

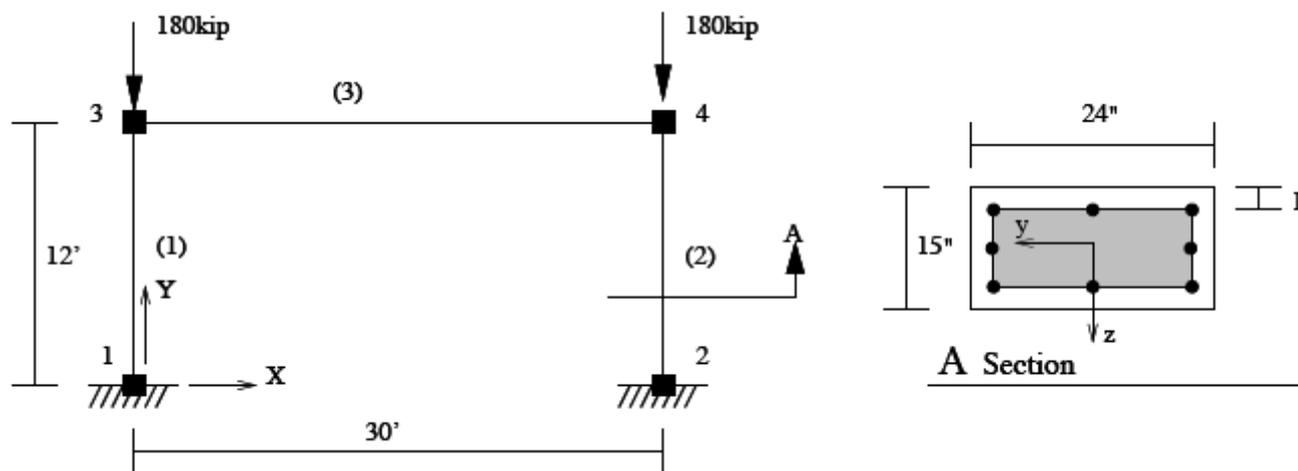
Reinforced Concrete Portal Gravity Analysis

鉄筋コンクリート造フレーム重力解析

この例は、下の図に示す鉄筋コンクリートのラーメンに重力荷重をかけた時の解析をします。

モデル

ラーメンの非線形モデルを作成。モデルは4つの節点で構成される。2本の柱と梁は剛接合されている。柱の断面の条件は図 A Section に示す。Moment Curvature Example の断面と同じ条件である。下の2つの節点(節点1, 2)は固定され、線形の時空間軸を持った荷重が作用している。2つの垂直荷重は節点3 および4 に図のように作用している。



```
# Create ModelBuilder (with two-dimensions and 3 DOF/node)
```

```
#モデルを作成する環境を定義する。
```

```
model basic -ndm 2 -ndf 3
            二次元 節点の自由度
```

```
# Set parameters for overall model geometry
```

```
#全体の構造物の寸法を設定する。
```

```
set width 360 幅
set height 144 高さ
```

```
# Create nodes
```

```
#節点を定義する。
```

```
# tag X Y
  節点番号 X座標 Y座標
```

```

node 1      0.0      0.0
node 2      $width  0.0
node 3      0.0      $height
node 4      $width  $height

```

Fix supports at base of columns

#節点の境界条件を設定する。

```

#      tag      DX      DY      RZ
#      節点番号 X方向の条件 Y方向の条件 Z方向の条件
fix 1      1      1      1
fix 2      1      1      1

```

Define materials for nonlinear columns

#非線形の柱の要素を定義する。

```

# CONCRETE      tag      fc      ec0      f'cu      ecu
                タグ番号 最大強度  f'c 時のひずみ  圧壊強度  f'cu 時のひずみ

```

Core concrete (confined)

#中心部にコンクリートの条件

```

uniaxialMaterial Concrete01 1 -6.0 -0.004 -5.0 -0.014

```

Cover concrete (unconfined)

#外周部のコンクリートの条件

```

uniaxialMaterial Concrete01 2 -5.0 -0.002 0.0 -0.006

```

STEEL

Reinforcing steel

#鉄筋の条件

```

#      tag      fy      E0      b
#      タグ番 降伏強度 ヤング率 降伏後の傾きとヤング率の比率
uniaxialMaterial Steel01 3      60.0  3000.0  0.01

