

SalomeMecaの使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)

信頼性課 藤井 08/5/20

SalomeMecaの使い方 -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)
(SalomeMeca 2008.1)

目次

1. はじめに
2. モデルの作成
3. Code_Aster の作成
 - 3-1. 材料の定義
 - 3-2. 材料と温度設定
 - 3-3. 境界条件
 - 3-4. 非線形解析の定義
 - 3-5. 出力の制御
4. 計算開始、結果の確認
5. Code_Aster の内容

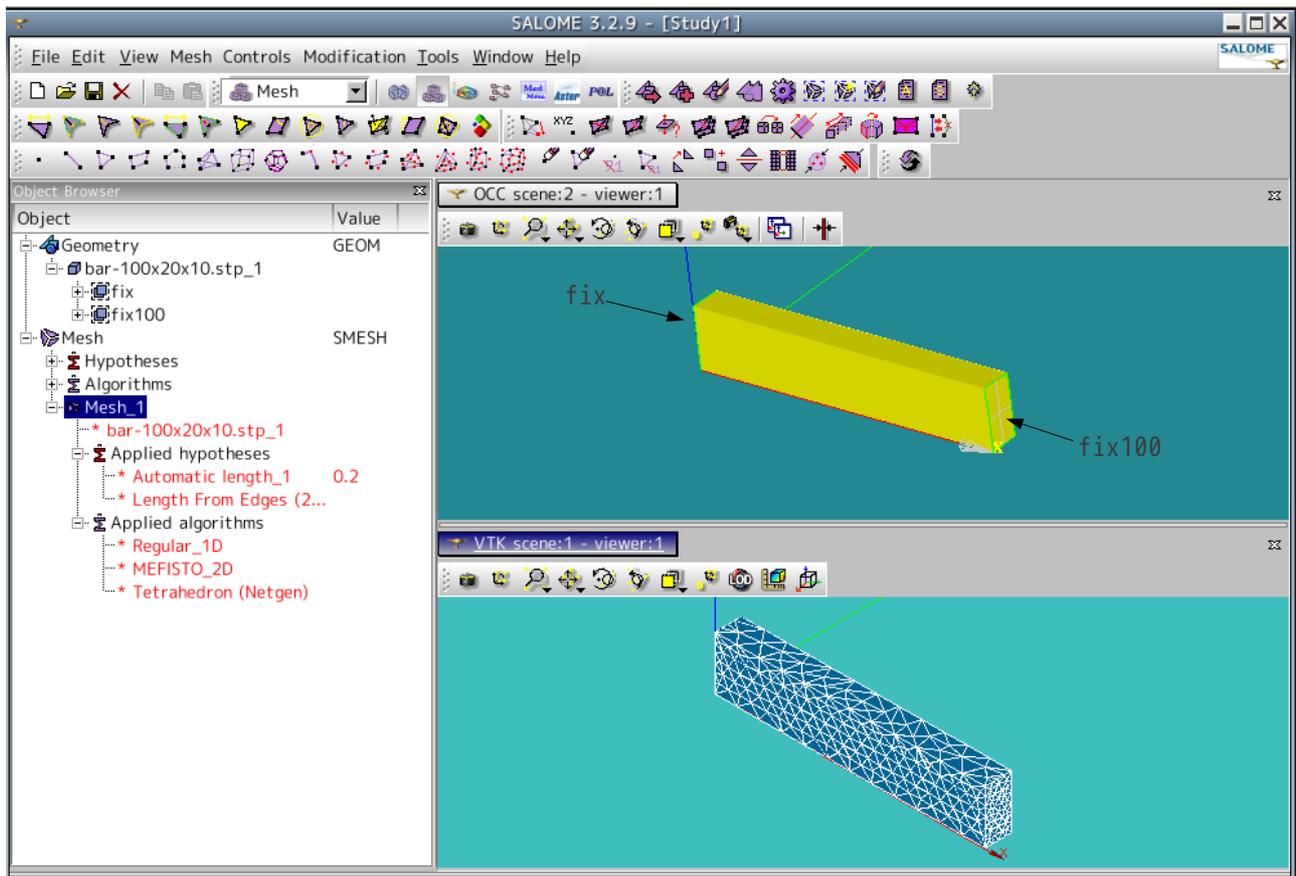
1. はじめに

P板製品の様に素子のはんだ付けされている製品で、部品の熱応力によってのはんだに歪が発生して、はんだクラックに至るケースがある。この様な場合のはんだ歪（塑性歪）の解析を行ってみる。今回は、単純な四角柱のモデルで解析する。

