

第32回 FrontISTR研究会

回転・トルク機能について

2016/11/28

三ツ星ベルト株式会社

徳田明彦

4. 回転変位・トルク荷重境界条件機能について

概要

- 回転の自由度を持たない連続体要素の節点グループに、回転やトルクの境界条件を簡単に与える。

- 解析制御ファイル(cnt)に、回転中心や回転軸、回転角、トルク値などの入力項目を新設。
 - 回転変位は、“!BOUNDARY”を用いる。
 - トルク荷重は、“!CLOAD”を用いる。

- FrontISTR Ver.5.0に実装予定

回転変位境界条件(設定)

□ 回転中心: 1節点を指定(節点番号、または節点グループ)

□ 回転軸・回転角度

- ベクトル $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ を指定。
- 回転軸は、 θ の方向(右ねじの向きが正回転)。
- 回転角度[rad]は、 θ の大きさ($\sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2}$)。

□ 回転変位を与える節点: 節点グループで指定。

回転変位境界条件（入力カード例）

- 中心節点グループ名「RC」、 $\theta=(3.14,0,0)$ の回転変位を節点グループROT_NODESに与える。

```
!BOUNDARY, ROT_CENTER=RC, GRPID=1
ROT_NODES, 1, 1, 3.14
```

対象節点グループ

拘束自由度(開始)

拘束自由度(終了)

拘束値

ROT_CENTER(今回新設)を指定した場合、その!BOUNDARYは回転変位境界条件となる。

- ROT_CENTERで指定する節点グループは、1つだけの節点からなるグループでなければならない。
- ROT_CENTERが指定された場合には、その!BOUNDARYの中で指定するNODE_IDは同一でなければならない。
- ROT_CENTERが指定された場合には、指定されない自由度はすべて0で拘束される。

回転変位境界条件（仕様・制約など）

- 複数サブステップに分割されるステップでは、通常の変位制御と同様にステップ内時刻に比例する大きさの回転角が与えられる。
- 非線形解析で、ステップ(!STEP)中の回転軸の移動
 - 回転中心(節点)に別の変位境界条件を与える事で移動させる事が出来る。
 - 回転軸の向きを変化させる事は出来ない。
 - つまり、回転軸は平行移動のみ可能。
- 対象節点の拘束
 - この条件を与えた節点は、回転中心節点への距離を保持する。
 - 回転軸に直交する面内で回転する。
 - つまり、対象節点のグループは、それらが一体化した剛体として回転変位および並進変位する。半径方向や軸方向への変形はできない。
- 中空の軸・円筒など
 - 回転中心に節点が必要なので、中空軸などは、非常に軟らかいダミー要素等で埋めて、中心節点を設ける必要あり。

トルク荷重境界条件(設定)

□回転中心:1節点を指定(節点番号、または節点グループ)

□回転軸・トルク荷重値

- ベクトル $M = (M_1, M_2, M_3)$ を指定。
- トルク軸は、 M の方向(右ねじの向きが正)。
- トルク荷重値は、 M の大きさ($\sqrt{M_1^2 + M_2^2 + M_3^2}$)。

□トルクを与える節点:節点グループで指定。

トルク荷重境界条件（入力カード例）

- 中心節点グループ名「RC」、 $M=(5,0,-5)$ のトルク荷重を、節点グループTORQUE_NODESに与える。

```
!CLOAD, ROT_CENTER=RC, GRPID=1
TORQUE_NODES, 1, 5
TORQUE_NODES, 3, -5
```

