

これは、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.js の内容について解説するものです。

● 概要

せん断型の直列質点系の時刻歴応答解析を行い、最大応答値を出力する。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る。

● 例題

全体の流れを把握するために、以下のような例題を取り上げて本ソースコードの利用方法を紹介します。

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

行番号

```
001    let obj = new response();
002    obj.setCondition({ plastic: 2, damp1: 0.02 });
003    obj.setWave({ acc: 511, end: 3 });
004    obj.addNodeData({ id: 1, name: "3F", weight: 4457, height: 3300, force1: 2000, delta1: 1.2,
    force2: 4746, delta2: 14.1 });
005    obj.addNodeData({ id: 2, name: "2F", weight: 4258, height: 3300, force1: 2700, delta1: 1.6,
    force2: 4508, delta2: 14.1 });
006    obj.addNodeData({ id: 3, name: "1F", weight: 4311, height: 3525, force1: 3600, delta1: 1.9,
    force2: 6634, delta2: 18.2 });
007    if (obj.calcMain() > 0) {
008        console.log("最大層せん断力 kN ( 発生時刻 )");
009        for (let id = 1; id <= 3; id++) console.log(obj.getMaxValue(id, 4);
010    } else {
011        console.log(obj.error);
012    }
```

コードの説明

行 001

response クラスのオブジェクト obj を作成。

行 002

計算情報の設定。plastic: 2 で復元力特性を Tri-Linear、damp1: 0.02 で 1 次の減衰定数をセット。その他、減衰タイプ等については初期設定値とする。

行 003

地震波情報の設定。地震波は初期設定の EL-CENTRO を使用するので name は省略。acc: 511 で最大加速度を 511gal に規準化、end: 3 で開始から 3 秒間の解析を行う。その他、時間刻み等はすべて初期設定のまま。

行 004 - 006

各質点と復元力特性の情報。この時、id については「最上階を 1 とし、上から順に番号を指定」することに注意。欠番は不可。name は省略可。重量 weight と階高 height は必須入力。復元力特性を Tri-Linear としているので、force1・delta1・force2・delta2 はすべて入力する。Bi-Linear の場合は force1・delta1 のみを入力。

行 007

関数 calcMain を呼び出して計算を開始。正常終了した場合は 1、それ以外は 0 の戻り値が返る。

行 008

計算結果のヘッダー。

行 009

各階の id をパラメータについてすべての階の層せん断力の最大値を出力。出力結果は「階名 最大応答値（発生時刻）」の文字列となる。

行 011

計算時に何らかのエラーがあった場合はその内容を出力。

● 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

.maxNode 質点の数

.G_ACC 重力加速度の値 = 9.80665

.maxNode 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

.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

.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)

nodeData[] 各質点の情報

.id 質点の番号。最上階を 1 とし、上から下に向けて振られる番号(欠番は不可)

.name 質点の識別名(省略可)

.weight 質点の重量(kN)

.height 質点の下部の階高(mm)

.force1 復元力特性の第 1 折れ点の力(kN)

.delta1 復元力特性の第 1 折れ点の変位(mm)

.force2 復元力特性の第 2 折れ点の力(kN) (Tri-Linear の場合)

.delta2 復元力特性の第 2 折れ点の変位(mm) (Tri-Linear の場合)

.beta 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)

maxAcc[][] 絶対加速度 (gal)

maxVel[][] 速度 (cm/sec)

maxDisp[][] 絶対変位 (cm)

maxQi[][] 層せん断力 (kN)

maxSi[][] 層間変位 (cm)

maxTi[][] 転倒モーメント (kN.m)

maxCi[][] 層せん断力係数

maxDi[][] 層間変形角 (小数)

maxYi[][] 塑性率

● メソッド

- ・ setCondition ({ plastic = 0, beta = 0.25, dampType = 0, damp1 = 0.03, damp2 = 0 })

plastic, beta および減衰情報 damp の各プロパティを設定。

- ・ setWave ({ name = "ELCENTRO", acc = -1, start = -1, end = -1, pitch = -1 })

地震波情報 wave の各プロパティを設定。

- ・ addNodeData ({ id = 0, name = "", weight = 0, height = 0, force1 = 0, delta1 = 0, force2 = 0, delta2 = 0, beta = 0.01 })

質点情報 nodeData[] を設定。

- ・ calcMain ()