2. モデルの作成

モデルは単純な四角柱のモデル (bar-100x20x10.stp) を読み込む。
解析は、四角柱の両端 (fix, fix100) を固定して、温度変化を与えて熱応力を発生させて解析する。
メッシュは、三角形の1次メッシュとし、Automatic Length は、0.2 (クリック2回分) とした。
(下図参照。)

SalomeMecaの使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析（基本）



3. Code_Aster の作成

ウィザードを使って、線形弾性解析用の標準 Code を作成する。フォルダは、~/CAE/thermo-bar/を作り、この中に Code を保存した。

その後、以下に従って、材料と温度設定と非線形解析を設定する。

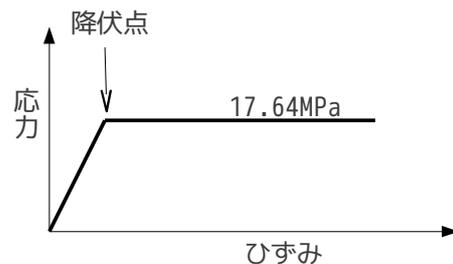
3-1. 材料の定義

材料は、線膨張係数の大きい、はんだとする。はんだは、柔らかい材料なので、降伏点以降では、応力が上昇しないものとして定義する。

材料	はんだ
ヤング率	17640 Mpa
ポアソン比	0.4
線膨張係数	26.7e-6 1/°C
降伏点	17.64 Mpa

この材料を定義する。
ツリーの構造は、下記。

```
DEFI_FONCTION      elast_pl
NOM_PARA           EPSI
NOM_RESU           SIGM
VALE               (0.001,17.64,10,17.64)
```



SalomeMecaの使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)

```

DEFI_MATERIAU      MA
  ELAS
    E               17640
    NU              0.4
    ALPHA           26.7e-6
  TRACTION
    SIGM            elast_pl

```

3-2. 材料と温度設定

定義した材料と温度を設定する。温度は、 -40°C → 120°C に温度変化させた場合を解析する。考え方は、 -40°C 時の応力が0の状態、この状態から 120°C まで温度を上昇させた時に、線膨張による塑性歪がどの程度発生するかを確認することになる。

以下のツリー構造となる。

```

CREA_CHAMP          tempS
  TYPE_CHAM          NOEU_TEMP_R
  OPERATION          AFFE
  b_affe
    MODELE           MODE
    b_affe_modele
      AFFE
        TOUT         OUI
        NOM_CMP      TEMP
        VALE         120

AFFE_MATERIAU       MATE
  MAILLAGE           MAIL
  AFFE
    TOUT             OUI
    MATER            MA
  AFFE_VARC
    TOUT             OUI
    CHAMP_GD         tempS
    B_CHAMP_GD
      NOM_VARC       TEMP
      VALE_REF       -40

```

3-3. 境界条件

境界条件は、四角柱の両端 (fix,fix100) を拘束する。

```

AFFE_CHAR_MECA     CHAR
  MODELE            MODE
  DDL_IMPO
    GROUP_MA        (fix,fix100)
    DX               0
    DY               0

```

SalomeMecaの使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)

DZ 0

3-4. 非線形解析の定義

非線形 (STAT_NON_LINE) を定義する。温度の負荷は、変位や荷重と違って、細かく分割して計算できない。
(温度の設定が材料で定義してあるので、温度を分割して少しずつ温度を上昇させて計算するという事ができない・・・と思う。知らないだけかもしれないが・・・) 分割は、1回だけにしてある。

```

DEFI_FONCTION      ramp
  NOM_PARA         INST
  VALE             (0,0,1,1)

DEFI_LIST_REEL     pass1
  DEBUT            0.0
  INTERVALLE
    JUSQU_A        1.0
    NOMBRE         1                分割せずに1回で計算

STAT_NON_LINE      RESU
  MODELE           MODE
  CHAM_MATER       MATE
  EXCIT
    CHARGE         CHAR            ファンクションを関連付けていない
  COMP_INCR
    RELATION       VMIS_ISOT_TRAC
    DEFORMATION    SIMO_MIEHE
  b_not_reuse
  INCREMENT
    LIST_INST      pass1
  NEWTON
    PREDICTION     TANGENTE
    REAC_ITER      1
  CONVERGENCE
    RESI_GLOB_RELA 1e-6
    ITER_GLOB_MAXI 30
  ARCHIVAGE
    LIST_INST      pass1
    ARCH_ETAT_INIT OUI
    CHAM_EXCLU     VARI_ELGA

