

## 地盤の線形地震応答 SRES

プログラム SRES ( Soil Response to Earthquake Excitation ) は、水平成層地盤をなしている各層の厚さ、単位体積重量、せん断弾性係数および減衰係数が与えられ、任意の基準層上端面への入力加速度時刻歴が与えられたとき、任意の対象層上端面における応答加速度時刻歴を求めるサブ - チン副プログラムである。

### SRES ( 地盤の線形地震応答 )

#### 【目的】

水平成層地盤の指定された基準層上端面に、入力加速度時刻歴が与えられたとき、周波数応答関数を用いて、指定された対象層上端面における加速度応答時刻歴およびその最大値を計算する。

#### 【使用法】

##### (1) 接続方法

```
CALL SRES ( L , TH , UW , G , P , Q , ND1 , LOBJ , LREF , DT , NN , DDY , ACC ,
           ND2 , ACDMAX , IND )
```

引 数	型	プログラムを呼ぶときの内容	プログラムから戻ったときの内容
L	I	基盤層を含む層数 L 60	不 変
TH	R 1次元配列 (ND1)	層厚 ( 単位 m )	不 変
UW	R 1次元配列 (ND1)	単位体積重量 ( 単位 $\text{tf}/\text{m}^3$ )	不 変
G	R 1次元配列 (ND1)	せん断弾性係数 ( 単位 $\text{tf}/\text{m}^2$ )	不 変
P	R 1次元配列 (ND1)	散乱減衰係数 ( 単位 1/sec )	不 変
Q	R 1次元配列 (ND1)	材料減衰係数 ( 無次元小数 ) .	不 変

ND1	I	配列 TH, UW, G, P, Q の整合寸法	不 変
LOBJ	I	対象層の番号	不 変
LREF	I	基準層の番号	不 変
DT	R	加速度時刻歴データの時間間隔 (単位 sec)	不 変
NN	I	加速度時刻歴データの個数 NN 8192	不 変
DDY	R 1次元配列 (ND2)	基準層上端面に与える入力加速度 時刻歴データ (単位 gal)	不 変
ACC	R 1次元配列 (ND2)	何も入れなくてよい	対象層上端面における応答加速度 時刻歴データ (単位 gal)
ND2	I	配列 DDY, ACC の整合寸法	不 変
ACMAX	R	何も入れなくてよい	対象層上端面における最大応答加速度 (単位 gal)
IND	I	下表参照	不 変

IND		基準層	
		内部	解放
対象層	内部	11	12
	解放	21	

## (2) 必要なサブ - チンおよび関数副プログラム

FESP FAST

## (3) 注意事項

- i) 基盤層の厚さ  $TH(L)$  は必要でない
- ii) 地表面は常に内部境界面とみなされる
- iii)  $IND = 21$  の場合, 対象層は, 基準層より下位の地層でなければならない
- iv) 基準層も対象層も, とともに解放境界面とすることはできない

## 【計算法】

計算は, 次のような手順で行われる.

- i) 基準層  $s$  に与えられた入力地震動の加速度時刻歴  $\ddot{\xi}_s(t)$  に対して, 必要なら後続のゼロを追加した後, 高速フーリエ変換のプログラム FAST によってフーリエ変換し, 調和振動成分  $F_s(\omega)$  を求める.
- ii) 対象層  $r$  の基準層  $s$  に対する周波数応答関数  $Z_{r/s}(\omega)$  を, 与えられた各層の厚さ  $H$ , 単位体積重量  $\gamma$ , せん断弾性係数  $G$ , 減衰係数  $p, q$  から, プログラム FESP によって計算する.

iii)  $Z_{r/s}(\omega)$  を  $F_s(\omega)$  に乗じて，応答の調和振動成分  $F_r(\omega)$  を求める．

iv) 再びプログラム FAST によって， $F_r(\omega)$  をフーリエ逆変換し，対象層  $r$  における応答加速度の時刻歴  $\ddot{\xi}_r(t)$  を求める．

v) 応答加速度時刻歴  $\ddot{\xi}_r(t)$  の最大値を求める．

基準層と対象層のどちらも，内部境界面あるいは解放境界面として扱える．どちらをどうするかを組み合わせは，引数  $IND$  の値によって指定できるが，基準層も対象層も，両方とも解放境界面とすることはできない．また，対象層が解放で，基準層が内部の場合 ( $IND=21$ )，注意しなければならない事項が2つある．1つは，対象層が基準層より下位の地層でなければならないこと．いま1つは，このプログラムでは，サブル - チン FESP を呼んで周波数応答関数を求めているが，FESP では対象層が解放の場合を取り扱えない．そこで，この場合は，いったん対象層が内部で，基準層が解放 (FESP の  $IND2=1$ ) として，周波数応答関数を計算し，その逆数をとるように処置していることである．

