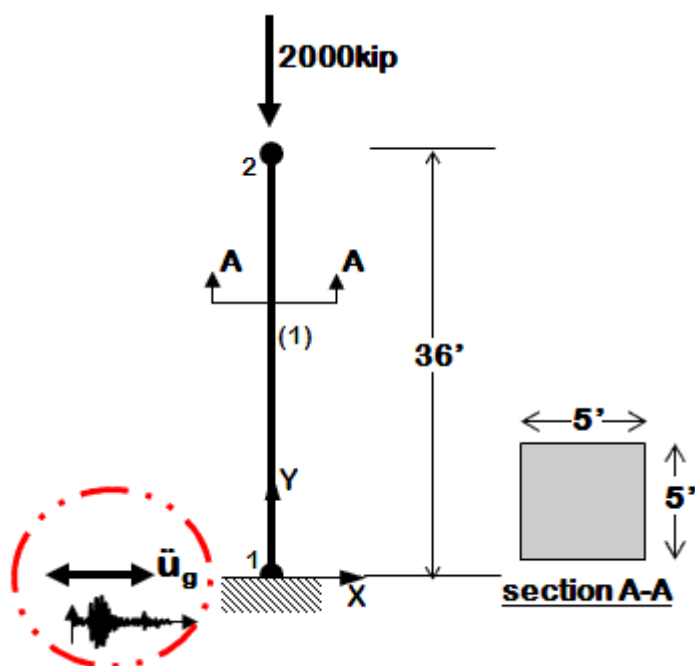


## 2次元弾性片持ち柱の時刻歴解析

---

2次元弾性鉄筋コンクリート片持ち柱の時系列解析。重力加速度荷重を作用させている。水平力として地震を作用させている。この例は `Ex1a.Canti2D.EQ.tcl` を少し変更したチュートリアルです。初心者を開始する `OpenSees` を支援するものです。節点と部材番号は下の図に示します。

---



┆

---

この例題では以下のファイルを使用します。

- [Ex1a.Canti2D.EQ.mod.tcl](#)
- [A10000.tcl](#) (地震データファイル)

`Ex1a.Canti2D.EQ.tcl` と `A10000.tcl` のファイルは `OpenSees.exe` と同じフォルダーに保存してください。 `OpenSees.exe` を起動し、以下のコマンドを入力して解析を実行します。

```
source Ex1a.Canti2D.EQ.mod.tcl
```

モデルを作成します。

まず `wipe` コマンドで設定を初期化します。

以前に作成したモデルのコンポーネント、解析のコンポーネント、レコーダーのコンポーネントを消去します。

構造システムのモデルは、次の方法で作成されます。

1. 空間の次元数(NDM)と節点の自由度 (DOF)を [model](#) コマンドを使用して定義します。
- 2 節点の座標は、[node](#) コマンドを使用して定義します。
3. 動的 (過渡) 解析の場合は節点の質量を設定します。質量は、節点の自由度ごとに設定する必要があります。設定するには [node](#) コマンドまたは [mass](#) コマンドを使用します。
4. 境界条件は、[fix](#) コマンドを使用して定義します。鉛直方向、水平方向、モーメントそれぞれの固定条件を設定します。(0 が自由、1 が固定)。制約のない節点は定義する必要はありません。
5. 要素を定義する前に、[geometric transformation](#) コマンドを使用して定義する必要があります。このコマンドは、梁要素の剛性と抵抗力をローカル座標系からグローバル座標系に変換します。座標変換は 3 つの種類があります。: [Linear Transformation](#), [PDelta Transformation](#), [Corotational Transformation](#)。2 D の問題では、要素の方向と見なされるためには、必要はありませんし、すべての要素を同じをすることができます。
6. 要素は定義します。この例のは [Elastic Beam Column Element](#) が使用されます。要素の種類別の他のコマンドの定義が必要です。

特定の例については、1 から 6 の手順を説明します。  
コマンドの定義を参照できるようにリンクしています。

1、

はじめに、[model](#) ビルダを定義する必要があります。

今回のモデルは 2 D で各節点での自由度が 3 の片持ち柱です。

したがって、次元数(NDM)は 2 で自由度 (NDF)の数は 3 です。

次のように定義されます。

```
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3
```

2、

上の図のように、柱には二つの節点があります。グローバル座標系で表すと節点 1 の座標は(0, 0)、節点 2 の座標は(0,432)。

モデルを構築する基本単位: kip、インチ、秒

注: 節点 2 の y 座標は  $36 * 12 = 432$  です。

節点は、[node](#) コマンドを使用して定義されています。

```
node 1 0. 0.
```

```
node 2 0. 432.
```

3、

節点 1 で固定されている。(X、Y の変位と回転)

境界条件は [fix](#) コマンドで定義します。

```
fix 1 1 1 1
```

4.

