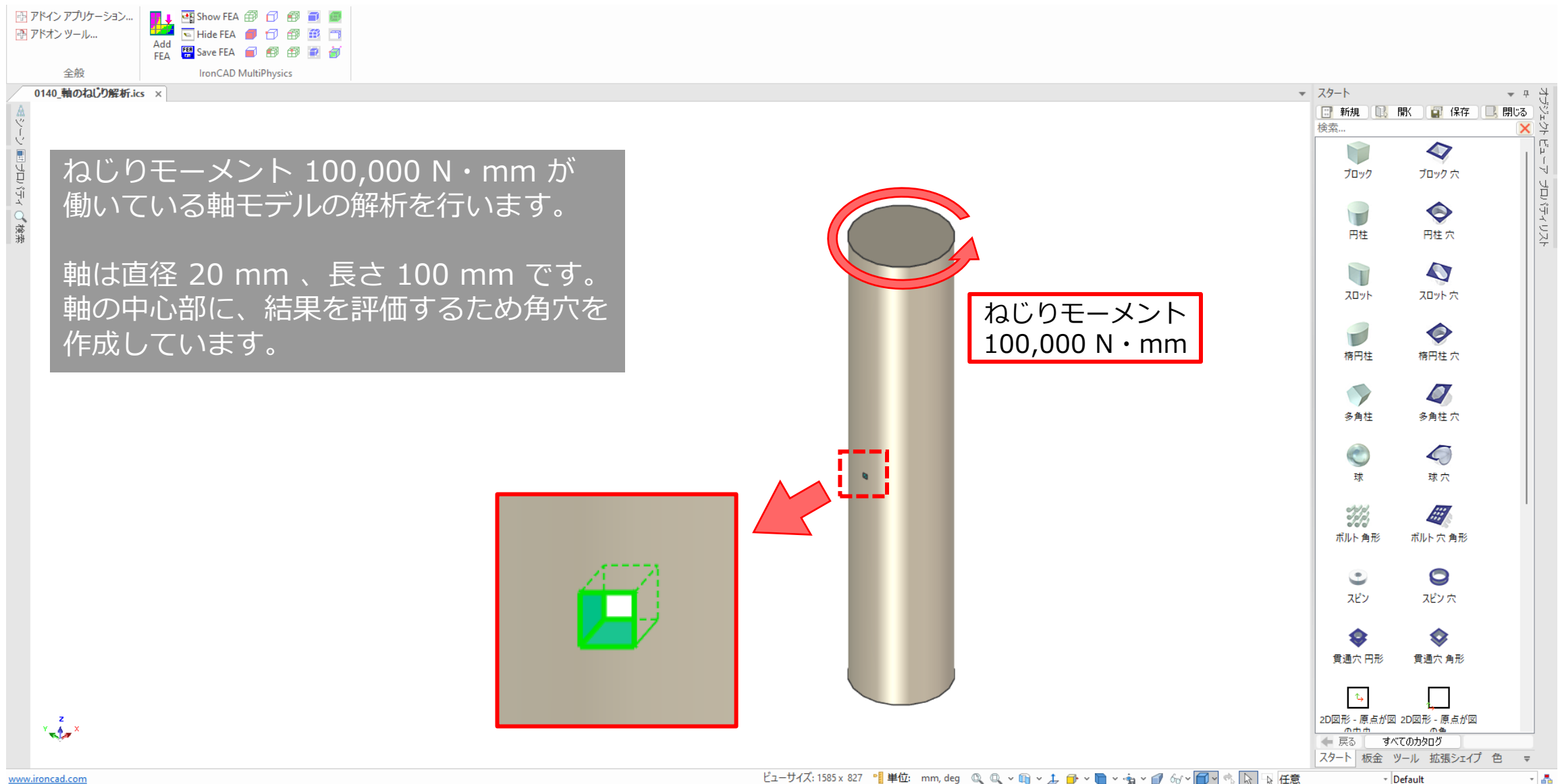


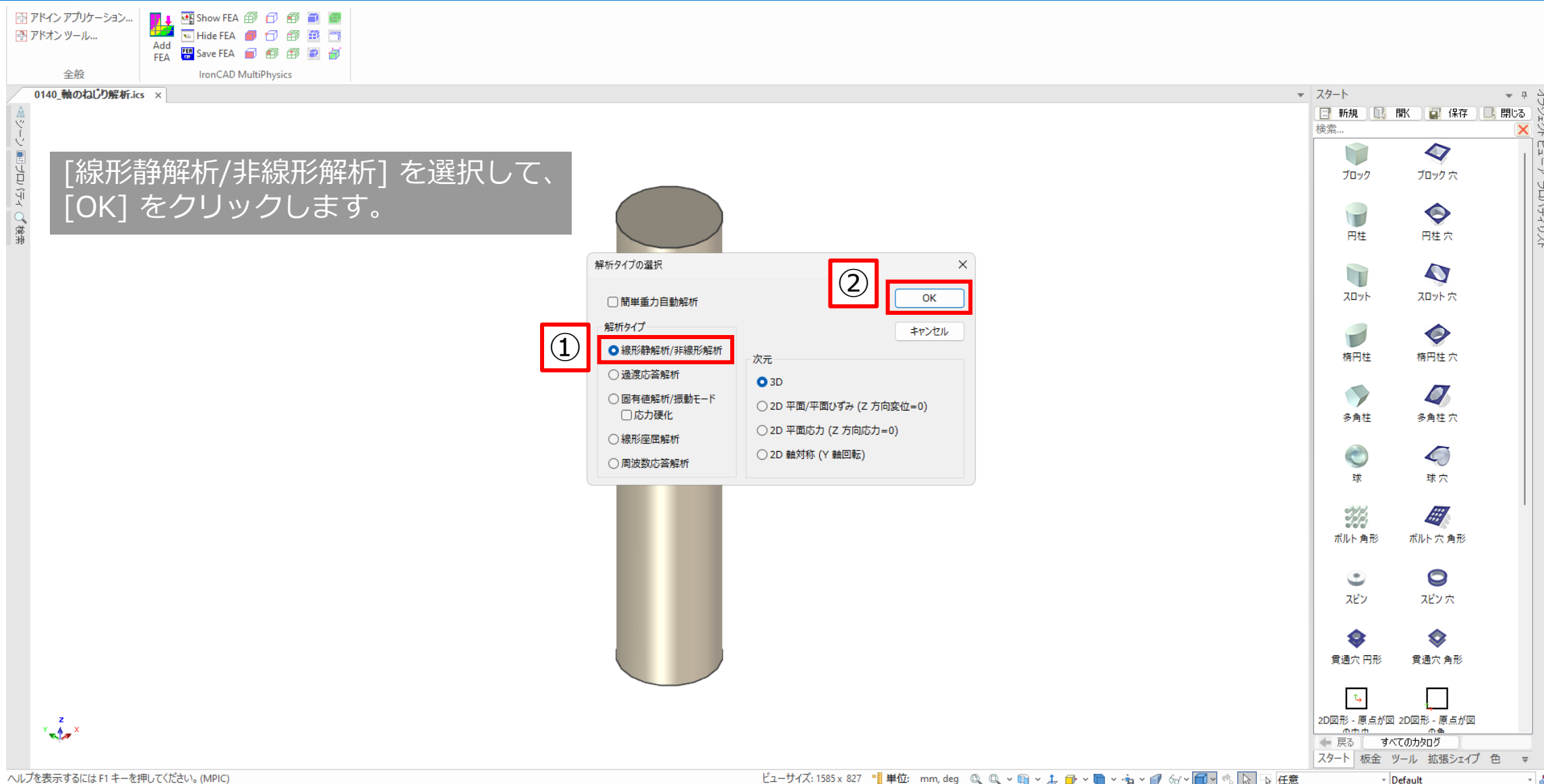
線形静解析 – 軸のねじり解析



Step 01 線形静解析 - 軸のねじり解析 > 解析設定



Step 01 線形静解析 - 軸のねじり解析 > 解析設定



Step 01 線形静解析 - 軸のねじり解析 > 解析設定

0140_軸のねじり解析.jcs x

物理タイプで [応力] を設定します。

解析: 静解析 s
モデル - mMKs
(1) s-Select Material Name
?? 拘束
?? 負荷
?? メッシュ
?? 結果

解析

自動解析 同期

Title

物理タイプ

☒ 応力 ☐ 電気

☐ 熱伝導 ☐ 伝導

☐ 流体 ☐ 誘電

☐ 最小二乗熱オプション(熱流体)

☐ マルチステップ ☐ 大変形

仮想時間

開始 0

終了 1

インクリメント 1

インクリメント設定: 0

オプション

Adv: Cvg 5%: Step

Sim 15

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

ビューサイズ: 1585 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

creative machine

Step 02 線形静解析 - 軸のねじり解析 > 単位、材料設定

解析ツリーのモデルを選択後、
表示されたモデルページで [単位設定]
をクリックします。
ここで荷重を N、質量を kg に設定
します。

※長さ単位は CAD で使用している
単位に合わせます。

単位設定

既定の単位系: Metric-mMKS

記号		係数	ユーザー定義/プリセット
長さ	mm	= Meter 0.001	mm
荷重	N	= Newton 1	N
質量	kg	= Kilogram 1	kg
エネルギー	J	= Joule 1	J
時間	s	= Second 1	s
電位	V	= Volt 1	V
電流	A	= Ampere 1	A
温度			C

Using $F=M*a/Gc$, where $Gc = 1000.000000$ (N * s^2)

定数 ユーザー定義として保存 **OK** キャンセル

① Multiphysics FEA

解析: 静解析 s