対象節点グループ

自由度

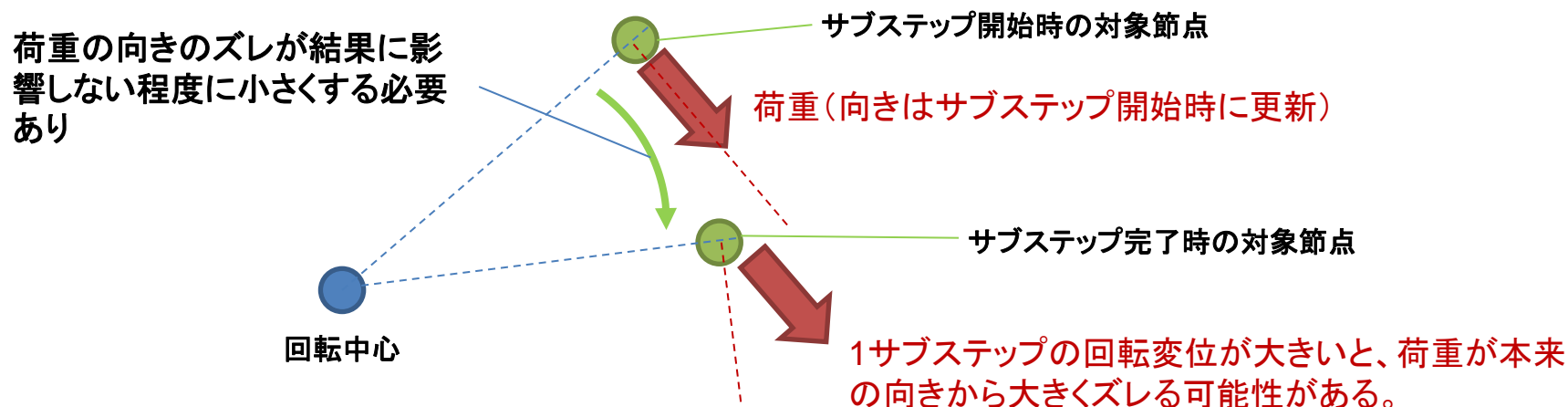
トルク荷重値

ROT_CENTER(今回新設)を指定した場合、その!CLOADはトルク荷重となる。

- ROT_CENTERで指定する節点グループは、1つだけの節点からなるグループでなければならない。
- ROT_CENTERが指定された場合には、その!CLOADの中で指定するNODE_IDは同一でなければならない。

トルク荷重境界条件（仕様・制約など）

- 複数サブステップに分割されるステップにおけるトルク荷重では、通常のCLOADと同様にステップ内時刻に比例する大きさの荷重が与えられる。
- 対象節点グループに対して、トルク（モーメント）が均等になるよう分散して負荷される。
- 各節点力の方向は、回転軸との垂直面内であって、中心から各節点に向かう方向と垂直な向きにとる。
- サブステップ開始時点の対象節点座標値で、荷重の向きを更新する。
 - 1サブステップあたりの回転角が大きすぎると、誤差が目立つ可能性がある。



トルク荷重境界条件（仕様・制約など 2）

- 非線形解析で、ステップ(!STEP)中の回転軸の移動
 - 回転中心(節点)に別の変位境界条件を与えて、能動的に移動させる事が出来る。
 - 回転中心(節点)に計算の結果生じた変位で、受動的(従動的)に移動する事が出来る。
 - 回転軸の向きを変化させる事は出来ない。
 - つまり、回転軸は平行移動(能動的・受動的)のみ可能。

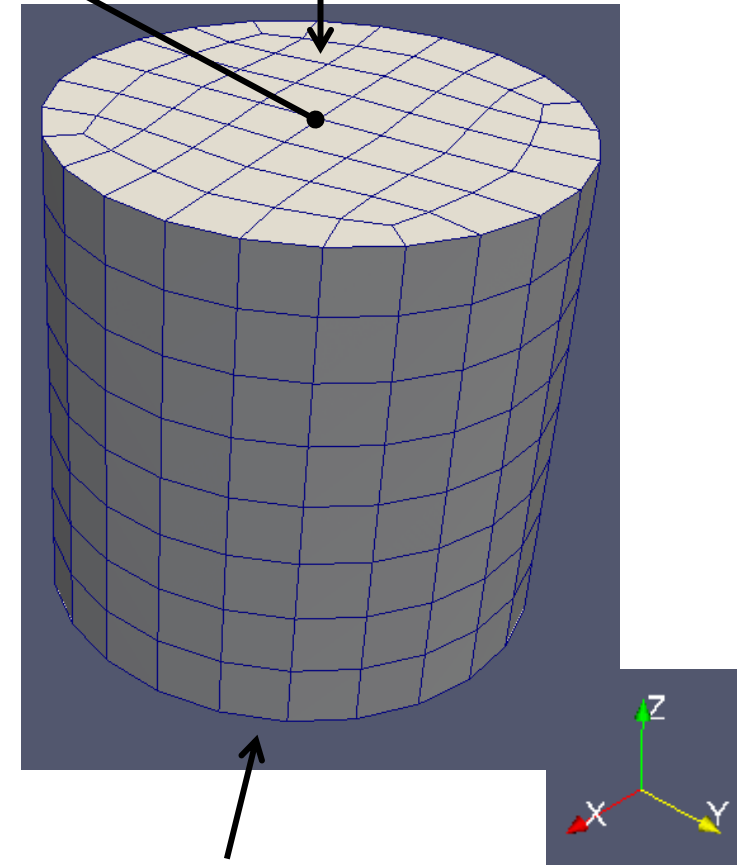
円柱の回転・ねじり事例(1)

