

NEiNastran を利用した構造解析の事例研究

西田 修

構造解析ソフトウェア NEiNastran を用いて黄銅製フランジの非線形構造解析を行った事例について報告する。

キーワード：非線形構造解析

1. はじめに

経済のグローバル化が進み、競争の激化、ものづくりの高度化・複雑化の傾向がますます強くなっている。構造解析技術は、コストダウンや開発サイクルの短縮に大きな成果をあげており、その活用はものづくりにおいて必要不可欠なものとなってきた。

本報では、NEiNastran (NEi Software Japan (株)) を用いて非線形構造解析に取り組み、地域中小企業の製品開発を支援した事例について報告する。

2. 構造解析の事例

2.1 線形構造解析

解析を行った製品は、図 1 に示すフランジである。

CAD モデルの作成と線形構造解析は、CATIA (Dassault Systemes) を用いて行った。解析条件は、次のとおりである。

・材質：黄銅

縦弾性係数： $1.03 \times 10^{11} \text{N/m}^2$

ポアソン比：0.36

0.2% 耐力： $1.77 \times 10^8 \text{N/m}^2$

・拘束：A 面を完全拘束

・荷重：穴 4 か所側面矢印方向に総分布荷重 38,305N

モデルが上下左右対称の形状であることから、計算時間を短縮するためにモデルの 1/4 を用いて計算を行った。また、フランジ厚を 24mm から 28mm まで 1mm ずつ変えて解析を行った。

要素分割は、応力集中部では一辺が 0.5mm、それ以外の部分では一辺が 3mm の四面体一次要素で行った。

線形構造解析の結果を表 1、設定画面を図 2 に示す。いずれのフランジ厚の場合でもフランジつけ根部分の応力集中部において、最大ミーゼス応力が黄銅の 0.2% 耐力である $1.77 \times 10^8 \text{N/m}^2$ を越える箇所があった。その部分には荷重を取り去った後、ひずみが残る可能性があると考えられる。また、解析結果の数値については、応力が材料の線形領域を超えているため、信頼性に欠ける。

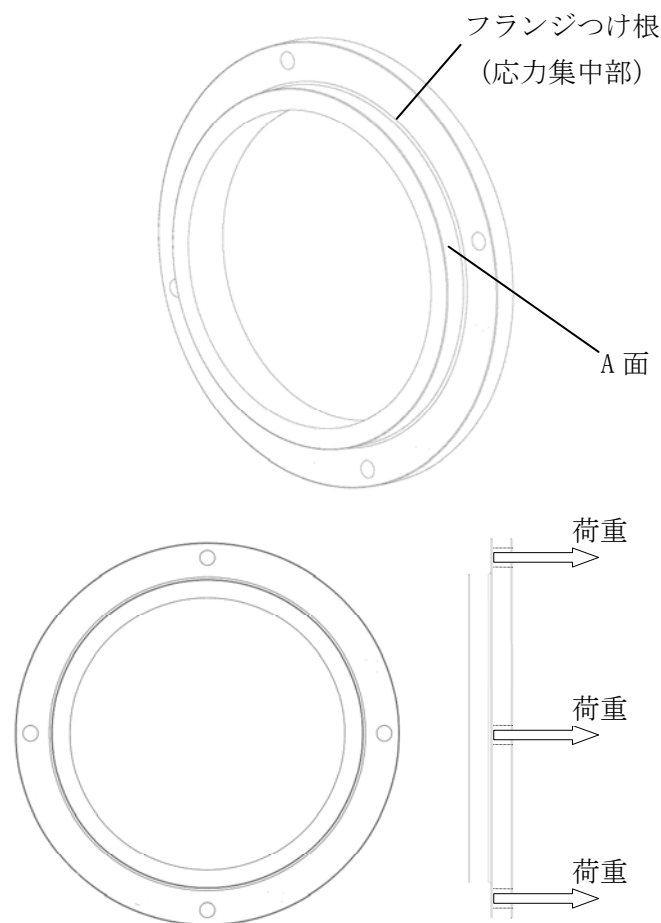


図 1 フランジ

表 1 線形構造解析の結果

フランジ厚 [mm]	最大ミーゼス応力 [N/m ²]	最大変位 [mm]
24mm	6.90×10^8	0.173
25mm	7.81×10^8	0.163
26mm	7.18×10^8	0.153
27mm	6.28×10^8	0.145
28mm	7.48×10^8	0.135



図 3 黄銅試験片

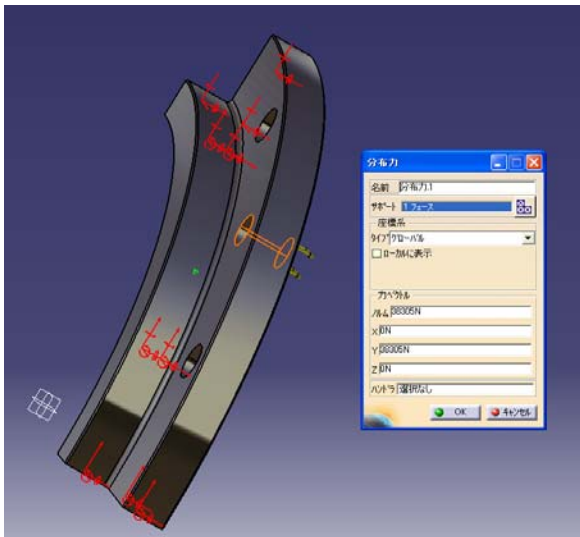


図 2 設定画面



図 4 引張試験の様子

2.2 材料の引張試験

線形構造解析の結果、より信頼性の高い解析結果を得るため、非線形構造解析を行うこととした。

非線形構造解析に必要な真応力 - ひずみ線図を得るために、黄銅の丸棒を JIS 4 号試験片に加工し、ひずみゲージを試験片の軸方向に対して縦及び横方向に貼り付け、万能試験機を用いて、引張試験を行った。

