

# 地盤モデルとDYNEQ、CKC-Liq を利用した解析演習

地盤工学会 関東支部

関東地域における地盤情報の社会的・工学的活用法の検討委員会  
(委員長：龍岡文夫、副委員長：安田 進、幹事長：清木隆文)

中央開発株式会社 王寺 秀介

## 1. 地震応答解析の実施例

電子地盤図の地盤モデルを用いた地震応答解析の実施例を紹介する。

この事例は、地盤モデルのTXTファイルを[地震応答解析プログラム\(DYNEQ\)](#)用の入力ファイルに変換し、地震応答解析を行った事例である。

## 2. 液状化解析の実施例

電子地盤図の地盤モデルを用いた[液状化解析\(CKC-LIQ\)](#)の実施例を紹介する。

# 地震応答解析の実施例

## ご用意して頂くもの

### □ DYNEQプログラム

(下記HPよりダウンロードしてください。)

<http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida/computercodes/index.html>

### □ 地盤モデルデータファイル: (TXT形式)

(付属DVD内に添付): 本講習会では千葉市を使用します。

### □ DYNEQ用入力ファイル変換プログラム : convDYNEQ.exe

(付属DVD内に実行形式とソースコードを添付)

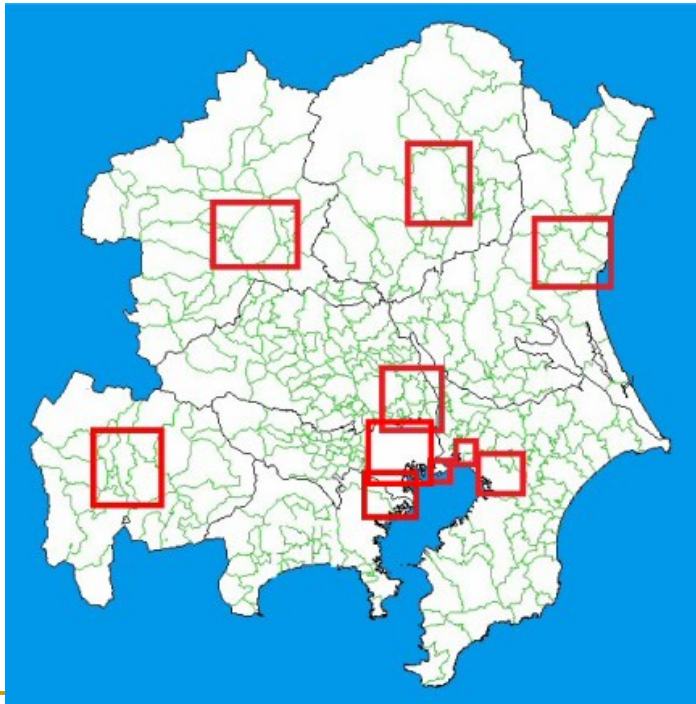
### □ 地震波データ

(DYNEQのマニュアルに添付。EL-NS.wavを使用)

# 電子地盤図データ

## 【全国電子地盤図とは】

- 地盤工学会「表層地盤情報データベース連携に関する研究委員会」
- 全国を250m区画に分割し、深さ100mより浅い地盤について各区画の代表的な地盤構造を既存の地盤情報からモデル化
- 広域な地震動予測や液状化検討を行う場合は、ボーリング単位ではなく、地盤モデルを作成することが有効である。



