dots (1)$$

2. 落下体が持つ位置エネルギーが損失無く ひずみエネルギーに変換され、棒に一樣な応力 σ が生じると仮定すると

$$W = Al \int_0^{\epsilon} \sigma d\epsilon \quad \therefore \frac{\sigma^2}{2E} Al = W(h + \lambda) \quad \dots (2)$$

3. 静的な場合と同様に応力とひずみの間に $\lambda = \frac{\sigma l}{E}$ の関係があると仮定すると、(2)式は次のようになる。

$$\sigma^2 - 2 \frac{W}{A} \sigma - 2 \frac{Wh}{Al} E = 0 \quad \dots (3)$$

4. ここで、静荷重 W による応力を $\sigma_0 \left(= \frac{W}{A} \right)$ 、ひずみを $\epsilon_0 \left(= \frac{\sigma_0}{E} \right)$ 、伸びを $\lambda_0 (= \epsilon_0 l)$ とすると次式が得られる。

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\lambda_0}} \quad \dots (4)$$

$$\therefore \sigma = \sigma_0 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\lambda_0}} \right) = 4 \times \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 100}{0.02}} \right) = 404 \text{ [MPa]} \quad \dots (5)$$

5. なお、この方法では以下の条件を仮定している。それ以外の場合にはより詳細な検討が必要となる。

- ① 棒の弾性係数が落下体及び固定壁の弾性係数に比べ非常に小さい。
- ② 棒の重さに比べて、落下体の重さが十分に大きい。

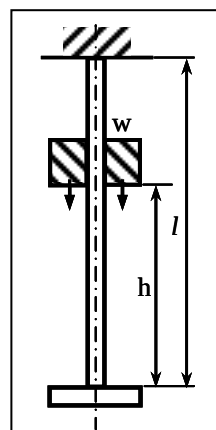


Fig.1 衝撃引張り

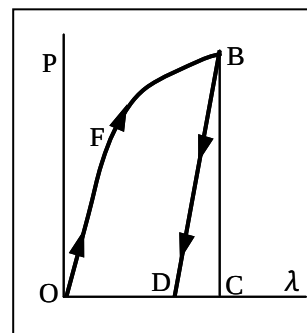


Fig.2 ひずみエネルギーと弾性エネルギー

解析条件

Fig.3 に解析モデルを示す.

- 要素：三次元トラス要素 T3D2
- 材料定数：棒 ヤング率 $E = 2.0 \times 10^5$ [MPa]
ポアソン比 $\nu = 0$
質量密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-15}$ [ton/mm³]
落下体 質量 $m = 8.163 \times 10^{-3}$ [ton]
- 初速度 : $v = 1400$ [mm/sec]

$$\left(\begin{aligned} \frac{1}{2}mv^2 &= mgh \quad \therefore v = (2gh)^{0.5} \\ &= (2 \times 9800 \times 100)^{0.5} \end{aligned} \right)$$
- 自重 : $P = 80$ [N] ($P = mg = 8.163 \times 10^{-3} \times 9800$)

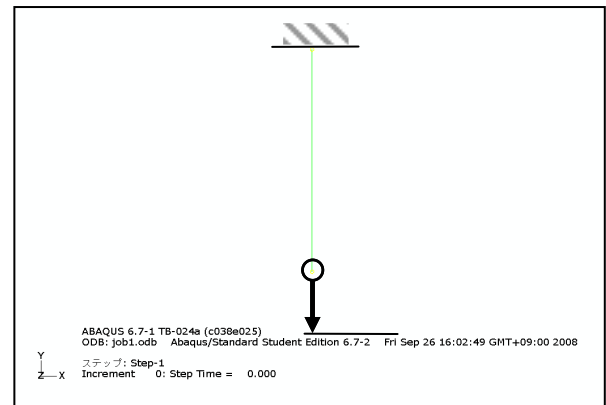


Fig.3 解析モデル

解析結果

Fig.4, 5 に Abaqus の解析結果を示す. また得られた結果をまとめて Table.1 に示す.

理論解と一致する結果が得られた.

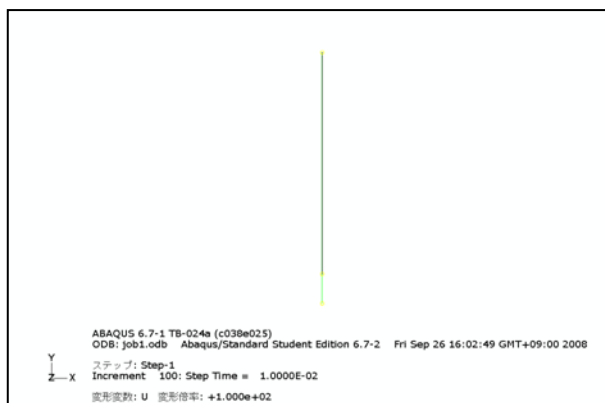


Fig.4 変形図

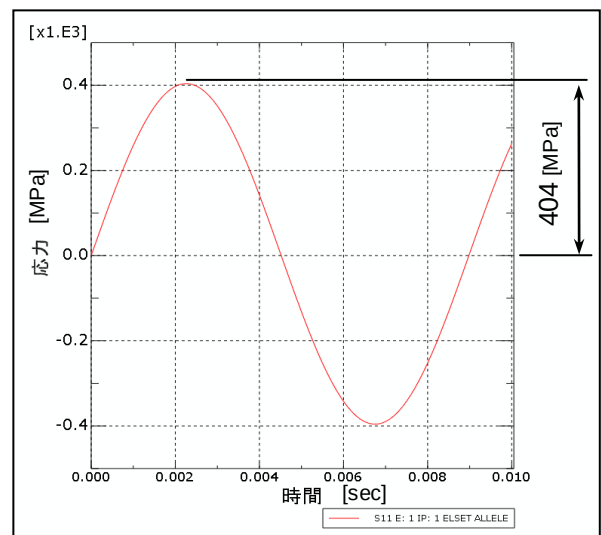


Fig.5 衝撃応力の履歴

Table.1 理論解と解析結果の比較

		理論解	FEM 解
衝撃応力	[MPa]	404	404

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