節点 2 の質量の設定は [mass](#) コマンドを使用します。

非定常解析を行っているので地震力 (水平成分 - x 方向) の 1 つのコンポーネントを実行する、質量には x 方向に割り当てている。質量は、荷重/重力加速度で求めることができます。質量は  $Weight/g=2000/386=5.18$  として定義されています。固有値問題を解決するには少なくとも 2 つの質量をモデルに割り当てる必要があります。垂直方向の質量は非常に小さな値に設定しています ( $10^{-9}$ )。回転質量はゼロに設定しています。

```
mass 2 5.18 1.e-9 0.
```

5.

[geometric transformation](#) の ID タグ 1 は線形と定義します。

```
geomTransf Linear 1
```

6

柱は、[elasticBeamColumn](#) 要素を使用して弾性と定義します。

節点 1 と節点 2 を両端とする部材に 1 という ID タグを割り当てる。

部材の断面積は  $(5 * 12) * (5 * 12) = 3600 \text{in}^2$ 、

ヤング率は  $51000 * \sqrt{4000} / 1000 = 3225 \text{ksi}$  ( $fc' = 4000 \text{psi}$  と仮定)

断面二次モーメントは  $(1/12) * (5 * 12)^4 = 1080000 \text{in}^4$ 。

```
element elasticBeamColumn 1 1 2 3600 3225 1080000 1
```

レコーダーを定義します。

[recorder command](#) を使用して、解析結果の出力方法を定義します。このコマンドを使用してレコーダーオブジェクトを生成します。

片持ち柱で考えると自由端の変位、固定端での反応、側面の偏差、要素の両端の力記録、「データ」フォルダーにテキストファイルとして保存します。

[node recorder](#) を使用して自由端の変位を `DFree.out`、固定端の反力を `RBase.out` に出力する。それぞれのファイルは、最初の列には時間が出力されます。 `DFree.out` は 2 列から 4 列目は水平変位、垂直変位、回転角を表している。 `RBase.out` が 2 列から 4 列目では、水平反力、垂直反力、モーメントを表している。

```
recorder Node -file Data/DFree.out -time -node 2 -dof 1 2 3 disp
```

```
recorder Node -file Data/RBase.out -time -node 1 -dof 1 2 3 reaction
```

[drift recorderis](#) を使用して `Drift.out` に側面の偏差を出力する。最初の列は時間、2 列目は節点 1 と節点 2 の間の側面の偏差。

```
recorder Drift -file Data/Drift.out -time -iNode 1 -jNode 2 -dof 1 -perpDirn 2
```

[element recorder](#) を使用して、列の世界的な力をファイル `FCol.out` に出力します。最初の列は時間、2 列目から 4 列目が節点 1 のせん断力、軸力、曲げモーメント。5 列目から 7 列目が節点 2 のせん断力、軸力、曲げモーメント。

※出てきている結果はすべて全体座標系

```
recorder Element -file Data/FCol.out -time -ele 1 force
```

### 荷重を適用するには？

荷重を適用するには 3 つのステップがあります。

1. 荷重が定義する `[pattern Command | pattern]` コマンドを使用する。
2. 解析オブジェクト (制約ハンドラー、自由度 `numberer`、数値ソルバー、収束テストの種類、ソリューション 解法アルゴリズム、インテグレーター、解析を実行するタイプ) を定義する。
3. 荷重が適用し、[analysis](#) コマンドを使用して、解析を実行する。

### 重力負荷分析

この例では、構造物の自重の `2000kips` の重力が作用している。

この荷重を 10 段階で `200kips` ずつ増加させて、節点 2 に作用させていく。

節点 2 に増加させて加えていくために次のコマンドを使用します。

```
timeSeries Linear 1
```

[load pattern](#) にタイムシリーズを割り当てる。ID タグは 1

[Nodal load command](#) は、節点に荷重を作用させるときに使用します。

節点 2 に下向きに `2000kips` 作用させている。

荷重の大きさは参考荷重である。荷重の因子を準備したタイムシリーズ。

荷重の時間の参照値はある時間において節点に加わっている荷重です。

```
pattern Plain 1 1 {  
  load 2 0. -2000. 0.  
}
```

分析オブジェクトは、次のように定義します。制約ハンドラーオブジェクトを構築するためには [constraints](#) コマンドを使用します。制約ハンドラーオブジェクトは、解析の拘束方程式 (境界条件) の適用方法を決定します。片持ちの場合は、節点 1 は完全固定なので、[plain constraints](#) を使用できる。

```
constraints Plain
```