## 【電子地盤図を作成した範囲】

水戸市，宇都宮市，前橋市，さいたま市，東京地区，千葉市，浦安市，習志野市，川崎市，甲府市

## 【モデル化した項目】

地層構成，土質区分，N値，地下水位

# 電子地盤図データフォーマット

## 【データ項目】

- メッシュ位置座標(緯度経度)
- 標高、地下水位
- 土質区分
- 上端深度、下端深度
- N値

土質区分	記号
粘性土	C
砂質土	S
礫質土	G
火山性土	V
高有機質土	P
有機質土	O
人工材料	A
岩盤	R

1	* 更新年 2010年 ↓
2	メッシュコード, 5339-4632-31, 座標系, 世界測地系(JGD2000) ↓
3	139.7750000, 35.6958333, 139.7781250, 35.6979167, 世界測地系(JGD2000) ↓
4	標高(TPm), 3.39 ↓
5	地下水位(GL-m), 2.08 ↓
6	対象層, 工学的基盤面 ↓
7	層の厚さ(m), 28.73 ↓
8	* 土質コード, 上端深度(GL-m), 下端深度(GL-m), N値 ↓
9	S, 0.00, 1.00, 3.25 ↓
10	S, 1.00, 2.00, 2.79 ↓
11	S, 2.00, 3.00, 2.27 ↓
12	S, 3.00, 4.00, 7.47 ↓
13	S, 4.00, 5.00, 12.42 ↓
14	S, 5.00, 6.00, 10.63 ↓
15	S, 6.00, 7.00, 14.82 ↓
16	C, 7.00, 8.00, 9.65 ↓
17	S, 8.00, 9.00, 22.42 ↓
18	S, 9.00, 10.00, 27.16 ↓
19	S, 10.00, 11.00, 30.60 ↓
20	S, 11.00, 12.00, 30.65 ↓
21	S, 12.00, 13.00, 31.51 ↓
22	S, 13.00, 14.00, 33.14 ↓
23	S, 14.00, 15.00, 34.31 ↓
24	S, 15.00, 16.00, 37.69 ↓
25	S, 16.00, 17.00, 41.90 ↓
26	S, 17.00, 18.00, 44.46 ↓
27	S, 18.00, 19.00, 47.35 ↓

# DYNEQとは

等価線形化手法に基づく一次元地盤の地震応答解析プログラム

## 【DYNEQの特徴】

SHAKE、FDELと同様な計算ができ、以下に示す特徴を持つ。

- 散乱の減衰を考慮
- 周波数に依存した減衰
- 周波数依存性を考慮した非線形特性

<http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida/computercodes/index.html>

## 【出典】

吉田望(2008):DYNEQ A computer program for DYNamic response analysis of level ground byEQuivalent linear method, 東北学院大学工学部, <http://boh0709.ld.infoseek.co.jp/>

# DYNEQ入力データフォーマット

## 【入力データ項目】(○: 必須項目)

制御文字	必要性	節	作業内容
CONTROL		3.2	基本定数の設定
TITLE		3.3	タイトル
MATERIAL	○	3.4	材料の指定
LAYER	○	3.5	地盤状態の指定
EARTHQUAKE	○	3.6	地震波の定義
RESPONSE	○	3.7	応答解析を始める指示
TIMERESP		3.8	時刻歴の出力
AMPRESP		3.9	増幅スペクトルの出力
SPECOUT		3.10	応答スペクトルの出力
FOURIE		3.11	フーリエスペクトルの出力
FREQPROP		3.12	周波数ごとの材料特性の出力
ELASTMODEL		3.13	非線形データから線形データを作成
SAWADA		3.14	沢田らの略算法
DYNEQ		3.15	DYNEQ の特殊な設定
END		—	プログラム実行の終了

```

DATA.DAT - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
CONTROL
      2
TITLE
Example data for DYNEQ
MATERIAL
      4
      1  0  10  8      100.
1.E-6  1.E-5  3.16E-5  1.E-4  3.16E-4  1.E-3  3.16E-3  1.E-2
0.998  0.987  0.982  0.889  0.719  0.444  0.202  0.074
2.  2.  2.  2.  2.22  5.62  11.1  16.0  19.0
      2  0  10  8      200.
1.E-6  1.E-5  3.16E-5  1.E-4  3.16E-4  1.E-3  3.16E-3  1.E-2
0.999  0.995  0.984  0.952  0.883  0.866  0.337  0.166
2.  2.  2.  2.  2.47  6.0  11.0  15.
      3  0  2
0.001  20.  2.
      4  0  0      500
0.
LAYER
      13
      3  12.0  0.  0.  1.6
      7  22.5  1.7
      12  34.0  1.8
      13  4  2.0
EARTHQUAKE
1000 20480.01  10.
      1  0  13  2  0.005  EL-Centro 1940 N-S
E1-MS.wav
      (8F9.0)
RESPONSE
      0  1
TIMERESP
      4  time.out
      1  2  2  4
      1  3  5  1
AMPRESP
      1  3amp.out
      1  13
SPECOUT
      1  3resp.out
      1  12.  5.  10.
FOURIE
      2  fou.out
      1  13
      5  1
END
    
```