モデル - mMKS

(1) s-Select Material Name

?? 拘束

?? 負荷

?? メッシュ

?? 結果

⑤

モデル

✓ ✕ 自動解析 同期

パーツの長さ単位: mm

材料

材料の新規追加

未使用材料の削除

単位

Unit System: Metric-mMKS

単位設定 mm N kg s

無効パーツの非表示

表示の有効 + 非表示の無効

☐ ソリッド面にシェルを作成

② Sim 15

Step 02 線形静解析 - 軸のねじり解析 > 単位、材料設定

0140_軸のねじり解析.jcs x

材料設定をします。
ライブラリにある JIS Steel の
SS400 を設定します。

Multiphysics FEA

解析: 静解析 s
モデル: mMKSユーザー設定
(1) s-SS400
?? 拘束
?? 負荷
?* メッシュ
?* 結果

材料

ライブラリ: AFEMaterial
種類: JIS Steel
名前: SS400

材料物理タイプ
☒ 応力
☐ 電気
☐ 熱伝導
☐ 流体

剛体
☐ 剛体
☐ 1つの剛体としてグループ化
☐ 定義された重心を使用

ボディの更新
総数: 1
関連データ
シールド板厚: 1 mm

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

creative machine

0140_軸のねじり解析.ics

拘束条件を設定します。
[固定/回転] を選択します。

①

②

解析: 静解析 s
モデル - mMKユーザー設定
(1) s-SS400
?? 拘束
?? 負荷
?* メッシュ
?* 結果

拘束

自動解析 同期

応力

固定/回転 速度

剛体拘束 剛体結合

熱伝導

温度 電気

電圧

流体

速度/渦度/圧力 流入

流出

拘束オプション

バネ ダンパー 質量

結合/接着 剛体回転 表面接触

Sim 15

ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg 面/エッジ/頂点 (FEV) Default

F1 キーを押すとヘルプを表示します。

0140_軸のねじり解析.ics x

軸の底面を完全拘束します。

①

②

固定/回転

変位

単位 mm

方向 使用 変位

X ☒ 0

Y ☒ 0

Z ☒ 0

全体座標 (XY, v)