DOF Numberer オブジェクトは自由度を決める。(式の番号と自由度の間のマッピング) モデルが非常にシンプルで小型のため [plain numberer](#) 使用します。

**numberer Plain**

保存と解析をするための解析を行う中での方程式のシステムを決める。

[BandGeneral](#) ソルバーを使用します。

**system BandGeneral**

柱は弾性の方程式システムなので 1 回の反復で解ける。

したがって、[linear algorithm](#) を、方程式を解くために使用します。

**algorithm Linear**

分析が静的で固有荷重(2000 kips) が作用している。

適用するには、[load control](#) インテグレーターを使用されます。

荷重の増加係数( $\lambda$ ) 0.1 に設定します。10 の解析ステップで全荷重を適用する。

解析の N 番目のステップの荷重係数は  $\lambda_n = \lambda_{n-1} + \lambda$  .

**integrator LoadControl 0.1**

分析の種類は、[analysis](#) コマンドを使用して定義します。重力加速度荷重は静的荷重なので分析の種類は **Static** にします。

**analysis Static**

分析を実行できるように分析オブジェクトを定義します。[analyze](#) コマンドを呼び出すことと実行される解析手順の数を定義することによって実行される。

**analyze 10**

非定常解析を実行予定ですので、重力荷重は解析の余りのために一定に保つ必要がある。

時系列は 0.0 にリセットされ、新しい時系列 0.0 から始まる。[LoadConst](#) コマンドを使用します。

**loadConst -time 0.0**

**動的地盤動解析**

時系列解析のためのロードパターンは最初に定義する必要があります。ロードパターンで支持点(節点 1)に加える地震の加速度記録を定義します。地震には **Loma Prieta earthquake (LOMAP) at station CDMG 58373 APEEL 10 – Skyline** を使います。この地震加速度記録は、このチュートリアルの中で提供されています(A10000.acc)。ポイント間の時間間隔(dt)は 0.005 で、データポイントの数は 7990 個である。地震のタイムシリーズは ID 2 の [Path TimeSeries](#) を使用して、定義します。地震動の加速度の単位は G である。

$G=386\text{in}^2/\text{sec}$ .

**timeSeries Path 2 -dt 0.005 -filePath A10000.acc -factor \$G**

[uniform excitation pattern](#) を使用してロードパターンを定義する。ロードパターンの id タグは 2 とする。モデルの x 方向 (1)に適用する。タイムシリーズの id タグは 2 を指定。

```
pattern UniformExcitation 2 1 -accel 2
```

減衰は、[rayleigh](#) コマンドを使用して、モデルに割り当てます。レーリー減衰は、質量と剛性の比例です。OpenSees では 3 つの異なる剛性マトリックスを使用できます。:

現在(各ステップごとの) の剛性マトリックス。

初期剛性マトリックス。

最終剛性マトリックス。

解析の線形弾性型の 3 つのマトリックスと同じです。この例での減衰は剛性比例と等しい  $2 * (\text{damping ratio}(\text{減衰率})) / (\text{fundamental frequency}(\text{基本周波数}))$  を指定します。

基本周波数からの最初の[固有値](#)計算されます。減衰率は 0.02 に設定されます。

```
set freq [expr [eigen 1]**0.5]
```

```
set dampRatio 0.02
```

```
rayleigh 0. 0. 0. [expr 2*$dampRatio/$freq]
```

地震動解析は非定常解析であるため、分析オブジェクトの一部を再定義します。新しい分析オブジェクトを定義するために以前に定義した分析オブジェクトを消去する必要があります。wipeAnalysis コマンドを使用します。

```
wipeAnalysis
```

非定常解析に対応する分析オブジェクトを定義します。

制約ハンドラー、自由度 numberer、数値ソルバー、解法アルゴリズムは、静的（重力）解析と同じになります。

```
constraints Plain
```

```
numberer Plain
```

```
system BandGeneral
```

```
algorithm Linear
```

積分器と解析のタイプは異なります。動的応答の数値計算は [Newmark 法](#) を使用して実行します。パラメーターは  $\gamma = 0.5$  と  $\beta = 0.25$  に設定します。設定された  $\gamma$  と  $\beta$  は一つの時間ステップにおける一定の平均加速として読み込まれる。解析のタイプは、非定常です。

```
integrator Newmark 0.5 0.25
```

```
analysis Transient
```

すべての分析オブジェクトが定義されたので実行をできるようにオブジェクトが。それはコマンド[分析](#)起動および実行する分析手順の数を開始します。解析ステップ数は 3995 ( $N_{pt}/2$ ) に設定され、増量量は 0.01 に設定されている ( $2 * dt$ )。1 つ置きにデータポイントは、スキップされます。

```
analyze 3995 0.01
```