# DYNEQ入力ファイル変換プログラム

プログラム名 : convDYNEQ.exe

## 今回の事例プログラムで、自動で変換する項目

制御文字	必要性	節	作業内容
CONTROL		3.2	基本定数の設定
TITLE		3.3	タイトル
MATERIAL	○	3.4	材料の指定
LAYER	○	3.5	地盤状態の指定

### 【電子地盤図データ項目】

- メッシュ位置座標
- 標高、地下水位
- 土質区分
- 上端深度、下端深度
- N値

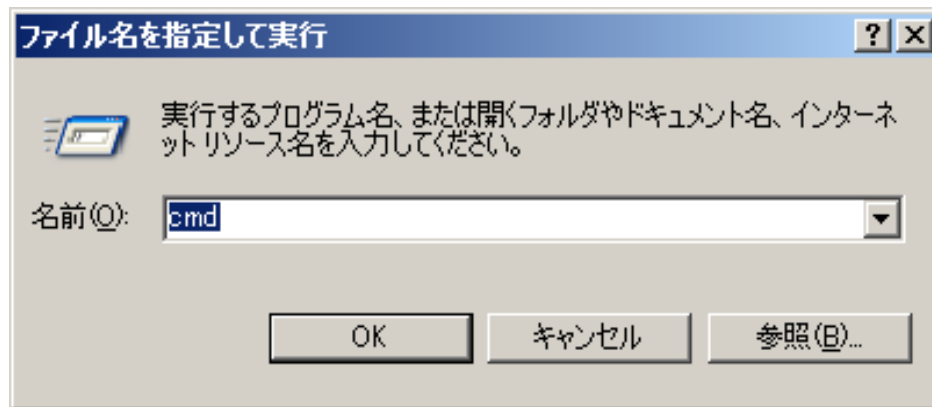
※実務で使用する場合は、定数の設定等のソースコードを変更して使用してください。



# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換手順(付録F P227)

- ①Windowsのスタートメニューより「コマンドプロンプト」を立ち上げる。通常は、「プログラム」→「アクセサリ」→「コマンドプロンプト」である。または、ファイル名を指定して実行より、「cmd」と入力することでも起動できる。



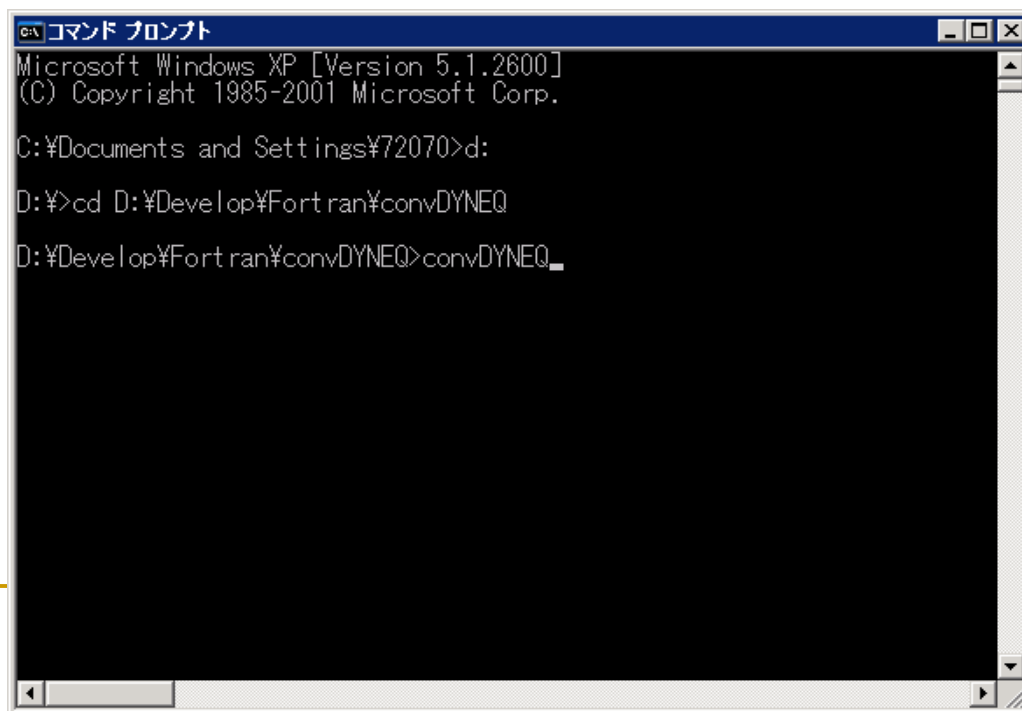
# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換手順(付録F P228)