対象

F 3: 20_軸のねじり

面/エッジ/頂点 (FEV) Default

を定義するエンティティを選択します。

面の面積: 314.159 mm² 半径: 10.000 mm ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

Show FEA
Add FEA
Hide FEA
Save FEA
IronCAD MultiPhysics

全般

0140_軸のねじり解析.jcs x

シーン
モデル
検索

負荷条件を設定します。
[荷重/圧力] を選択します。



Multiphysics FEA

解析: 静解析 s
モデル - mMKSCユーザー設定
(1) s-SS400
拘束
固定/回転 PX0Y0Z0
① 負荷
メッシュ
結果

②

負荷
自動解析 同期
応力
荷重/圧力 垂直圧力
剛体荷重 静水圧
熱伝導
熱流束
輻射 対流
輻射形態
電気
電流 電荷
流体
流体圧力
加速度 遠心力
☐ 負荷なし

Sim 15

ヘルプを表示するにはF1キーを押してください。(MPIC)

面の面積: 314.159 mm^2 半径: 10.000 mm ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

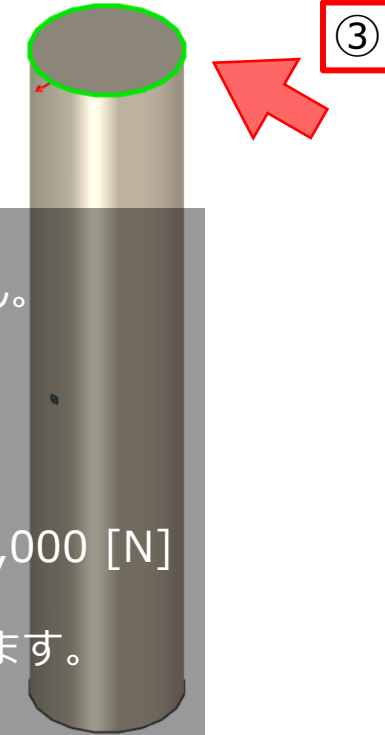
任意 Default

creative machine

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics



MPIC のソリッド解析では、
モーメントを設定することができません。

ねじりモーメント 100,000 N・mm を
荷重に置き換えます。

軸の半径は 10 mm なので、
 $100,000 \text{ [N} \cdot \text{mm]} \div 10 \text{ [mm]} = 10,000 \text{ [N]}$

荷重 10,000 N を軸のエッジに設定します。
座標系を [円筒座標] に設定します。

Multiphysics FEA

- 解析: 静解析 s
 - モデル - mMKSCユーザー設定
 - (1) s-SS400
 - 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
 - ?? 負荷
 - 荷重/圧力 10000 N
 - ?* メッシュ
 - ?* 結果

荷重/圧力

① ☒ 荷重 ☐ 圧力

☐ モーメント ☐ 線圧力

② 10000 N

方向の反転 方向成分の設定

R= 1.0000 Th= 0.0000 H= 0.0000

④ 円筒座標 座標系の設定

対象

E 28: 20_軸のねじ

Sim 15

面/エッジ/頂点 (FEV) Default

0140_軸のねじり解析.jcs x

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

全般
IronCAD MultiPhysics

Show FEA
Add FEA
Hide FEA
Save FEA

シーン
モデル
検索

荷重の方向を Th 方向にします。



方向成分の設定

R 1
Th 0
H 0

R Th H

OK キャンセル

Multiphysics FEA

解析: 静解析 s
モデル - mMKユーザー設定
(1) s-SS400
拘束
固定/回転 PX0Y0Z0
負荷
荷重/圧力 10000 N
メッシュ
結果

荷重/圧力

自動解析 同期

荷重 圧力
モーメント 線圧力

10000 N

方向の反転 方向成分の設定

R= 1.0000 Th= 0.0000 H= 0.0000

円筒座標 座標系の設定

対象
E 28: 20_軸のねじ

①

②

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

エッジの長さ: 62.832 mm 半径: 10.000 mm ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

creativemachine

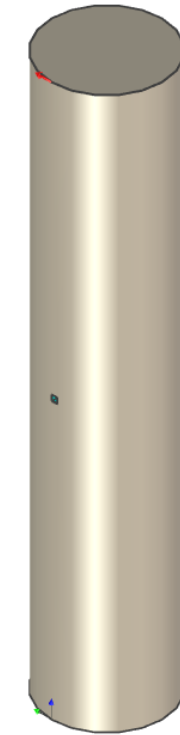
アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

全般

Show FEA
Add FEA
Hide FEA
Save FEA
IronCAD MultiPhysics

0140_軸のねじり解析.jcs x

[詳細メッシュ設定] を行います。



Multiphysics FEA

- 解析: 静解析 s
 - モデル - mMKユーザー設定
 - (1) s-SS400
 - 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
 - メッシュ (1) ①

メッシュ

自動解析 同期

メッシュの生成 メッシュのオン/オフ ログ

詳細メッシュ設定

メッシュ: なし ②

グループ化しないボディ

☒ 結合 ☐ 独立

結合グループの追加

独立グループの追加

Sim 15

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

エッジの長さ: 62.832 mm 半径: 10.000 mm ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg 任意 Default

0140_軸のねじり解析.jcs x

[メッシュの生成] をします。
メッシュサイズは 2 mm に設定します。

メッシュの生成

形状
☐ 2D (XY)
☐ 3D サーフェス/シェル
☒ ソリッド

メッシュの種類
四面体要素

粗い 3.5 細かい

メッシュサイズ
2

概算要素数 118930

☒ 曲面メッシュの詳細設定を使用 (全体)