- 半径5, 高さ10の円柱
- 回転軸ベクトル(0, 0, 10)
- 材料: 超弾性
 - $C10=2.667, C01=0.667, D=0.01$

□ 節点グループ

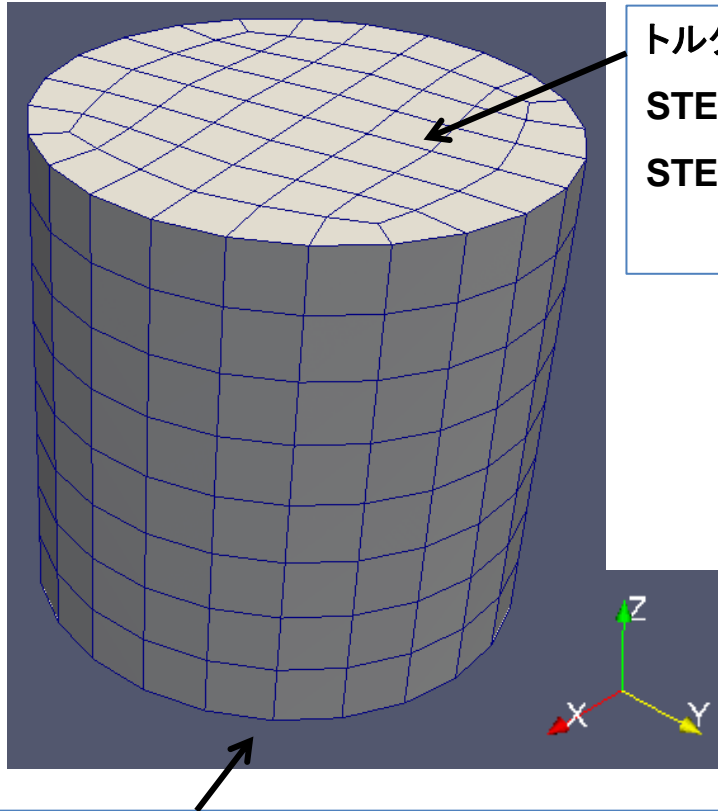
- ROTCEN: 回転変位条件 中心節点
- ROT: 回転変位条件 対象節点
- TQCEN: トルク荷重条件 中心節点
- TQ: トルク荷重条件 対象節点

トルク回転中心 トルク条件端面



回転変位条件端面

円柱の回転・ねじり事例(2)



トルク条件端面

STEP1: トルク(0, 0, 100)を負荷していく

STEP2: STEP1のトルクを保持

回転変位条件端面

STEP1: 回転角(0, 0, 2π), 平行移動(5, 0, 0)

STEP2: 回転角(0, 0, 2π), 平行移動(-5, 0, 0)

```
!BOUNDARY, GRPID=1
```

```
ROTCEN,1,1,5
```

```
ROTCEN,2,3,0
```

```
#
```

```
!BOUNDARY, GRPID=2
```

```
ROTCEN,1,1,-5
```

```
ROTCEN,2,3,0
```

```
#
```

```
!BOUNDARY, ROT_CENTER=ROTCEN, GRPID=3
```

```
ROT, 3,3,6.2831853
```

```
#
```

```
!CLOAD, ROT_CENTER=TQCEN, GRPID=1
```

```
TQ, 3, 100
```

円柱の回転・ねじり事例(3)