② コマンドプロンプトの作業フォルダをプログラムおよびデータの入っているフォルダに設定する。(例:「D:¥Dyneq」)

1)ドライブ変更「D:」を入力する。

2)フォルダ変更「cd Dyneq」を入力する。



```
コマンド プロンプト
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:¥Documents and Settings¥72070>d:
D:¥>cd D:¥Develop¥Fortran¥convDYNEQ
D:¥Develop¥Fortran¥convDYNEQ>convDYNEQ_
```

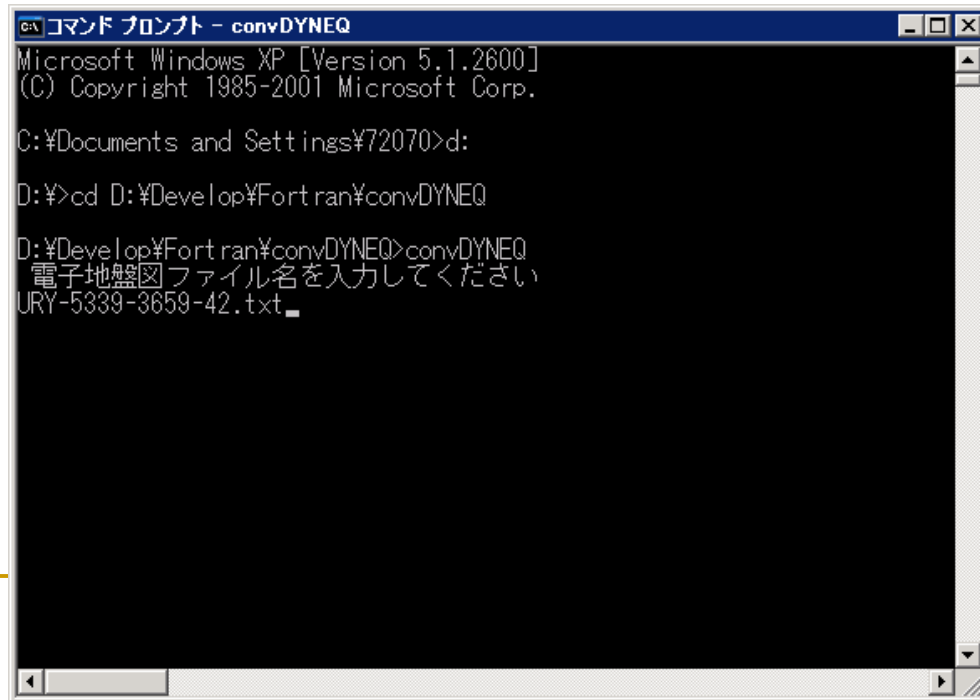
# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換手順(付録F P228)