曲面詳細比 0.3

最小サイズ 0

オプション
規定値

生成 保存のみ キャンセル

Multiphysics FEA

解析: 静解析 s
 モデル - mMKSユーザー設定
 (1) s-SS400
 拘束
 固定/回転 PX0Y0Z0
 負荷
 荷重/圧力 10000 N
 ?* メッシュ
 詳細 S = 1 mm
 ?* 結果

メッシュ

①

メッシュの生成

メッシュのオン/オフ

ログ

詳細メッシュ設定

メッシュ: なし

グループ化しないボディ
☒ 結合 ☐ 独立

結合グループの追加

独立グループの追加

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

面の面積: 39.967 mm² 角度: 90.000 deg ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

creative machine

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

全般

Show FEA
Add FEA
Hide FEA
Save FEA
IronCAD MultiPhysics

[メッシュの生成] が完了したので、
結果ページの [解析] をクリックし、
解析実行します。

Multiphysics FEA

- 解析: 静解析 s
 - モデル - mMKSCユーザー設定
 - (1) s-SS400
 - 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
 - 負荷
 - 荷重/圧力 10000 N
 - メッシュ (節点: 8553 要素: 43223 サイズ: 2) mm
 - 詳細 S = 1 mm
 - 結果** (①)

②

結果

自動解析 同期

解析 結果の読み込み ログ

スケール = オフ
設定 オン/オフ スケールアニメ

コンタ
設定 オン/オフ

調査
節点 要素 プロット 積分

ベクトル/流線
設定 ☐ ベクトル/凡例表示 ☐ 流線表示

オプション レポート作成

疲労解析 疲労結果の読み込み

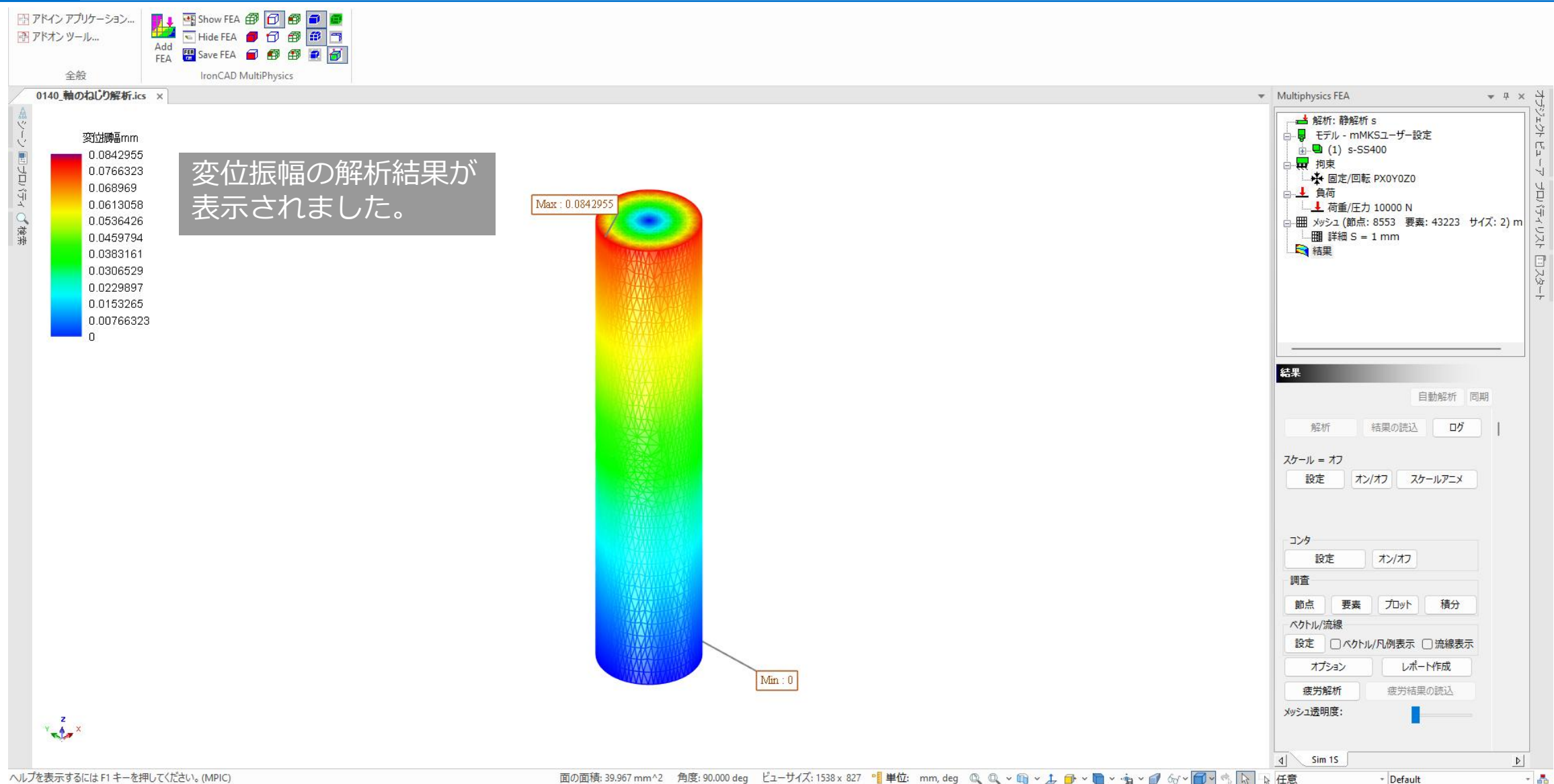
メッシュ透明度:

Sim 15

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

面の面積: 39.967 mm² 角度: 90.000 deg ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意 Default



アドイン アプリケーション...

