

この文書は、直列質点系の弾塑性応答解析を行うプログラムのソースコード `response.py` の内容について解説するものです。

このプログラムを実行するためには Python の実行環境を整える必要がありますが、これについては説明を省略します。小社のウェブサイト https://www.structure.jp/py_install.html などを参照してください。

またここでは、`openpyxl` (Excel 用のファイルの読み書き) ・`matplotlib` (グラフ出力) および `numpy` (配列処理) というライブラリを使用しています。実行環境にこれらが組み込まれていない場合は事前の処理が必要です。

● 概要および例題

せん断型の直列質点系の時刻歴応答解析を行い、最大応答値を出力します。解析は Newmark のβ法。

EL-CENTRO NS および TAFT EW の地震波については関数形式で用意されています。

絶対加速度と絶対変位、および層せん断力と層間変位の履歴についてグラフ表示を行うことができます。さらに必要に応じ、これらを PDF ファイルに書き出すこともできます。

ここでは、入力データの読み込み、ならびに計算結果の出力にマイクロソフト製の Excel を使用していますが、ファイルの拡張子は*.xlsx になります(したがって Excel 2010 以降のプログラムが別途必要)。

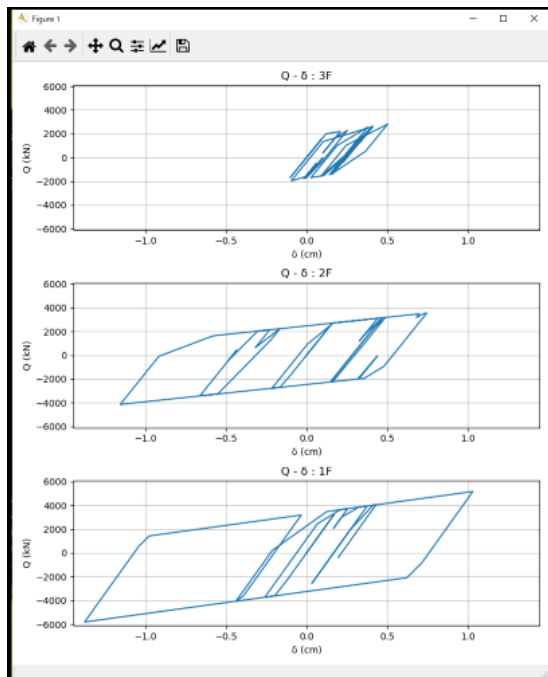
初期設定では、入力用ファイル名が `data.xlsx`、出力用ファイル名が `result.xlsx` で、これらが `response.py` と同じフォルダ内にあることを前提にしています(ファイルの場所と名前は変更可能)。

解凍されたファイルの中に `data.xlsx` がありますので、これを開いてください。ここにはサンプルとして、以下のような骨組のデータが書き込まれています。

				復元力特性 Tri-Linear			
階高 mm	番号	階名	重量 kN	Q1 kN	δ1 mm	Q2 kN	δ2 mm
3300	● 1	3F	4457	2000	1.2	4746	14.1
	● 2	2F	4258				
3300	● 3	1F	4311	2700	1.6	4508	14.1
3525				3600	1.9	6634	18.2

上記のファイルをいったん閉じてから `response.py` を実行してみてください。コンソールに「正常終了」と表示されると、同じフォルダ内に `result.xlsx` というファイルが作成されます。これを開くと、上記の質点系の応答結果(最大応答値)が書き込まれていることが確認できるはずです。

また同時に、層せん断力と層間変位の履歴をあらわす次頁のようなグラフが表示されます(これは Windows のコマンドラインから `python response.py` と入力して実行した時に表示されるウィンドウです)。



● 入力ファイル *.xlsx

ここには「基本条件」「質点情報」の 2 つのワークシートがあります。

基本条件

1 行目 復元力特性

0: 弾性, 1: Bi-Linear 標準型, 2: Tri-Linear 標準型

2 行目 復元力特性 Newmark 法の β の値

省略時は 0.25

3 行目 減衰定数の求め方

0: 剛性に比例, 1: 質量に比例, 2: レーリー減衰

4 行目 1 次減衰定数

省略時は 0.03

5 行目 2 次減衰定数

レーリー減衰の場合のみ

6 行目 地震波の名称

0: EL-CENTRO NS, 1: TAFT EW

7 行目 最大加速度 (gal)

地震波を最大加速度で規準化する場合 (省略時は原データの値をそのまま使用)

8 行目 解析開始時刻 (sec)

省略時は 0

9 行目 解析終了時刻 (sec)

省略時は原データの最後まで

10 行目 地震波の時間刻み (sec)

省略時は原データの時間刻み

質点情報

2 行目以降に質点数分のデータを入力します

1 列目 番号

以下で指定する質点の上下関係をあらわす番号で、これが小さいほど上部の質点になります。必ずしも連番である必要はなく、また入力順も任意ですが、一般には最上部の質点から 1,2,3... と番号を振ります。

2 列目 名称

各種の出力時に使用するための識別名

3 列目 重量 (kN)

4 列目 階高 (mm)

その質点と直下部の質点との間の距離

5 列目 第 1 折点の $Q1$ (kN) ・ $\delta 1$ (mm)

復元力特性の第 1 折点の層せん断力 $Q1$ と層間変位 $\delta 1$ の値 (弾性の場合は任意の点の値)

6 列目 第 2 折点の $Q2$ (kN) ・ $\delta 2$ (mm)