計算の制御を行う。計算の実行時に呼び出す。

戻り値 1: 正常終了, 0: 異常終了

- `calcResponse (mvect, height, stiff, acc, start, pitch, node)`
 応答解析を行う。
`mvect[]` : 質量ベクトル, `height[]` : 基準点からの高さ, `stiff[][]` : 剛性の指標
`acc[]` : 地震波の加速度(gal), `start` : 開始時刻(sec), `pitch` : 地震波の時間刻み(sec), `node` : 質点数
- `setKMatrix (kvect, kmat, node, done = 0, verified = 0)`
 剛性マトリクス `kmat[][]` の作成。
`kvect[]` : 剛性ベクトル, `node` : 質点数, `done = 0` : 初回の作成, `verified = 0` : 剛性変更なし
- `setCMatrix (mvect, kmat, cmat, node)`
 減衰マトリクス `cmat[][]` の作成。
`mvect[]` : 質量ベクトル, `kmat[][]` : 剛性マトリクス, `node` : 質点数
- `setValMode (mvect, vtime, vmode, node)`
 各次のモードの情報を `valMode[][]` に格納。
`mvect[]` : 質量ベクトル, `vtime[]` : 各次の固有周期, `vmode[][]` : 各次のモード, `node` : 質点数
`valMode[i][j]` : 次数 `i` のモードの情報
`j = 0` : 固有周期, `1` : 刺激係数, `2` 以降: 規準化した固有モード
- `getAcc (wave, pitch, sec)`
 戻り値 地震波配列 `wave[]` の時刻 `sec` の加速度
- `setMaxVal (maxVal, curVal, sec, node)`
 各質点の応答値 `curVal[]` から最大値格納用配列 `maxVal[][]` を作成。
`curVal[i]` : 質点 `i` の応答値, `sec` : 応答値の時刻
`maxVal[i][j]` : 質点 `i` の最大値
`j = 0` : 値, `1` : 発生時刻
- `hystControl (n, dSi, curSi, oldSi, stiff, curZone, oldZone, bufHyst, kvect)`
 復元力特性により時刻 `t+dt` の剛性 `kvect[]` を更新。
`stiff[][]` : 剛性・折点の変位, `bufHyst[][]` : 復元力特性値の保存, `curZone[]` : 今回の復元力指標,
`oldZone[]` : 前回の復元力指標, `dSi[]` : 層間変位の増分, `curSi[]` : 今回の層間変位,
`oldSi[]` : 前回の層間変位, `ufi[]` : 不釣合力, `vectQi[]` : 層せん断力
 戻り値 `0` : 剛性の変更なし, `1` : 剛性の変更あり
- `hystStandard (n, dSi, curSi, oldSi, stiff, curZone, oldZone, bufHyst, kvect)`
 標準型の復元力特性(Bi-Linear / Tri-Linear)による剛性と応力を求める。
`n` : 質点の index, `dSi[]` : 層間変位の増分, `curSi[]` : 今回の層間変位, `oldSi[]` : 前回の層間変位,
`stiff[][]` : 剛性・折点の変位, `bufHyst[][]` : 復元力特性値の保存, `kvect[]` : 剛性ベクトル
 戻り値 { `ufFlag`, `dStr` } `ufFlag = 1` : 不釣合力がある, `dStr` : 応力の増分
- `getMaxValue (id = 0, contents = 0)`
 最大応答値を取得する。
`id` : 階をあらわす ID または階名

contents: 最大値の内容

- 1: 加速度(gal), 2: 速度(cm/sec), 3: 絶対変位(cm), 4: 層せん断力(kN),
5: 層せん断力係数, 6: 層間変位(cm), 7: 層間変形角(分数), 8: 転倒モーメント(kN.m),
9: 塑性率

戻り値 「階名 最大値 (発生時刻 sec)」の書式の文字列

● 関数

- eigenValue (mvect, kmat, eigen, vtime, vmode, node)

質点系の各次の固有振動数 eigen[] 固有周期 vtime[] 固有モード vmode[][] を計算する。

mvect[]: 質量ベクトル, kmat[][] 剛性マトリクス, eigen[i]: 次数 i の固有円振動数(rad),

vtime[i]: 次数 i の固有周期, vmode[][]: 次数 i の固有モード, node: 質点数

- eigenMax (mvect, kmat, node, vect)

質点系の最大固有値と固有ベクトル vect[] を計算する。

mvect[]: 質量ベクトル, kmat[][] 剛性マトリクス, vect[]: 固有ベクトル, node: 質点数

戻り値 最大固有値

- eigenMin (mvect, kmat, node, vect)

質点系の最小固有値と固有ベクトル vect[] を計算する。

mvect[]: 質量ベクトル, kmat[][] 剛性マトリクス, vect[]: 固有ベクトル, node: 質点数

戻り値 最小固有値

- invMatrix (a, node)

正方マトリクス a[][] の逆マトリクスを作成する。

node: 要素数

戻り値 a[][] の逆マトリクス

- elasticNewmark (beta, acc, dt, mvect, kmat, cmat, node, x00, xd1, xd2, d00)

Newmark 法の弾性応答計算により、時刻 dt 後の応答値 x00[] xd1[] xd2[] d00[] を求める。

beta: β 値, acc: 加速度, mvect[]: 質量ベクトル, kmat[][] 剛性マトリクス, cmat[][] 減衰マトリクス,

node: 要素数, x00[]: 各質点の変位, xd1[]: 各質点の速度, xd2[]: 各質点の加速度,

d00[i]: 各質点の変位増分

- plasticNewmark (beta, acc, dt, mvect, kmat, cmat, node, x00, xd1, xd2, d00, ufi, fdi)

Newmark 法の弾塑性応答計算により、時刻 dt 後の応答値 x00[] xd1[] xd2[] d00[] を求める。

beta: β 値, acc: 加速度, mvect[]: 質量ベクトル, kmat[][] 剛性マトリクス, cmat[][] 減衰マトリクス,

node: 要素数, x00[]: 各質点の変位, xd1[]: 各質点の速度, xd2[]: 各質点の加速度,

d00[i]: 各質点の変位増分, ufi[]: 各質点の不釣合力, fdi[]: 各質点の不釣合力の累積値

- waveElCentro ()

戻り値 EL-CENTRO NS の加速度データ(gal)の配列。ただし、最初の要素は時間刻み(sec)。

- waveTaft ()

戻り値 TAFT EW の加速度データ(gal)の配列。ただし、最初の要素は時間刻み(sec)。