アドオン ツール...

Show FEA

Hide FEA

Save FEA

全般

IronCAD MultiPhysics

0140_軸のねじり解析.jcs

変位幅mm

0.0842955

0.0766323

0.068969

0.0613058

0.0536426

0.0459794

0.0383161

0.0306529

0.0229897

0.0153265

0.00766323

0

Max: 0.0842955

Min: 0

コンタ表示を
Y 方向変位に切り替えます。

②

③

①

コンタの表示

コンタの種類

Y 方向変位

単位

mm

コンタの範囲

☒ 結果から自動設定

☐ 最終ステップの範囲に設定

☒ すべての結果から

☐ 表示要素のみ

最大 0.0842955

最小 0

☐ 範囲内のコンタ要素のみ

コンタの表示

☒ グラデーション

☐ 純色

要素結果の詳細

シェル要素

凡例と注釈

数値

最適

色

位置/サイズ

☒ 最大値に注釈

☒ 最小値に注釈

☐ 注釈を残す

オフ

<-- 非表示の割合 -->

99.5

☐ コンタ上位を非表示

OK

表示プレビュー

キャンセル

Multiphysics FEA

解析: 静解析 s

モデル - mMKSユーザー設定

(1) s-SS400

拘束

固定/回転 PX0Y0Z0

負荷

荷重/圧力 10000 N

メッシュ (節点: 8553 要素: 43223 サイズ: 2) mm

詳細 S = 1 mm

結果

結果

自動解析 同期

解析 結果の読み込み ログ

スケール = オフ

設定 オン/オフ スケールアニメ

コンタ

設定 オン/オフ

調査

節点 要素 プロット 積分

ベクトル/流線

設定 ☐ ベクトル/凡例表示 ☐ 流線表示

オプション レポート作成

疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度:

Sim 15

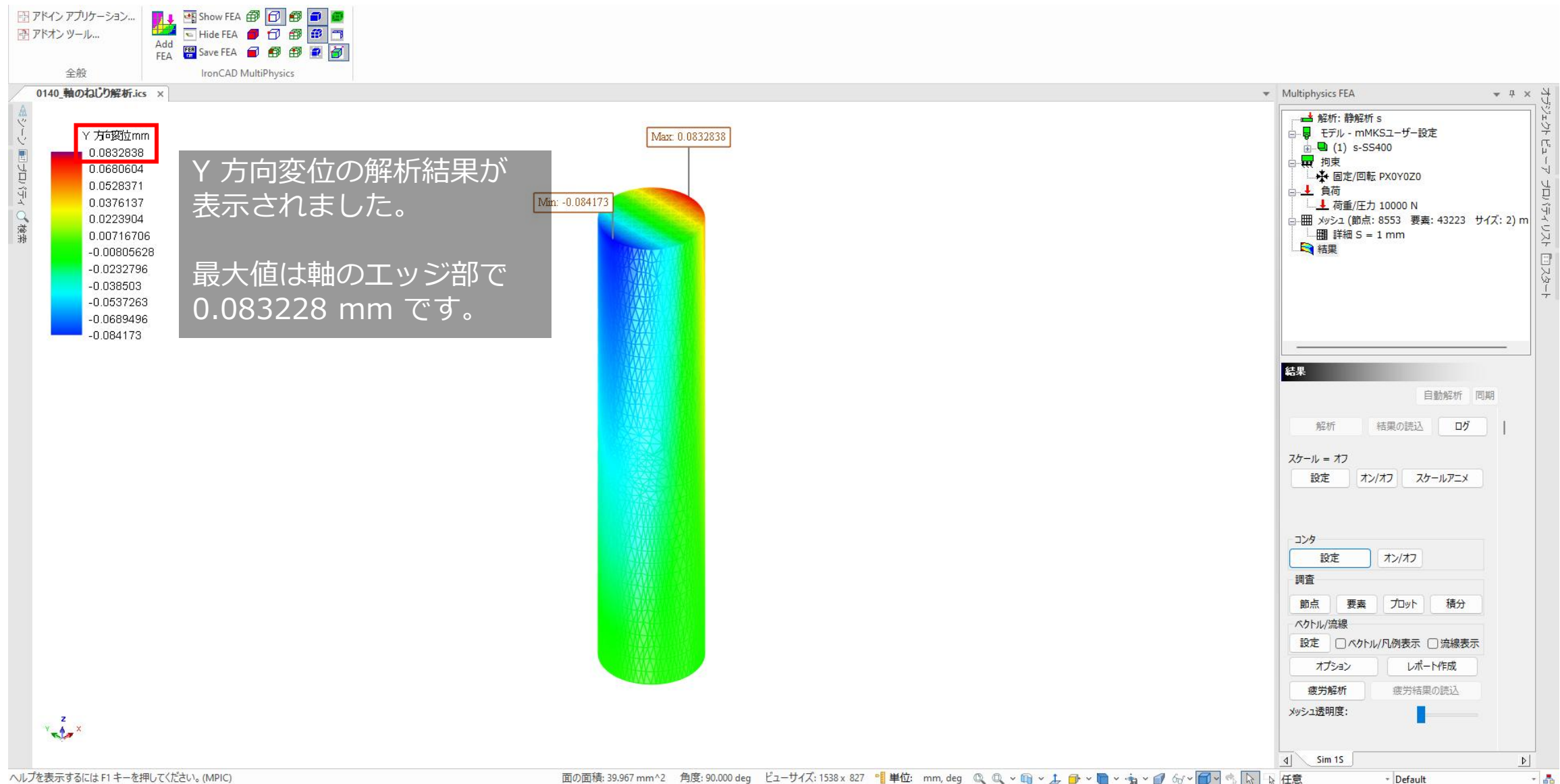
ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