```

Define cross-section for nonlinear columns

#非線形の柱のため断面を定義する。

```

# set some paramaters
#柱の断面の寸法を設定する。
set colWidth 15    #縦の寸法
set colDepth 24   #横の寸法
set cover  1.5    #かぶり厚さの寸法
set As     0.60;  #鉄筋の断面積

# some variables derived from the parameters
#変数の数値を設定する。
#軸からの縁までの長さ
set y1 [expr $colDepth/2.0]
set z1 [expr $colWidth/2.0]

#断面をパッチする。
section Fiber 1 {

# Create the concrete core fibers
#中央部のパッチの条件を設定。
#          タグ番号  分割数(X)  分割数(Y)          始点の X          Y
  patch rect  1      10      1          [expr $cover-$y1]  [expr $cover-$z1]
                                     終点の X          Y
                                     [expr $y1-$cover]  [expr $z1-$cover]

# Create the concrete cover fibers (top, bottom, left, right)
#外周部のパッチの条件を設定。
  patch rect 2 10 1  [expr -$y1] [expr $z1-$cover] $y1 $z1
  patch rect 2 10 1  [expr -$y1] [expr -$z1] $y1 [expr $cover-$z1]
  patch rect 2  2 1  [expr -$y1] [expr $cover-$z1] [expr $cover-$y1] [expr $z1-$cover]
  patch rect 2  2 1  [expr $y1-$cover] [expr $cover-$z1] $y1 [expr $z1-$cover]

# Create the reinforcing fibers (left, middle, right)
#鉄筋の本数と配置を定義。
#要素の番号、本数、断面積、始点の X、Y、終点の X、Y の順に入力
  layer straight 3 3 $As [expr $y1-$cover] [expr $z1-$cover] [expr $y1-$cover] [expr
$cover-$z1]
  layer straight 3 2 $As 0.0 [expr $z1-$cover] 0.0 [expr $cover-$z1]
  layer straight 3 3 $As [expr $cover-$y1] [expr $z1-$cover] [expr $cover-$y1] [expr

```

```
$cover-$z1]
```

```
}
```

```
# Define column elements
```

```
#柱の要素を定義。
```

```
# -----
```

```
# Geometry of column elements
```

```
#柱の要素の座標変換を定義する。
```

```
#          tag
```

```
geomTransf Linear 1
```

```
# Number of integration points along length of element
```

```
#積分点の数
```

```
set np 5
```

```
set eleType forceBeamColumn;
```

```
# forceBeamColumn od dispBeamColumn will work
```

```
# Create the coulumns using Beam-column elements
```

```
#          tag  ndI  ndJ    nsecs    secID    transfTag
          種類  タグ  始点  終点  積分値の数  断面番号  座標変換のタグ番号
element $eleType 1    1    3    $np      1        1
element $eleType 2    2    4    $np      1        1
```

```
# Define beam elment
```

```
#梁の要素を定義。
```

```
# -----
```

```
# Geometry of beam elements
```

```
#梁要素の座標変換を定義する。
```

```
#          tag
```

```
geomTransf Linear 2
```

```

# Create the beam element
#梁の要素の定義
#
#          tag ndI ndJ      A      E      Iz      transfTag
element elasticBeamColumn  3  3  4    360    4030  8640    2

# Define gravity loads
#重力の定義。
# -----

# Set a parameter for the axial load
#軸力を設定。
set P 180;          # 柱の許容値の 10%

# Create a Plain load pattern with a Linear TimeSeries
#時間系列とロードパターンを決める。
timeSeries Linear 1
      タグ  timeSeries のタグ
pattern Plain 1      1      {

# Create nodal loads at nodes 3 & 4
      節点 3、4 の荷重を設定

      #      nd      FX      FY      MZ
      load  3      0.0    [expr -$P]  0.0
      load  4      0.0    [expr -$P]  0.0    FY は荷重を下向きにしている。
}

