連載講座 ものづくり技術と機械設計, そして設計力とは —3D CAD の真の活用に向けて— (第4回)

部品単体の3D CAD 設計実務(鑄造品・スプリング・吊り金具)

Basic Useful for 3D CAD

田中 允忠

Yoshitada TANAKA

◎小松工業高等学校機械科卒業, 機械メーカーで技術部・営業に従事, 有限会社ティンディを設立代表に就任, 3DCAD・CAE を駆使して各種機械・装置の開発に貢献, その傍らで, 福井大学の学生を中心に3DCAD・CAE 解析の教育一助に取り組む, 3DCAD・CAE 解析の普及に尽力。
◎(有)ティンディ 代表取締役
(〒923-0965 石川県小松市串町東112/E-mail: tcd4738@lily.ocn.ne.jp)

1. はじめに

今回の連載の内容は, 鑄造品とスプリングと吊り金具を3D CAD で作成する方法を説明することおよび寸法表等を提供する。鑄造品の項では, 多数のフィレットを付ける手数を少なくする方法を説明すること・鑄造品フィレットの寸法決定法を説明すること・鑄造解析初期段階を説明する, スプリングの項では, 圧縮スプリングと引っ張りスプリングの作成手順とCAE 解析ソフトを使って荷重・撓み・応力を計算した実例を説明する, 吊り金具の項では, アイボルトの作成手順とアイボルト寸法表を掲載することと吊り荷重 5kN~630kN の溶接吊り金具の寸法表とその吊り金具の溶接部のCAE 解析の結果を説明する。

2. 鑄造品

2.1 鑄造品の作成手順

鑄造品では, フィレットが多数ついているが, 3D CAD でモデルを作成するときは, すべてのフィレットを付ける面倒な作業をやり遂げることが必要である。図1 鑄造品モデル作成手順で示すように3D CAD ソフトの場合, ミラー機能があり, その機能を有効に使うことで, フィレットが多いモデル作成を簡単にすることができる。つまり, 1/4 モデルですべてのフィレットを完成させておけば, そのフィレットを含めてミラーさせれば, ソフト内でフィレットを自動で完成させることができる。図1の事例の場合はフィレットを指示する箇所は112箇所あるが, ミラー機能を使えば1/4の28箇所の指示で良い。

2.2 鑄造品フィレット

図2「鑄造品フィレット決定表」にフィレット寸法の決

(1) モデル押し出し (1/4)

(2) フィレット指示

(3) ミラー機能で1/4分拡大

(4) ミラー機能で1/2分拡大

図1 鑄造品モデル作成手順

定式を示す。この表は『部品設計の基礎シリーズI』(日経BP社)を参考にして作成したものである。実際にフィレットを決定するときは厳密に運営するのではなく, 一つ部

<p>L字丸み角付フィレット</p>	$r = \frac{T+t}{2}$ $R = 2r$
<p>L字角付フィレット T/t=1.5 以下の場合</p>	$r = \frac{t+T}{4} + 5$
<p>L字角付フィレット T/t=1.5 以上の場合</p>	$L1 = 4(T-t)$ $L2 = T-t$ $R = \frac{T}{3}$
<p>T字フィレット t/T=1.5 以下の場合</p>	$r = \frac{t}{2} \text{ または } \frac{T}{3}$
<p>T字フィレット t/T=1.5 以上の場合</p>	$L1 = 2(T-t)$ $L2 = \frac{T-t}{2}$
<p>T字フィレット T/t=1.5 以下の場合</p>	$r = \frac{t}{2} \text{ または } \frac{T}{3}$
<p>T字フィレット T/t=1.5 以上の場合</p>	$r = \frac{t}{2} \text{ または } \frac{T}{3}$ $L1 = 2(T-t)$ $L2 = \frac{T-t}{4}$

図2 鋳造品フィレット決定表

図3 凝固状態解析 (不具合箇所あり)

図4 凝固状態解析 (不具合解消モデル)

品では、フィレットを統一する方が鋳造品を製作するには、埋め込む型を作る作業が楽になるので、考慮してフィレットを決めるとよい。

2.3 鋳造品の湯流れと巣の有無の解析ソフト

鋳造品の場合は、巣が多々発生することがある。その巣の問題を解決するのは、鋳造担当企業か鋳造品担当者が湯口および湯道の数・形状・位置等を検討して巣ができた方法の経験知識を駆使して解決している。その対策は巣ができないように安全側に施すために、湯口および湯道を必要以上に多く付けたり、巣が発生して再鋳造して、鋳造品の製作費が高くなっていることが間々ある。そこで、図3、4 鋳造品凝固解析説明図で示すように、鋳造品の3Dモデルを完成した後に、鋳造品解析ソフトで凝固状態を分析して、問題のない構造を採用するようにするとよい。図3「凝固状態解析 (不具合箇所あり)」では、十字リブ形状となっているが、図4「凝固状態解析 (不具合解消モデル)」では、リブ形状はT字形状としている。