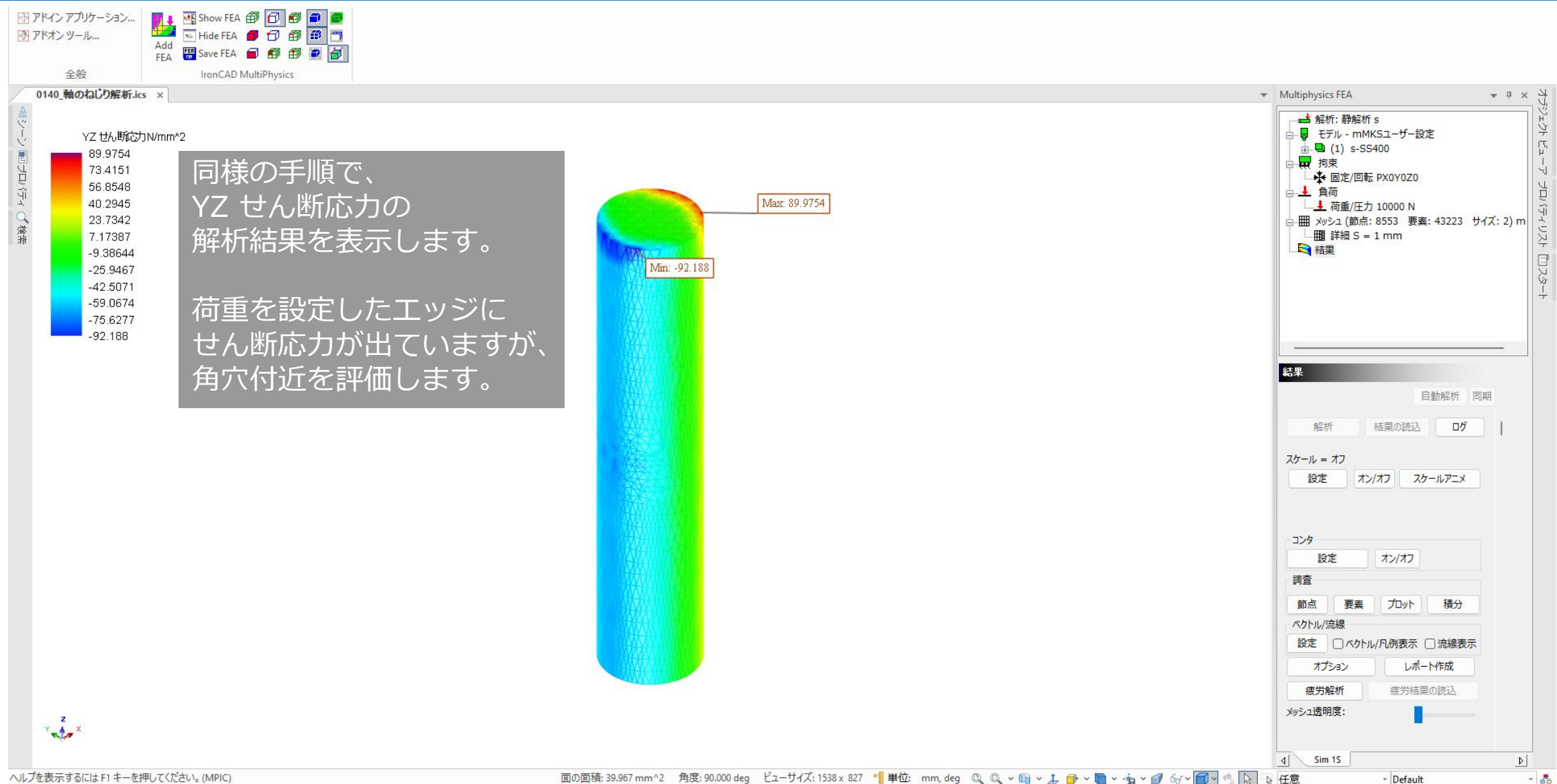
面の面積: 39.967 mm^2 角度: 90.000 deg ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意

Default

creativemachine





コンタの [オン/オフ] をクリックし、メッシュ表示に切り替えます。

アドインタブにあるメッシュのエッジ選択を使用して、角穴のエッジを選択します。

[プロット] ボタンをクリックします。

0140_軸のねじり解析.jcs x

Multiphysics FEA

解析: 静解析 s
モデル - mMKSCユーザー設定
(1) s-SS400
拘束
固定/回転 PX0Y0Z0
負荷
荷重/圧力 10000 N
メッシュ (節点: 8553 要素: 43223 サイズ: 2) mm
詳細 S = 1 mm
結果

結果

自動解析 同期

解析 結果の読み込み ログ

スケール = オフ
設定 オン/オフ スケールアニメ

コンタ
設定 オン/オフ

調査
節点 要素 **プロット** 積分

ベクトル/流線
設定 ☐ ベクトル/凡例表示 表示

オプション レ

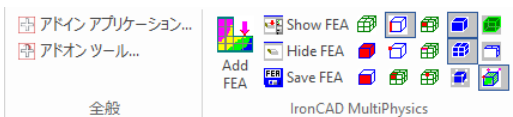
疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度:

4 Sim 15

www.ironcad.com 面の面積: 39.967 mm^2 角度: 90.000 deg ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg 任意 Default

creativemachine

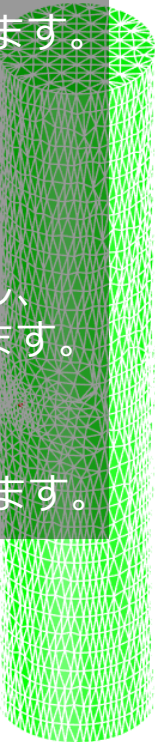


Y 軸で YZ せん断応力を選択し、
[方向に沿うプロット] にチェックを入れます。

方向が X = 1 であることを確認し、
[プロット] をクリックします。

この設定で、選択した角穴のエッジに対し、
各節点の YZ せん断応力をプロットできます。

[Options] から、グラフに関する設定と、
データを csv 形式で出力することができます。



④

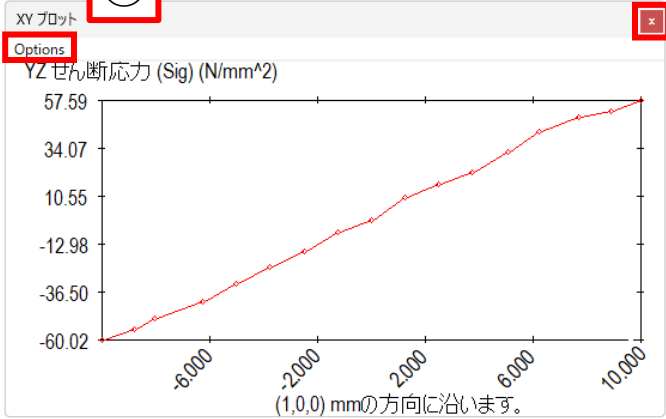
⑤

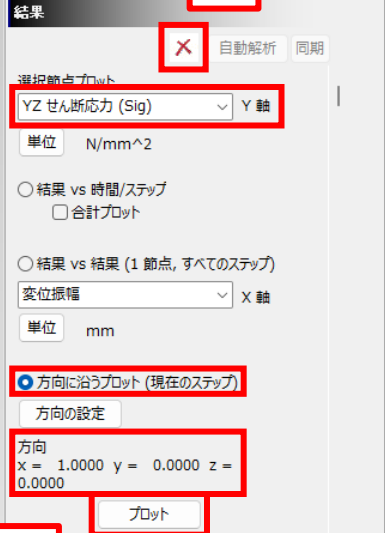
⑥

①

②

③





アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics

①

アドインタブにある断面の表示/非表示を使用して、円柱の断面を表示します。

Shift キーを押しながらボタンをクリックすると、ダイアログが表示されます。

方向 X、Y、Z にそれぞれ 0、0、1 と
位置 X、Y、Z にそれぞれ 0、0、50 を入力します。

[断面/表示の更新] ボタンで断面表示を更新し、
問題が無ければ [OK] ボタンをクリックします。

コンタの [オン/オフ] をクリックし、
コンタ表示に切り替えます。

②

断面の編集

	X	Y	Z
方向	0	0	1
位置 (mm)	0	0	50

クイック設定

反転 YZ XZ XY

④ OK ③ 断面/表示の更新 キャンセル

Multiphysics FEA

解析: 静解析 s

モデル - mMKSCユーザー設定

(1) s-SS400

拘束

固定/回転 PX0Y0Z0

負荷

荷重/圧力 10000 N

メッシュ (節点: 8553 要素: 43223 サイズ: 2) mm

詳細 S = 1 mm

結果

結果

自動解析 同期

解析 結果の読み込み ログ

スケール = オフ

設定 オン/オフ スケールアニメ

コンタ

設定 オン/オフ ⑤

調査

節点 要素 プロット 積分

ベクトル/流線

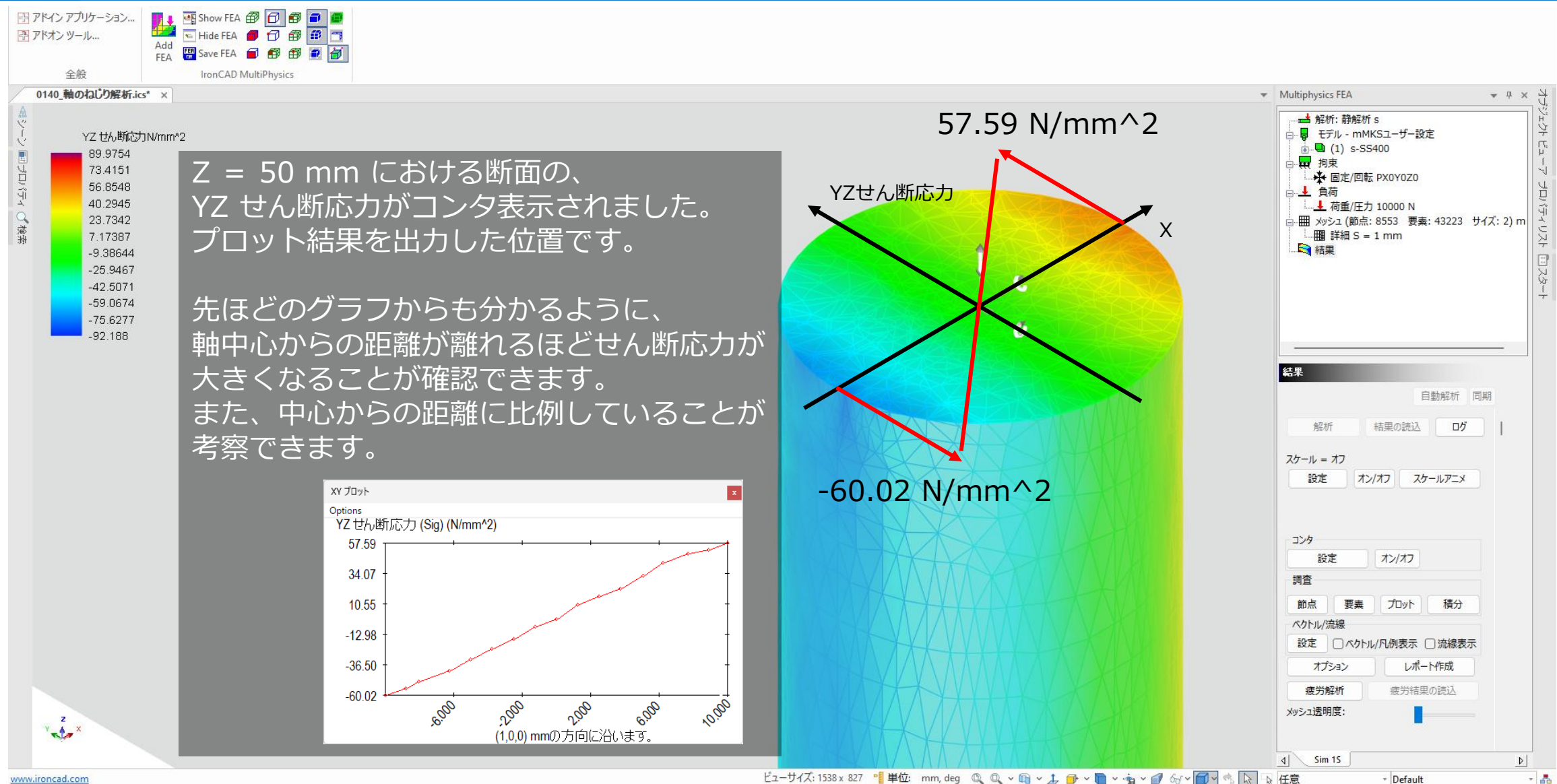
設定 ☐ ベクトル/凡例表示 ☐ 流線表示

オプション レポート作成

疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度:

Sim 15



Step 07 線形静解析 - 軸のねじり解析 > 理論値との比較