- ③ 「[convDYNEQ](#)」と入力する。以下3つの項目について入力し、「Enter」キーを押す。

### 【電子地盤図ファイル名の入力】

「[電子地盤図ファイル名を入力してください](#)」と表示されるので、TXTファイル名を入力する。この時、TXTファイルが同じディレクトリにある場合はファイル名を、違うディレクトリにある場合はフルパスで指定する。



```
コマンド プロンプト - convDYNEQ
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:¥Documents and Settings¥72070>d:
D:¥>cd D:¥Develop¥Fortran¥convDYNEQ
D:¥Develop¥Fortran¥convDYNEQ>convDYNEQ
 電子地盤図ファイル名を入力してください
URY-5339-3659-42.txt
```

# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換手順(付録F P229)

### 【地盤の種類】

1=沖積低地、2=台地、3=谷底低地 より選択する。本事例では、N値からVsを求めているが、「地盤の種類」に応じてVsを算出する式を変更している。

別の式に変更したい場合は、ソースファイルを変更する。

```
コマンド プロンプト - convDYNEQ
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\72070>d:
D:\>cd D:\Develop\Fortran\convDYNEQ
D:\Develop\Fortran\convDYNEQ>convDYNEQ
電子地盤図ファイル名を入力してください
URY-5339-3659-42.txt
入力ファイル名:URY-5339-3659-42.txt
地盤の種類
1=沖積低地, 2=台地, 3=谷底低地
```

本事例で使用したVsの算出式

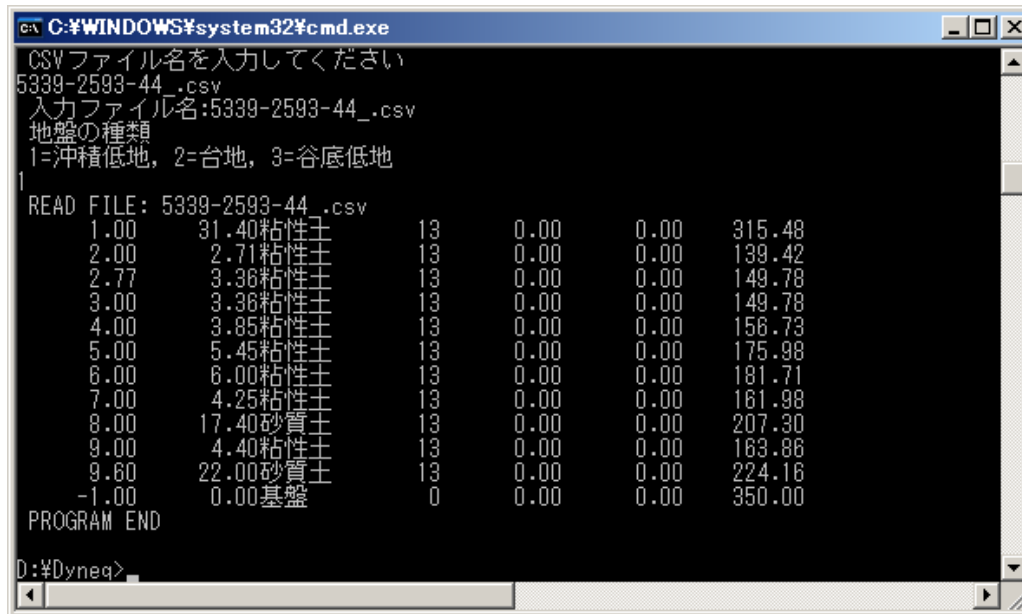
地層記号	土質名	地盤の種類	
		沖積低地、台地	谷底低地
	基盤	350.0	
G	礫質土	$80.0 N^{1/3}$	
S	砂質土	$80.0 N^{1/3}$	
C	粘性土	$100.0 N^{1/3}$	
O	有機質土	$100.0 N^{1/3}$	$(2200.0 \times 9.8 / \rho)^{0.5}$
V	火山灰	$100.0 \times N^{1/3}$	
P	高有機質土	$100.0 N^{1/3}$	$(2200.0 \times 9.8 / \rho)^{0.5}$
A	人工材料	$80.0 N^{1/3}$	

# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換手順(付録F P230)

### 【DATファイルの出力】

DYNEQの入力ファイルとして、拡張子がDATのファイルが作成される。この時、画面上に表示される物性値は、左から深度、N値、土質区分、物性番号、密度、D50、Vsである。ただし、密度とD50の値はすべて「0」が入力されているので、後で適切な値に修正する。