鋳造品の構造と寸法が決まれば、図5「鋳造状態」で示すように、湯口・湯道を追加して、鋳造湯の流れ状態を見ることができるソフトで湯の流れを解析する。

本書では、湯口・湯道の数・形状・寸法等を最適なものにすることは非常に難しいので、鋳造湯の流れを分析する解析ソフトを説明する方法・結果等を説明することを控えるものとする。

この鋳造解析の使用実績は石川県工業試験場の機械金属部が(担当者: 藤井専門研究員)多く積み重ねているので、直接問い合わせることを勧める。

図5 鋳造状態(湯口・湯道付)

3. スプリング

本項では、圧縮スプリングの作成手順と引張りスプリングの作成手順およびCAE解析を使い、撓み・荷重・応力を計算させた結果を説明し、CAE解析ソフトの使用有効性を読者に把握してもらうものとする。

3.1 圧縮スプリング

図6「圧縮スプリング作成手順説明図」に手順を示す。

3.2 引張りスプリング

図7「引張りスプリング作成手順説明図」に手順を示す。

3.3 スプリング単体でのCAE解析

スプリングの3Dモデルを使ったCAE解析の荷重と撓みと応力を計算させた値とスプリングの計算式から計算した値と比較すると、ほぼ同等の値になる。ただし、解析時に表示された切断応力を入れて計算したとの条件が付く。計算式で計算する場合は切断応力を式に適宜決めて入れて計算するのが設計の現状である。スプリングの巻き径と断面形状・寸法・巻数を同じくして、巻きピッチを変更したスプリングをCAE解析して比較して試みると両方のスプリングの撓み・荷重・応力を比較すると異なっている。この問題は今後、福井大学と研究班を立ち上げて研究する。3Dモデルを使って荷重・撓み切断応力を求めることは実用上の値であると考えられるので、より実務的で有益である。図8「解析用モデルのスプリングの寸法図」を示し、図9「スプリングCAE解析結果」を示す。この事例は矩形断面のスプリングであるが、テストで丸断面スプリングあるいは、引張りスプリングの場合も計算式のおける数値とCAE解析の数値とを比較することを試みたが同じであった。

4. 吊り金具

4.1 吊りボルト

図10「アイボルト作成手順説明図」に作成手順を示す。

表1「アイボルト寸法表」に各部寸法と吊り上げ荷重(この寸法表はタキゲン製造(株)のカタログより抜粋した)を示す。表に載っている各種のアイボルトを一度にまとめて作成すれば、数時間で作成することができるので、まとめて作成して設計業務に生かすといふ。

4.2 溶接用吊り金具

大きく重い溶接構造物設計する場合は、溶接吊り金具を

(1) 中心線・スプリング断面・ピッチ・巻数の指示

(2) スプリング作成

(3) 端面の座面切断

(4) 他端面の座面切断(完成)

図6 圧縮スプリング作成手順説明図

付ける必要がある。表2「溶接用吊り金具寸法表」にて吊り金具の寸法と溶接寸法と解析結果と解析荷重を提供する。

CAE解析の条件は、図11「CAE解析用モデル」で示す「解析固定」は台座の底面を固定する。XYZの成分にそれぞれ荷重をかけるが、XとZとの間は45度になることとZとYとの間はZ方向から15度になるようにXYZの各部に与える荷重を決めて、解析を行った。各形式の吊り金具のXYZの荷重は表2に示した値である。その結果を図12「溶接用吊り金具解析結果(L0300)」に示している。それ以外の各形式の応力は表2に示す。CAE解析はメッシュ

(1) 中心線・スプリング断面・ピッチ・巻数の指示

(2) スプリングモデル作成

(3) 引っ掛け部 3D スケッチ・線形断面寸法の指示

(4) 引っ掛け部モデル作成

(5) スプリング本体と引っ掛け部の組立

図7 引張りスプリング作成手順説明図

図8 解析用モデルのスプリングの寸法図

A: MG C904 1.5.1 PA02
全量形量
タイプ: 全量形量
単位: mm
時間: 1
2010/06/23 11:52

10.028 Max
6.914
7.7098
6.6995
5.5719
4.457
3.3486
2.2255
1.1143
0 Min

0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 (mm)