右図のような直径 d の丸軸を考えます。 φ はねじれ角、 l は長さです。
ねじりモーメント T が働いているときに、中心からの距離 r におけるせん断応力 τ は、

$$\tau = \frac{Tr}{I_p}$$

せん断応力は半径 r に比例していることが分かります。
また、 I_p は、断面二次極モーメントで、中実丸軸の場合、

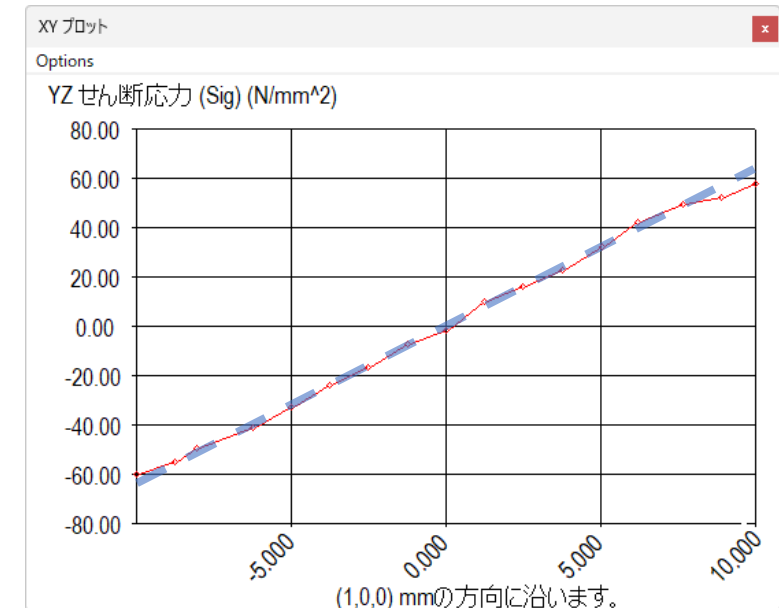
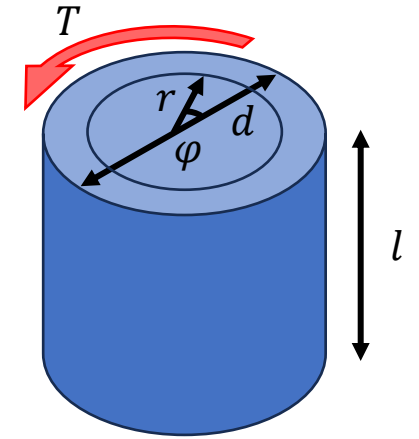
$$I_p = \frac{\pi}{32} d^4$$

解析した条件で、せん断応力の理論値を求めます。

r が 10 mm の場合、

$$\tau = \frac{Tr}{I_p} = \frac{T \cdot r \cdot 32}{\pi \cdot d^4} = \frac{100,000 \cdot 10 \cdot 32}{\pi \cdot 20^4} = 63.66 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

プロットしたグラフと理論値を比較すると、
多少の誤差はありますが、傾向は同じであることが確認できます。
(r が 10 mm のとき誤差 9.5%)



— : 理論値

Step 07 線形静解析 - 軸のねじり解析 > 理論値との比較

ねじれ角 φ は、

$$\varphi = \frac{Tl}{GI_p}$$

ここで、 G は横弾性係数で、等方性材料の場合、ヤング率 E とポアソン比 ν から導出できます。
今回使用した SS400 では、

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} = \frac{206,000}{2(1 + 0.3)} = 79,230.8 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

ねじれ角の理論値を求めます。

$$\varphi = \frac{Tl}{GI_p} = \frac{100,000 \cdot 100 \cdot 32}{79,230.8 \cdot \pi \cdot 20^4} = 0.008035 \text{ [rad]}$$

この時の周長 C を変形量の最大値と考えることができます。軸の半径が $d/2$ なので、

$$C = \frac{d}{2} \varphi = \frac{20}{2} \cdot 0.008035 = 0.08035 \text{ [mm]}$$

また、ねじりによる周長方向への変形は、微小であるため、 Y 方向の変形と近似できます。

Y 方向変位の解析結果は、エッジ部($l = 100$)において 0.083228 mm でした。
理論値との誤差が小さい結果であることが確認できます。(誤差 3.6%)