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
CSVファイル名を入力してください
5339-2593-44.csv
入力ファイル名:5339-2593-44.csv
地盤の種類
1=沖積低地, 2=台地, 3=谷底低地
1
READ FILE: 5339-2593-44.csv
 1.00  31.40粘性土    13    0.00  0.00  315.48
 2.00  2.71粘性土    13    0.00  0.00  139.42
 2.77  3.36粘性土    13    0.00  0.00  149.78
 3.00  3.36粘性土    13    0.00  0.00  149.78
 4.00  3.85粘性土    13    0.00  0.00  156.73
 5.00  5.45粘性土    13    0.00  0.00  175.98
 6.00  6.00粘性土    13    0.00  0.00  181.71
 7.00  4.25粘性土    13    0.00  0.00  181.98
 8.00  17.40砂質土    13    0.00  0.00  207.30
 9.00  4.40粘性土    13    0.00  0.00  183.86
 9.60  22.00砂質土    13    0.00  0.00  224.16
-1.00  0.00基盤        0    0.00  0.00  350.00
PROGRAM END
D:\Dyreq>
```

# DYNEQ入力ファイル変換プログラム

## 変換手順(付録F P230)

### ④ 出力ファイルの内容

- 基本制御項目「CONTORL」、タイトル「TITLE」、材料特性「MATERIAL」、地盤データ「LAYER」が自動作成される。
- 「MATERIAL」項目の  $\rho$  とD50は「0」が入力されているため、テキストエディタ等で修正する。
- 「EQRTHQUAKE」項目などの必要なデータも追記する。  
次ページの編集例では、「ES-NS.wav」という地震波形データを入力している。  
なお、入力データのフォーマットについては、DYNEQのマニュアルなどを参照すること。

# DYNEQ入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231)

### CONTROL

20 100 2 1 9.800 5.000 0.650 9.800

### TITLE

5339-2593-44

### MATERIAL

3 0

1 0 13 0 315.48344粘性土

0.00

0.000 0.5 98.0

2 0 13 0 207.30340砂質土

0.00

0.000 0.5 98.0

3 0 0 0 350.00000基盤

0.00

0.0

### LAYER

13 4

1 1 1.000

2 2 1.000

3 3

NNUM, ITER0, IDMP, IMULT, ACCG, ERR0, ALPHA, MATROW, MXFIL (4I5, 4F10.0, A20)

- 1~ 5 NNUM 材料非線形の表を用意するためのひずみデータの数。NNUMは2以上の値でなければならない。初期値として20が割り当てられている。表形式の動的変形特性で20以上のひずみを指定するのでなければ、この数値はいじらない方がよい。
- 6~10 ITER0 収束のためのイタレーションの最大回数。初期値100
- 11~15 IDMP 複素剛性の計算方法。初期値=1  
=1:  $G^* = G(1 + 2ih)$  (理論: Voigt モデル)  
=2:  $G^* = G(1 - 2h^2 + 2ih\sqrt{1 - h^2})$  (SHAKE での改良)  
=3:  $G^* = \frac{G}{1 - 2ih} = \frac{1 + 2ih}{1 - 4h^2} G$  (Maxwell モデル)
- 16~20 IMULT 多入力入力の指示  
=1: 一方向入力  
=2: 二方向入力
- 21~30 ACCG 重力加速度。初期値9.80665
- 31~40 ERR0 イタレーション終了のための誤差判定値 (%)。初期値5%。
- 41~50 ALPHA 最大ひずみから有効ひずみを求めるためにかける係数。初期値0.65。材料データで、個々の要素ごとに指定できる。材料データで指定がなかったときにこの値が用いられる。DYNEQの手法を用いるときにはこの値は用いられない。
- 51~60 WATROW 水の単位体積重量。初期値1.0。有効拘束圧を用いた実験式などの構成則を使うときには値が必要である。

# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231)