```

3-5. 出力の制御

出力は、節点変位、節点歪、節点応力の3項目とする。ツリーの構造は、下記。

```

CALC_ELEM          RESU
  MODELE           MODE
  CHAM_MATER       MATE
  RESULTAT         RESU
  b_noil

```

SalomeMecaの使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)

```

b_toutes
  OPTION      (EPSI_ELNO_DEPL,
              EQUI_ELNO_SIGM,
              EQUI_ELNO_EPSI)

CALC_NO      RESU
RESULTAT     RESU
OPTION       (EPSI_NOEU_DEPL,
              EQUI_NOEU_SIGM,
              EQUI_NOEU_EPSI)

IMPR_RESU
  FORMAT      MED
b_format_med
  UNITE       80
RESU
  RESU_1
    MAILLAGE  MAIL
    RESULTAT  RESU
    b_info_med
    b_sensibilite
    b_partie
    b_extrac
      NOM_CHAM  DEPL          変位を出力
    b_cmp
      NOM_CMP   (DX,DY,DZ)
    b_topologie
  RESU_2
    MAILLAGE  MAIL
    RESULTAT  RESU
    b_info_med
    b_sensibilite
    b_partie
    b_extrac
      NOM_CHAM  EQUI_NOEU_EPSI  歪を出力
    b_cmp
    b_topologie
  RESU_3
    MAILLAGE  MAIL
    RESULTAT  RESU
    b_info_med
    b_sensibilite
    b_partie
    b_extrac
      NOM_CHAM  EQUI_NOEU_SIGM  応力を出力
    b_cmp
      NOM_CMP   VMIS
    b_topologie

```

4. 計算開始、結果の確認

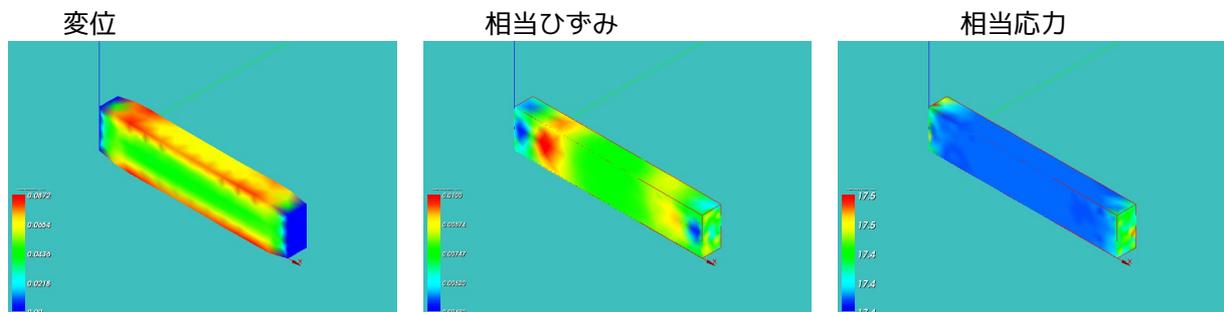
SalomeMeca の使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)

作成した Code で計算開始する。警告は出るが、エラーは無い。警告の内容は、フランス語なのでよくわからず。

計算結果は、歪が最大で約 0.01 (1%)。中央部の X 方向の歪は、selection で確認すると約 0.00415。理論的には、長手方向の歪は、下記のように 0.00427 となるはずであり、ほぼ合致している。(歪が局部的に進行している部分があるので、理論解に比べて少し小さくなる。)

$$\varepsilon = l \Delta t \alpha = 100\text{mm} \times 160^\circ\text{C} \times 26.7\text{e-}6^\circ\text{C}^{-1} / 100\text{mm} = 0.00427$$