なお，このプログラムでは，各層のせん断弾性係数および減衰係数が一定値，すなわちひずみ依存性のないものと仮定している．したがって，各層の最大せん断ひずみを計算し，これらがいずれの層についても，ほぼ 0.01 % 以内に収まっているような微小地震動の場合でないこと，このプログラムは適用できない．最大せん断ひずみの計算法は，プログラム FESP の [ 使用例 2 ] に示してある．

## 【プログラム】

```

C * * * * * SRES 1
C SURROUTINE FOR SOIL RESPONSE TO EARTHQUAKE MOTION SRES 2
C * * * * * SRES 3
C SRES 4
C CODED BY Y.OHSAKI SRES 5
C SRES 6
C SUBROUTINE SRES(L,TH,UW,G,P,Q,ND1,LOBJ,LREF,DT,NN,DDY,ACC,ND2, SRES 7
* ACMAX,IND) SRES 8
C SRES 9
C DIMENSION TH(ND1),UW(ND1),G(ND1),P(ND1),Q(ND1),DDY(ND2), SRES 10
* ACC(ND2) SRES 11
C COMPLEX H(4097),C(8192) SRES 12
C SRES 13
C FOURIER TRANSFORM OF REFERENCE TIME-HISTORY SRES 14
C SRES 15
C NT=2 SRES 16
110 IF(NT.GE.NN) GO TO 120 SRES 17
NT=NT*2 SRES 18
GO TO 110 SRES 19
120 NFOLD=NT/2+1 SRES 20
DO 130 M=1,NN SRES 21
C(M)=CMLPX(DDY(M)/REAL(NT),0.) SRES 22
130 CONTINUE SRES 23
IF(NN.EQ.NT) GO TO 150 SRES 24
DO 140 M=NN+1,NT SRES 25
C(M)=(0.,0.) SRES 26
140 CONTINUE SRES 27
150 CALL FAST(NT,C,8192,-1) SRES 28
C SRES 29
C FREQUENCY RESPONSE FUNCTION SRES 30
C SRES 31
DF=1./REAL(NT)/DT SRES 32
IF(IND.EQ.21) GO TO 160 SRES 33
CALL FESP(L,TH,UW,G,P,Q,ND1,LOBJ,LREF,DF,NFOLD,H,4097,0, SRES 34
* IND-11) SRES 35
GO TO 180 SRES 36
160 CALL FESP(L,TH,UW,G,P,Q,ND1,LREF,LOBJ,DF,NFOLD,H,4097,0,1) SRES 37

```

```

DO 170 K=1,NFOLD
H(K)=(1.,0.)/H(K)
170 CONTINUE
C
C   OBJECTIVE TIME-HISTORY
C
180 C(1)=C(1)*H(1)
DO 190 K=2,NFOLD-1
C(K)=C(K)*H(K)
C(NT-K+2)=CONJG(C(K))
190 CONTINUE
C(NFOLD)=C(NFOLD)*H(NFOLD)
CALL FAST(NT,C,8192,+1)
ACMAX=0.
DO 200 M=1,NN
ACC(M)=REAL(C(M))
ACMAX=AMAX1(ACMAX,ABS(ACC(M)))
200 CONTINUE
RETURN
END
SRES 38
SRES 39
SRES 40
SRES 41
SRES 42
SRES 43
SRES 44
SRES 45
SRES 46
SRES 47
SRES 48
SRES 49
SRES 50
SRES 51
SRES 52
SRES 53
SRES 54
SRES 55
SRES 56
SRES 57

```

【使用例 1】 下表に示した地盤に対し，深さ10.90 m の軟岩上端面で観測された加速度時刻歴を，ファイル EQ.03 から読み込んで入力として与え，地表面における応答加速度時刻歴を求めよ．

層	深さ(m)	土質	層厚(m)	単位体積重量 ( $\text{tf}/\text{m}^3$ )	せん断弾性係数 ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )
1	0.00	粘土	3.80	1.50	1200
2	3.80	砂質粘土	3.20	1.67	2900
3	7.00	砂	3.90	1.85	5700
4	10.90	軟岩	—	1.95	50000