```

解析

非線形の部材が含まれている。そのため、アルゴリズムはニュートン法を使う。ニュートン法のアルゴリズムでは、解析の各ステップが収束しているかどうかの確認が必要です。この例では、変位増分ベクトルのノルムを使用します。またこの例でも使用する。荷重は LoadControl strategy を使って 10%ずつ増加させて作用させていき、100%まで作用させる。この方程式は保存され、バンドの一般的な保存方式とソルバーを使用して解決します。このソルバーのバンドを最小限にするには、Reverse Cuthill Mckee (番号付け RCM) が使用されます。この制約はプレーン制約ハンドラーを使用して適用されます。

静的解析を作成すると、モデルを負担する重力負荷を 10 の手順に分ける必要がある。(10 * 0.1 = 1.0)

Create the system of equation, a sparse solver with partial pivoting

#方程式の種類

system BandGeneral

Create the constraint handler, the transformation method

#変換方式の種類

constraints Transformation

Create the DOF numberer, the reverse Cuthill-McKee algorithm

#方程式を解くときの方法

numberer RCM

Create the convergence test, the norm of the residual with a tolerance of 1e-12 and a max number of iterations of 10

#収束テストのオブジェクトを作成。未解決のノルムの許容範囲は 1e-12、最大の反復数は 10、結果の出力形式は 3

test NormDispIncr 1.0e-12 10 3

Create the solution algorithm, a Newton-Raphson algorithm

#アルゴリズムの種類

algorithm Newton

Create the integration scheme, the LoadControl scheme using steps of 0.1

#積分スキームを作成。ロードコントロールスキームに 0.1 のステップを使っている。

integrator LoadControl 0.1

Create the analysis object

#解析の種類

analysis Static

Perform the analysis

#解析点の数

analyze 10

出力

節点 3, 4 の変位と反力、要素 1 の両端の応力が出力される。

```
# Print out the state of nodes 3 and 4
```

```
#節点 3, 4の結果
```

```
print node 3 4
```

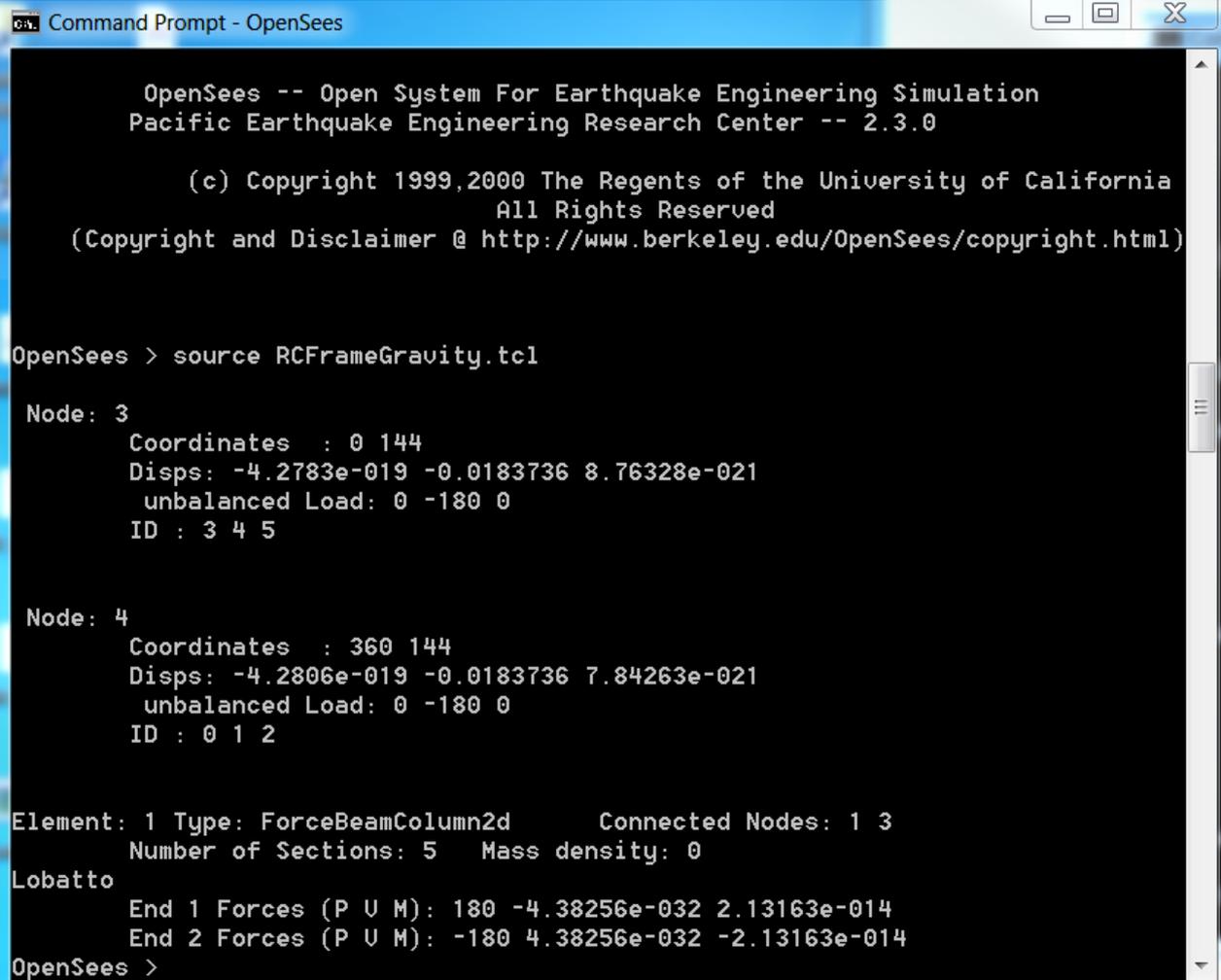
```
# Print out the state of element 1
```

```
#部材 1の結果
```

```
print ele 1
```