境界条件の設定

```

!BOUNDARY, GRPID=1      #回転中心をX= 5移動
ROTCEN,1,1,5
ROTCEN,2,3,0
#
!BOUNDARY, GRPID=2      #回転中心をX= -5移動
ROTCEN,1,1,-5
ROTCEN,2,3,0
#
!BOUNDARY, ROT_CENTER=ROTCEN, GRPID=3
ROT, 3,3,6.2831853      #回転端面を2π回転
#
!CLOAD, ROT_CENTER=TQCEN, GRPID=1
TQ, 3, 100              #トルク端面にZ周り
                        100のトルク
    
```

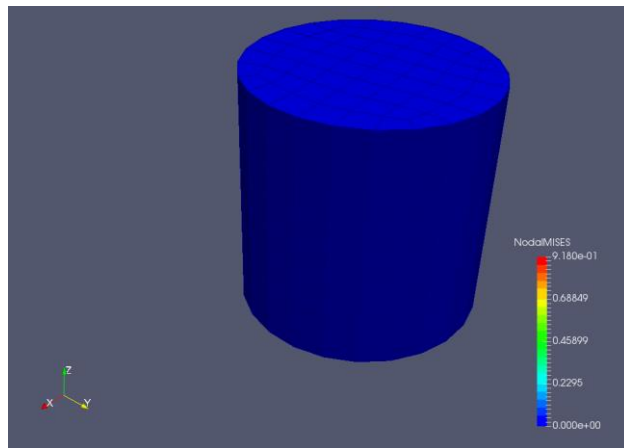
ステップの設定

```

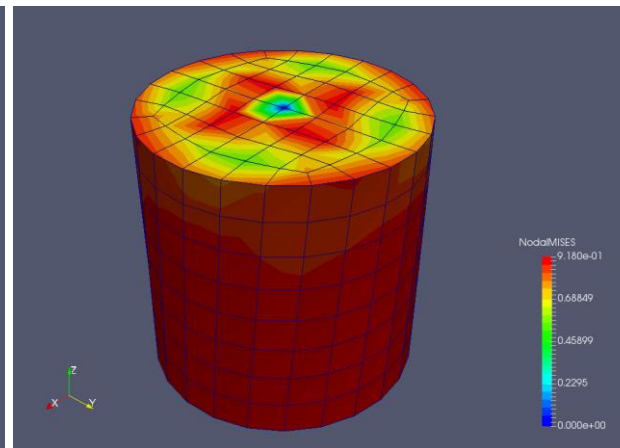
!STEP, SUBSTEPS=360     #ステップ1
BOUNDARY,1
BOUNDARY,3
LOAD,1
#
!STEP, SUBSTEPS=360     #ステップ2
BOUNDARY,2
BOUNDARY,3
LOAD,1 #ステップ1のトルク荷重を保持
    
```

円柱の回転・ねじり事例(4)

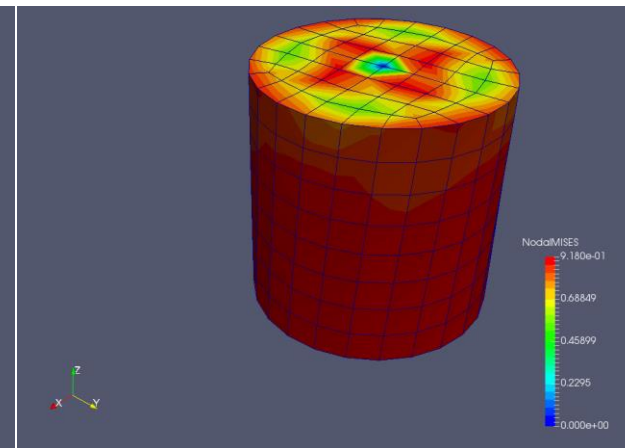
□結果(Mises応力)



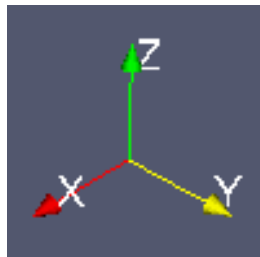
STEP1 開始時



STEP1 終了時



STEP2 終了時



- トルク増加
- 回転しながら、X方向に、5移動

- トルク保持
- 回転しながら、X方向に、-5移動