復元力特性が Tri-Linear の場合の第 2 折点の層せん断力 $Q2$ と層間変位 $\delta 2$ の値

7 列目 β

弾塑性復元力特性における降伏後の剛性の初期剛性に対する比で、省略時は 0.01 (= 1/100)

● 出力ファイル *.xlsx

ここには最大応答値およびその発生時刻(sec) が上の階から順に出力されます。項目とその単位については 1 行目のヘッダーを参照してください。

● 初期化メソッド

・ `__init__ (inp_path = 'data.xlsx', out_path = 'result.xlsx', pdf_path = 'result.pdf')`

`inp_path` : 入力ファイル(*.xlsx)のパスを `response.py` からの相対パス、または絶対パスで指定する。省略時は `response.py` と同じフォルダ内にある `data.xlsx`

`out_path` : 出力ファイル(*.xlsx)のパスを `response.py` からの相対パス、または絶対パスで指定する。省略時は `response.py` と同じフォルダ内にある `result.xlsx`

`pdf_path` : 時刻歴の応答結果を PDF に出力する場合、そのパスを `response.py` からの相対パス、または絶対パスで指定する。省略時は `response.py` と同じフォルダ内にある `result.pdf`

● プロパティ

`.plastic` 復元力特性の指標。0: 弾性(初期設定), 1: Bi-Linear, 2: Tri-Linear

`.beta` Newmark 法の β の値で、初期設定は 0.25

`.g_acc` 重力加速度の値 = 9.80665

.max_node 質点の数

.error エラー情報をあらわす文字列

wave[] 地震波の情報を格納した辞書で、キーの名前とその内容は以下の通り

name 地震波の種類をあらわす文字列で、"ELCENTRO" (初期設定) または "TAFT"
acc 最大加速度に規準化する場合はその値(gal)。省略時は原データの値
start 解析の開始時刻を指定する場合はその値(秒)。省略時は原データの値
end 解析の終了時刻を指定する場合はその値(秒)。省略時は原データの値
pitch 地震波の時間刻みを指定する場合はその値(秒)。省略時は原データの値

damp[] 減衰の情報を格納した辞書で、キーの名前とその内容は以下の通り

type 減衰タイプ。0: 剛性に比例(初期設定), 1: 質量に比例, 2: レーリー減衰
damp1 1 次の減衰定数で、初期設定は 0.03
damp2 2 次の減衰定数 (レーリー減衰の場合のみ)

node_data[i][j] 質点 i (上から順に 0,1,2...) の情報を格納した二次元リスト

要素 j の値は以下の通り

[0] 質点の識別名(省略可)
[1] 質点の重量(kN)
[2] 質点の下部の階高(mm)
[3] 復元力特性の第 1 折れ点の力(kN)
[4] 復元力特性の第 1 折れ点の変位(mm)
[5] 復元力特性の第 2 折れ点の力(kN) (Tri-Linear の場合)
[6] 復元力特性の第 2 折れ点の変位(mm) (Tri-Linear の場合)
[7] 降伏後の剛性の初期剛性に対する比 (初期設定は 0.01)

以下は各質点の最大応答値を格納する 2 次元配列[i][j]

i: 質点の index, j = 0: 最大応答値, 1: その発生時刻(sec)

max_acc[i][j] 絶対加速度 (gal)
max_vel[i][j] 速度 (cm/sec)
max_disp[i][j] 絶対変位 (cm)
max_qi[i][j] 層せん断力 (kN)
max_si[i][j] 層間変位 (cm)
max_ti[i][j] 転倒モーメント (kN.m)
max_ci[i][j] 層せん断力係数
max_di[i][j] 層間変形角 (小数)
max_yi[i][j] 塑性率

● 入出力関連のメソッド

- ・ set_condition (plastic = 0, beta = 0.25, damp_method = 0, damp1 = 0.03, damp2 = 0)

plastic, beta および減衰情報 damp[] の値を設定 (Excel を使用せずに入力する場合)。

- ・ set_wave (name = “ELCENTRO”, acc = -1, start = -1, end = -1, pitch = -1)

地震波情報 wave[] の値を設定 (Excel を使用せずに入力する場合)。

- ・ add_node (num = 0, name = “”, weight = 0, height = 0, force1 = 0, delta1 = 0, force2 = 0, delta2 = 0, bata = 0.01)

質点情報 node_data[] を設定 (Excel を使用せずに入力する場合)。

num は質点の上下関係をあらわす数字で、Excel の入力シートの「番号」に同じ。

- ・ read_data_xlsx ()

Excel のシートから入力データを読み込む。

- ・ write_result_xlsx ()

Excel のシートに最大応答値を書き出す。

- ・ draw_resp_acc (target = -1, out_pdf = 0)

絶対加速度の時刻歴応答のグラフ出力。

target: 描画する質点の index。-1 の場合は全質点

out_pdf: 1 の場合は PDF に出力。0 の場合は画面出力のみ。

- ・ draw_resp_disp (target = -1, out_pdf = 0)

絶対変位の時刻歴応答のグラフ出力。

target: 描画する質点の index。-1 の場合は全質点

out_pdf: 1 の場合は PDF に出力。0 の場合は画面出力のみ。

- ・ draw_resp_loop (target = -1, out_pdf = 0)

層せん断力 Q - 層間変位 δ の応答履歴のグラフ出力。

target: 描画する質点の index。-1 の場合は全質点

out_pdf: 1 の場合は PDF に出力。0 の場合は画面出力のみ。

上記以外の、計算時に使用している各種の関数についてはソースコードのコメント文を参照してください。