```

CONTROL
 20 100 2 1 9.800 5.000 0.650 9.800
TITLE
5339-2593-44
MATERIAL
 3 0
 1 0 13 0 315.48344粘性土
 0.00
 0.000 0.5 98.0
 2 0 13 0 207.30340砂質土
 0.00
 0.000 0.5 98.0
 3 0 0 0 350.00000基盤
 0.00
 0.0
LAYER
 13 4
 1 1 1.000
 2 2 1.000
 3 3
    
```

- 1~5 II 材料番号。1から順番に大きくなっていくように入力する。
- 6~10 MSCT 散乱の減衰の考慮に関するフラグ。なお、散乱の減衰に関しては3.7節のRESPONSEに関する入力のうち、3.7.1項で入力するISCATとも密接に関連するので、必ず参照のこと  
 =0: 散乱の減衰は考慮しない  
 =1: 散乱の減衰を考慮し、各層ごとに定数を与える。定数は3.4.3項で与える。  
 =2: 散乱の減衰を考慮するが定数は各層で共通である。この際には、3.7節のRESPONSEに関する入力のところで定数を与える。
- 11~15 MTYP 材料の種類。  
 =0: 弾性。このあと3.4.4.1項に従い入力する。  
 =1: Hardin-Drnevich の提案による非線形特性を用いる。このあと3.4.4.2項に従い入力する。  
 =2: 双曲線モデル。このあと3.4.4.3項に従い入力する。  
 =3: Ramberg-Osgood モデル。このあと3.4.4.4項に従い入力する。  
 =10: 非線形。表形式で、ひずみの値とそれに対応する剛性比、減衰定数を入力する。このあと3.4.4.5項に従い入力する。  
 =11: 表形式で、MTYP=1と同じであるが、拘束圧依存性を自動的に考慮する。このあと0項に従い入力する。  
 =12: 港湾の技術上の指針。このあと3.4.4.6項に従い入力する。  
 =13: 安田・山口の提案式。このあと3.4.4.8項に従い入力する。  
 =14: 土木研究所の提案式のうち、沖積粘土。このあと3.4.4.9項に従い入力する。  
 =15: 土木研究所の提案式のうち、洪積粘土。このあと3.4.4.10項に従い入力する。  
 =16: 土木研究所の提案式のうち、砂。このあと3.4.4.11項に従い入力する。  
 =17: 建築基準法、告示1457号に示される粘土  
 =18: 建築基準法、告示1457号に示される砂  
 =19: JR 指針に示される盛土のうち土質① (粒度の良好な砂、砂礫; 岩砕)  
 =20: JR 指針に示される盛土のうち土質② (一般の砂、砂礫; 豊浦砂)  
 =21: JR 指針に示される盛土のうち土質③ (粒度配合の悪い砂; 稲城砂)  
 =22: JR 指針に示される盛土のうち土質④ (粘性土; 岩手ローム)  
 =23: 体積軟岩に対する式
- 16~20 NTAB MTYP=10, 11の時のみ必要で、異なるひずみの数。3.2節で入力した NNUM より小さい値でなければいけない。NTAB が NNUM より大きくなる時には、3.2節の NNUM の値を NTAB より大きくなるように事前に変更しておく必要がある。
- 21~30 GMAX 微小ひずみ時のせん断弾性係数  $G_{max}$ 。  $G_{max}$  の値は必ずしもここで入力する必要はなく、次に述べる VS でも入力出来るし、層ごとに3.5節で入力することも出来る。各層ごとの入力の際  $G_{max}$  の値が入力されないうちここで入力した値が用いられる。
- 31~40 VS せん断波速度  $V_s$ 。 GMAX が0の時、VS に0でない値が入力されていれば、VS より GMAX を計算する。層ごとに3.5節で入力することも出来る。
- 41~80 CNAM 材料特性名。印刷時に用いられるだけなので、特に入力不要である。



# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231-232)

