

曲がりはり理論によるフックの応力解析

The stress of Hook

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

曲がりはりの理論を適用して玉掛けに使用されるフックに発生する応力を解析し、理論解と比較検証する。フックの形状は3D-CADを用いて二次テトラ要素によって予めモデル化したものを適用する。

理論解 中原, 実践材料力学, p.114 例題3 参照⁽¹⁾。

Fig.1 に示すようなフックによって物体を吊るしているとき、断面 AB に生ずる最大引張り応力と最大圧縮応力を求める。諸元は以下の通りである。

荷重 $P = 10$ [kN] y 軸から曲率中心までの距離 $R = 50$ [mm] 曲がりの断面係数 $\kappa = 0.0236$

材料力学による解は以下の通りである。

1. AB 断面に生ずる応力は垂直力 P によるものと曲げモーメントによるものから成り立つ。

先に中立軸の位置を求め、次に曲げモーメントによる応力を求める。

2. 中立軸の位置

$$e = R \frac{\kappa}{1 + \kappa} = 50 \times \frac{0.0236}{1.0236} = 1.2 \text{ [mm]} \quad \dots (1)$$

3. AB 断面に作用する中立軸周りの曲げモーメント

$$M = (50 - 1.2)P = 488 \times 10^3 \text{ [Nmm]} \quad \dots (2)$$

$$A = \pi \times 15^2 = 706.9 \text{ [mm}^2\text{]} \quad \dots (3)$$

4. 曲げモーメントによる応力 σ_1' (内側面), σ_2' (外側面)

$$\text{内側面} \quad \sigma_1' = \frac{M}{AR} \left(\frac{1}{\kappa} \cdot \frac{a}{R-a} - 1 \right) = \frac{488 \times 10^3}{706.9 \times 50} \left(\frac{1}{0.0236} \cdot \frac{15}{50-15} - 1 \right) = 236.9 \text{ [MPa]} \quad \dots (4)$$

$$\text{外側面} \quad \sigma_2' = \frac{M}{AR} \left(-\frac{1}{\kappa} \cdot \frac{a}{R+a} - 1 \right) = \frac{488 \times 10^3}{706.9 \times 50} \left(-\frac{1}{0.0236} \cdot \frac{15}{50+15} - 1 \right) = -148.8 \text{ [MPa]} \quad \dots (5)$$

5. 垂直力 P による応力 σ_0'

$$\sigma_0' = \frac{P}{A} = 14.2 \text{ [MPa]} \quad \dots (6)$$

6. よって、内外側面に生ずる応力 σ_1 , σ_2 は次式となる。

$$\text{内側引張り応力} \quad \sigma_1 = \sigma_1' + \sigma_0' = 251.1 \text{ [MPa]} \quad \dots (7)$$

$$\text{外側引張り応力} \quad \sigma_2 = \sigma_2' + \sigma_0' = -134.7 \text{ [MPa]} \quad \dots (8)$$

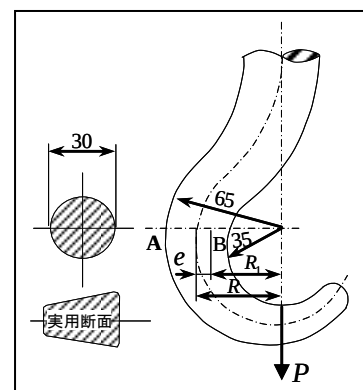


Fig.1 フック

解析条件

Fig.2 に解析モデルを示す.

- 要素：三次元ソリッド要素 C3D10
(実モデルは対称なので、その 1/2 をモデル化する.)
- 材料定数：ヤング率 $E = 2.0 \times 10^5$ [MPa]
ポアソン比 $\nu = 0.3$
- 荷重： $P = 10$ [kN]
(1/2 モデルのため、荷重については半分の値を与える.)

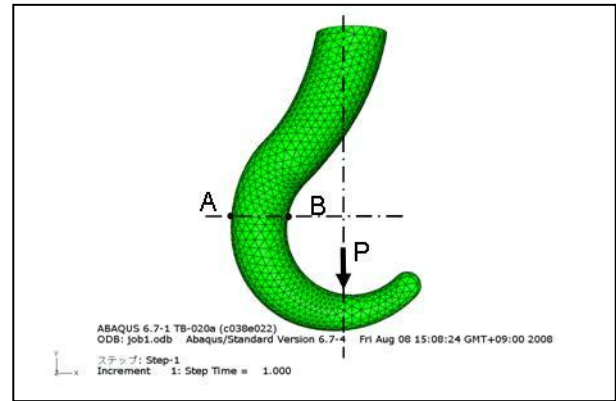


Fig.2 解析モデル

解析結果

Fig.3, 4 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.
理論解よりもやや高めの結果となる.

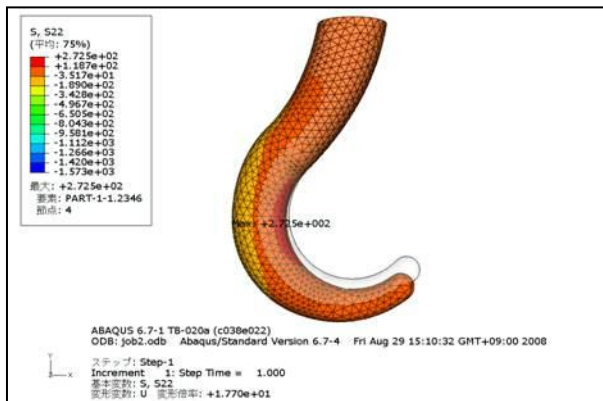


Fig.3 y 方向応力

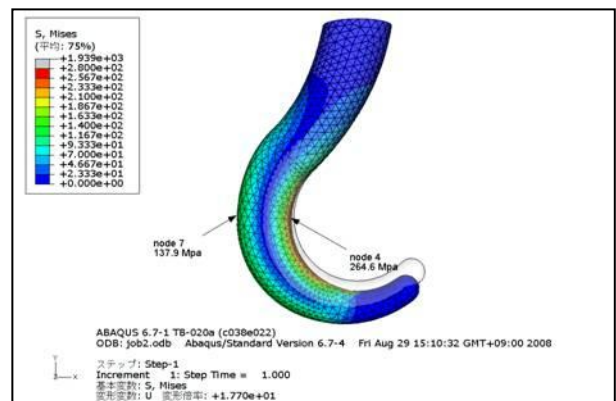


Fig.4 ミーゼス相当応力

Table.1 理論解との比較

		理論解	FEM 解
内側の応力	[MPa]	251	265
外側の応力	[MPa]	135	138

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>