応力は、全ての領域で 17.4~17.5MPa となっており降伏点 (17.64MPa) 近辺の値であり、塑性変形していることがうかがえる。



5. Code_Aster の内容

以下に Code_Aster を示す。

```
-----bar.comm の内容 (熱塑性-基本) -----
DEBUT();

elast_pl=DEFI_FONCTION(NOM_PARA='EPSI',NOM_RESU='SIGM',VALE=(0.001,17.64,
                    10,17.64,
                    ),);

MA=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=17640,
                    NU=0.4,
                    ALPHA=26.7e-6,),
                TRACTION=_F(SIGM=elast_pl,,));

MAIL=LIRE_MAILLAGE(FORMAT='MED',);

MODE=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
                AFFE=_F(TOUT='OUI',
                PHENOMENE='MECANIQUE',
                MODELISATION='3D',,,));

MAIL=MODI_MAILLAGE(reuse =MAIL,
                MAILLAGE=MAIL,
                ORIE_PEAU_3D=_F(GROUP_MA='fix100',,,));

tempS=CREA_CHAMP(TYPE_CHAM='NOEU_TEMP_R',
```

SalomeMecaの使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)

```
OPERATION='AFFE',
MODELE=MODE,
AFFE=_F(TOUT='OUI',
        NOM_CMP='TEMP',
        VALE=120,,);
```

```
MATE=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
                   AFFE=_F(TOUT='OUI',
                           MATER=MA,)),
AFFE_VARC=_F(TOUT='OUI',
              CHAMP_GD=tempS,
              NOM_VARC='TEMP',
              VALE_REF=-40,,);
```

```
CHAR=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODE,
                    DDL_IMPO=_F(GROUP_MA=('fix','fix100'),),
                    DX=0,
                    DY=0,
                    DZ=0,,);
```

```
ramp=DEFI_FONCTION(NOM_PARA='INST',VALE=(0,0,
      1,1,
      ),);
```

```
pass1=DEFI_LIST_REEL(DEBUT=0,
                    INTERVALLE=_F(JUSQU_A=1,
                                    NOMBRE=1,,);
```

```
RESU=STAT_NON_LINE(MODELE=MODE,
                   CHAM_MATER=MATE,
                   EXCIT=_F(CHARGE=CHAR,)),
                   COMP_INCR=_F(RELATION='VMIS_ISOT_TRAC',
                                   DEFORMATION='SIMO_MIEHE',),),
                   INCREMENT=_F(LIST_INST=pass1,)),
                   NEWTON=_F(PREDICTION='TANGENTE',
                               REAC_ITER=1,)),
                   CONVERGENCE=_F(RESI_GLOB_RELA=1e-6,
                                   ITER_GLOB_MAXI=30,)),
                   ARCHIVAGE=_F(LIST_INST=pass1,
                                   ARCH_ETAT_INIT='OUI',
                                   CHAM_EXCLU='VARI_ELGA',),);
```

```
RESU=CALC_ELEM(reuse =RESU,
               MODELE=MODE,
               CHAM_MATER=MATE,
               RESULTAT=RESU,
               OPTION=('EPSI_ELNO_DEPL','EQUI_ELNO_SIGM','EQUI_ELNO_EPSI',),);
```

```
RESU=CALC_NO(reuse =RESU,
              RESULTAT=RESU,
              OPTION=('EPSI_NOEU_DEPL','EQUI_NOEU_SIGM','EQUI_NOEU_EPSI',),);
```

SalomeMecaの使いかた -- 9.0 熱応力と弾塑性解析 (基本)

```
IMPR_RESU(FORMAT='MED',
          UNITE=80,
          RESU=(_F(MAILLAGE=MAIL,
                  RESULTAT=RESU,
                  NOM_CHAM='DEPL',
                  NOM_CMP=('DX', 'DY', 'DZ', ), ),),
          _F(MAILLAGE=MAIL,
              RESULTAT=RESU,
              NOM_CHAM='EQUI_NOEU_EPSI', ),),
          _F(MAILLAGE=MAIL,
              RESULTAT=RESU,
              NOM_CHAM='EQUI_NOEU_SIGM',
              NOM_CMP='VMIS', ), ), );

FIN();
```