スクリプトの実行

場合、スクリプトは、次が表示されます実行されます。



```
Command Prompt - OpenSees

OpenSees -- Open System For Earthquake Engineering Simulation
Pacific Earthquake Engineering Research Center -- 2.3.0

(c) Copyright 1999,2000 The Regents of the University of California
All Rights Reserved
(Copyright and Disclaimer @ http://www.berkeley.edu/OpenSees/copyright.html)

OpenSees > source RCFramGravity.tcl

Node: 3
Coordinates : 0 144
Disps: -4.2783e-019 -0.0183736 8.76328e-021
unbalanced Load: 0 -180 0
ID : 3 4 5

Node: 4
Coordinates : 360 144
Disps: -4.2806e-019 -0.0183736 7.84263e-021
unbalanced Load: 0 -180 0
ID : 0 1 2

Element: 1 Type: ForceBeamColumn2d Connected Nodes: 1 3
Number of Sections: 5 Mass density: 0
Lobatto
End 1 Forces (P U M): 180 -4.38256e-032 2.13163e-014
End 2 Forces (P U M): -180 4.38256e-032 -2.13163e-014
OpenSees >
```

Node: 3

Cordinates : 0 144 #座標

Disps : -4.283e-019 -0.0183736 8.76328e-021 #X 方向 Y 方向 回転角

Unbalanced Load : 0 -180 0

ID : 3 4 5

Node: 4

Cordinates : 360 144

Disps : -4.2806e-019 -0.0183736 7.84263e-021

Unbalanced Load : 0 -180 0

ID : 0 1 2

左の柱の結果

Element : 1 Type : ForceBeamColume2d

connected Nodes : 1 3

両端の節点番号

Number of Sections : 5

断面の番号

Mass density : 0

Lobatto

#両端の力

End 1 Force (P V M) : 180 -1.75302e-031 -3.55271e-014

End 2 Force (P V M) : -180 1.75302e-031 3.55271e-014

Element : 2 Type : ForceBeamColume2d connected Nodes : 2 4

右の柱の結果

Number of Sections : 5

Mass density : 0

Lobatto

End 1 Force (P V M) : 180 -4.38256e-032 2.13636e-014

End 2 Force (P V M) : -180 4.38256e-032 -2.13636e-014

ElasticBeam2d : 3

梁の結果

Connected Nodes : 3 4

CoordTransf : 2

mass density : 0

Lobatto

End 1 Force (P V M) : -5.96438e-018 -1.63584e-016 -3.01165e-014

End 2 Force (P V M) : 5.96438e-018 1.63584e-016 -2.87738e-014