図9 スプリング CAE 解析結果 (撓み: 10mm, 荷重 54.2N, 応力 402MPa)

(1) リング作成

(2) ボス作成

(3) ネジ押し

(4) 面取り

(5) ネジ作成

図10 アイボルト作成手順説明図

表1 アイボルト寸法表

ネジ径 (M:mm)	ネジ長さ (L:mm)	リング大きさ (H1:mm)	リング中心高さ (H2:mm)	リング外径 (D1:mm)	リング内径 (D2:mm)	リング線径 (D3:mm)	台座径 (D4:mm)	垂直吊り荷重 (kN)
8	15	33.3	17	32.6	20	6.3	16	0.79
10	18	41.5	21	41	25	8	20	1.47
12	22	51	26	50	30	10	25	2.16
16	27	60	30	60	35	12.5	30	4.41
20	30	71	35	72	40	16	35	6.18
22	34	84	43	81	44	18	40	7.35
24	38	90	45	90	50	20	45	9.32
30	45	110	55	110	60	25	60	14.7
36	55	131.5	65	133	70	31.5	70	22.6
42	65	150.5	75	151	80	35.5	80	31.9
48	70	170	85	170	90	40	90	42.3
64	90	210	105	210	110	50	110	84.7
80	105	263	130	266	140	63	130	141
100	130	336	165	340	180	80	100	188

表2 溶接用吊り金具寸法表

吊り金具 (MG 0904 1_6_3 Dia_01)

形番	吊り重量 (kN)	幅: A (mm)	厚み: T (mm)	円弧寸 法: R (mm)	立ち上がり: 高さ: h (mm)	穴の高 さ: H (mm)	吊り穴 径: d (mm)	開先角 度: a (°)	開先奥 行き: S (mm)	肉盛り 幅: L (mm)	肉盛り 高さ: L1 (mm)	開先区分	解析最 大応力 (Mpa)	X方向 の荷重 (kN)	Y方向 の荷重 (kN)	Z方向 の荷重 (kN)
L0005	5	60	9	25	10	35	25	35	6	6	4	片開先	94	-3.5	0.9	3.5
L0010	10	75	12	32.5	15	40	30	35	8	6	6	片開先	134	-6.9	1.9	6.9
L0020	20	100	16	45	15	50	40	35	6	6	4	両開先	174	-13.9	3.7	13.9
L0060	60	150	25	65	45	70	55	35	9	6	6	両開先	214	-41.7	11.2	41.7
L0100	100	180	32	80	45	80	70	35	11	6	8	両開先	284	-69.5	18.6	69.5
L0150	150	220	40	95	45	90	70	35	14	6	10	両開先	211	-104.2	27.9	104.2
L0250	250	250	50	110	55	110	80	35	17	6	12	両開先	237	-173.7	46.6	173.7
L0300	300	250	60	110	60	115	80	30	20	10	12	両開先	254	-208.5	55.9	208.5
L0400	400	270	70	120	60	120	85	30	24	10	14	両開先	260	-277.9	74.5	277.9
L0500	500	290	80	130	65	125	95	30	27	10	16	両開先	278	-347.5	93.1	347.5
L0630	630	320	100	140	65	135	105	30	34	10	20	両開先	284	-437.8	117.3	437.8

図11 CAE解析用モデル

の大きさで応力が大きく異なることがあるので、本解析はメッシュの大きさを10mmに統一させたうえで解析をした。その応力は最大主応力で78~278MPaの範囲になって

L: MG 0904 1_6_3 L0900 AS
最大主応力
形状: 最大主応力
単位: MPa
時間: 1
2010/06/23 11:35

0.00 50.00 100.00 (mm)
25.00 75.00

図12 溶接用吊り金具解析結果 (L0300)

おり、降伏点近くなっている。

5. 次回の予告

今回は購入品・梯子・階段・配管継手について3D CADでモデル作成する方法を説明する。購入品はモーター・ベアリングユニット・減速機等について説明するが、概略外形と取付寸法が把握できることに重きをおき、モデルを作成することとする。梯子・階段は簡単に寸法が変更できるようなモデルを作成できる方法を説明する。配管継手は、配管図にも展開できる方法まで説明するものとする。