[ 解 ]

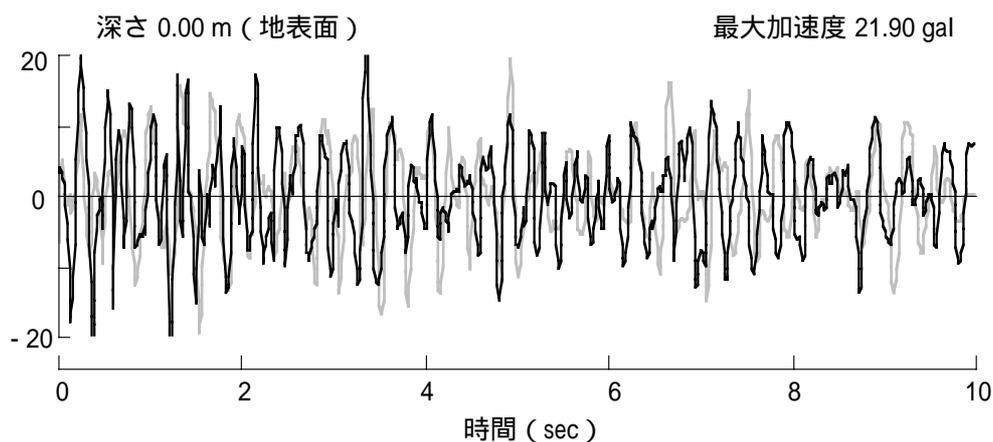
プログラム：

```

DIMENSION TH(4),UW(4),G(4),P(4),Q(4),DDY(1000),ACC(1000)
DATA L/4/,TH/3.8,3.2,3.9,0./,UW/1.50,1.67,1.85,1.95/,
* G/1200.,2900.,5700.,50000/,P/4*1.8/,Q/4*0.02/,
* LOBJ/1/,LREF/4/,IND/11/
C
READ(5,501) DT,NN,(DDY(M),M=1,NN)
CALL SRES(L,TH,UW,G,P,Q,4,LOBJ,LREF,DT,NN,DDY,ACC,1000,
* ACPMAX,IND)
STOP
C
501 FORMAT(T51,F10.0,I10/(8F10.0))
END
SRES 1
SRES 2
SRES 3
SRES 4
SRES 5
SRES 6
SRES 7
SRES 8
SRES 9
SRES 10
SRES 11
SRES 12

```

アウトプット：結果は，配列 ACC に格納されており，プロットすると次図の實線のようになる．なお，この図にはファイル EQ.02（地表面における同時実測記録）の加速度時刻歴も，参考のため陰線で記入してある．



【使用例 2】 [使用例 1] と同一の地盤で，地表面における加速度時刻歴をファイル EQ.02 から読み取り，深さ10.90 m までの地盤のはぎ取りを行って，軟岩上端面を露出させたと仮定し，この面における加速度時刻歴を計算せよ．

[ 解 ]

プログラム：

```

DIMENSION TH(4),UW(4),G(4),P(4),Q(4),DDY(1000),ACC(1000)           1
DATA      L/4/,TH/3.8,3.2,3.9,0./,UW/1.50,1.67,1.85,1.95/,         2
*         G/1200.,2900.,5700.,50000/,P/4*1.8/,Q/4*0.02/,         3
*         LOBJ/4/,LREF/1/,IND/21/                                   4
C
READ(5,501) DT,NN,DDYMAX,(DDY(M),M=1,NN)                            5
WRITE(6,601) DDYMAX                                                 6
CALL SRES(L,TH,UW,G,P,Q,4,LOBJ,LREF,DT,NN,DDY,ACC,1000,          7
*         ACMAX,IND)                                               8
WRITE(6,602) ACMAX                                                 9
STOP                                                                10
C                                                                    11
501 FORMAT(T51,F10.0,I10,F10.0/(8F10.0))                            12
601 FORMAT('MAX.ACCELERATION'/T3,'GROUND SURFACE',F10.2,TR1,'(GAL)') 13
602 FORMAT(T3,'EXPOSED ROCK ',F10.2,TR1,'(GAL)')                  14
END                                                                    15
END                                                                    16

```

アウトプット： 解放岩盤面上における加速度時刻歴は，配列 ACC に格納されており，最大加速度は下のとおり 8.71 gal になっている．

```

MAX.ACCELERATION
GROUND SURFACE      19.70 (GAL)
EXPOSED ROCK        8.71 (GAL)

```