ひずみゲージを貼り付けた黄銅試験片を図 3、引張試験の様子を図 4、引張試験から得られた引張荷重 - ストローク線図を図 5、真応力 - ひずみ線図を図 6 に示す。

引張荷重の最大値は 70.8kN であったが、軸方向に対して縦方向に貼り付けたひずみゲージは、65.8kN を越えた時点で損傷し計測不能となった。

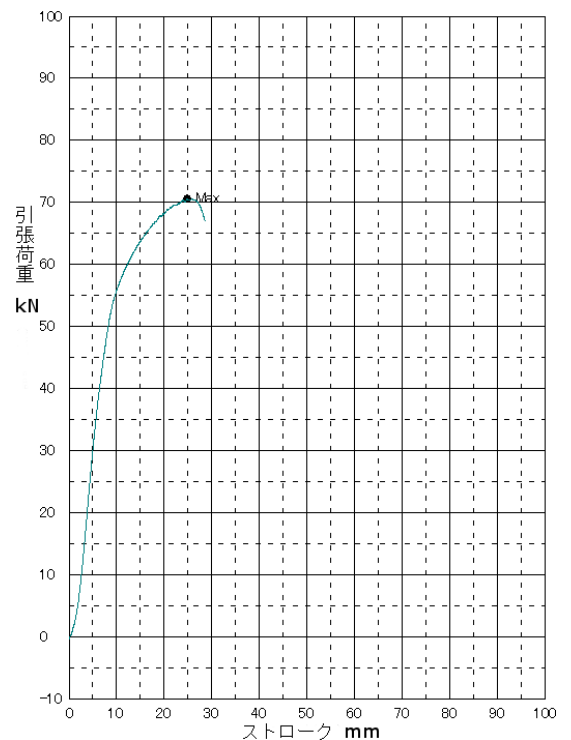


図 5 引張荷重 - ストローク線図

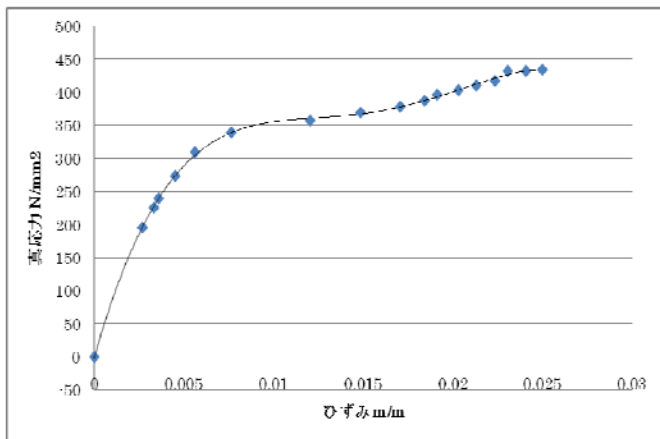


図 6 真応力-ひずみ線図



図 7 設定画面

2.3 非線形構造解析

引張試験から得られた黄銅の真応力 - ひずみ線図をもとに、NEiNastran を用いて非線形構造解析を行った。

線形構造解析と同様に、計算時間を短縮するためにモデルの 1/4 を用いて計算を行った。また、フランジ厚を 24mm から 28mm まで 1mm ずつ変えて解析を行った。拘束条件及び荷重については、線形構造解析と同様である。

要素分割は、応力集中部では一辺が 0.5mm、それ以外の部分では一辺が 3mm の四面体二次要素で行った。

非線形構造解析の結果を表 2 に、設定画面を図 7 に示す。

この結果から、いずれのフランジ厚の場合でも最大ミーゼス応力値が最大引張荷重 70.8kN における最大公称応力値 $4.60 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ よりも低い値であるので、破壊までには至らないと考えられる。

表 2 非線形構造解析の結果

フランジ厚 [mm]	最大ミーゼス応力 [N/m ²]	最大変位 [mm]
24mm	4.45×10^8	0.244
25mm	4.26×10^8	0.229
26mm	4.12×10^8	0.215
27mm	3.99×10^8	0.202
28mm	3.89×10^8	0.191

3. おわりに

一般的に製品の設計においては、応力が降伏点や 0.2%耐力を越えないようにするのが基本であるが、応力集中部において降伏点や 0.2%耐力を越える領域が生じる場合がある。今回の事例では、ミーゼス応力が材料の 0.2%耐力を越えた領域について詳細な評価を行うために非線形構造解析を行った。このような解析は、応力集中部において局所的にひずみが残るだけなのか、あるいは破壊まで至るのかといった評価に有効である。

最後に、助言、ご指導いただきました岩本剛広島大学大学院工学研究院准教授、ご協力いただきました企業担当者、当センター職員の方々に深く感謝いたします。

また、本研究の実施に際して使用した構造解析ソフトウェア NEiNastran は財団法人 JKA の自転車等機械工業振興事業に関する補助金により整備したものであることを記し、関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 岸正彦、構造解析のための有限要素法実践ハンドブック(2006)、p108-117、森北出版
- (2) 石川覚志、＜解析塾秘伝＞非線形構造解析の学び方！－非線形有限要素法を正しく使うために必要な基礎知識－(2012)、p33-88、日刊工業新聞社