```
CONTROL
 20 100 2 1 9.800 5.000 0.650 9.800
TITLE
5339-2593-44
MATERIAL
 3 0
 1 0 13 0 315.48344粘性土
 0.00
 0.000 0.5 98.0
 2 0 13 0 207.30340砂質土
 0.00
 0.000 0.5 98.0
 3 0 0 0 350.00000基盤
 0.00
 0.0
LAYER
 13 4
 1 1 1.000
 2 2 1.000
 3 3
```

### 二行目の入力

1~10 ROW

単位体積重量: 地下水位以下の層では、地下水を含む湿潤単位体積重量である。単位体積重量の値は必ずしもここで入力する必要はなく、層ごとに3.5節で入力することも出来る。各層ごとの入力の際単位体積重量の値が入力されないときここで入力した値が用いられる。

### 【単位体積重量】

砂:18、粘土:16、基盤:20と入力する

### 3.4.4.8 MTYP=13: 安田・山口の実験式に基づく材料特性

D50, AK0, FAC, HMINYS, HMAXYS (5F10.0)

- |              |   |
|--------------|---|
| 1~10 D50     | 平均粒径 $D_{50}$ 。単位は mm である。  |
| 11~20 AK0    | 静止土圧係数 (0を入力すると0.5に変更する)  |
| 21~30 FAC    | 拘束圧補正のための係数。提案式は、 $\text{kgf/cm}^2$ の単位を用いて定義されている。したがって、 $1\text{kgf/cm}^2$ を現在の単位系で表した数値を入力する。たとえば、 $\text{tf/m}^2$ であれば、10、kPaであれば98を用いる。                          |
| 31~40 HMINYS | >0の時のみ意味があり、ひずみの最小値に対する減衰が HMINYS より大きいとき、最小減衰が HMINYS (%) になるように、小さいひずみに対して減衰が次第に小さくなるように設定する。HMINYS=0はこの補正をしないことを意味するので、0を用いたいときには非常に小さい値 (たとえば1.E-20) を用いる。2.9節参照。 |
| 41~50 HMAXYS | >0の時のみ意味があり、ひずみの最大値に対する減衰が HMAXYS より小さいとき、最大減衰が HMAXYS (%) になるように、大きいひずみに対して減衰が次第に大きくなるように設定する。   |

### 【 $D_{50}$ 】

砂:0.150、粘土:0.020と入力する

# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231-232)

```
LAYER
  13  4
   1  1  1.000
   2  2  1.000
   3  3
EARTHQUAKE
2201 4096 0.01 20.000
  1 4096 31 3 0.00 0.01
EL-NS.WAV (8F09.4)
RESPONSE
0 0 2 0 0 0 2. 10.
TIMERESP
  1 0TIME.out
  1
  1
END
```

NACC, NT1, DT, CUTFQ (2I5, 2F10.0)

1~ 5 NACC 地震波のデータ数。  
6~10 NT1 計算に用いる時間増分の数。NT1は NACC より大きく、かつ2のべき乗である。この条件を満たさないときは、プログラムが適当な数を見つける。NACC+1から NT1の間の入力は0と設定される。  
11~20 DT 時間増分。  
21~30 CUTFQ この周波数より大きい部分の計算は行わない。

NSKP, NACC0, LIPT, LTYP, EQMAX, EQMULT, EANUM (4I5, 2F10.0, A20)

1~ 5 NSKP 地震波を読み込む際、ファイルから地震波を読み込むまでに読み飛ばす行またはレコード数。一般に地震はファイルの最初には地震波に関するコメントなどが書いてあるので、これを読み飛ばすために用いる。  
6~10 NACC0 時刻歴出力のためのデータの数。入力されない場合、または0の場合には、前項で入力した NACC(地震波のデータの数)が用いられる。また、NACC0=-1が入力されると、前項の NT1 (NACC より大きい2のべき) が用いられる。  
11~15 LIPT 地震波を定義する層番号。上から順番に1, 2, ...と数える。すなわち地表が1, 基盤が NLAY である。  
16~20 LTYP 地震波の種類。  
=1: 入射波 (E)  
=2: 複合波 (E+F)  
=3: 解放基盤波 (2E)  
=4: 反射波 (F) (物理的には意味はない。)  
21~30 EQMAX 地震波の最大値。ここに値が入力されていればプログラムは入力された加速度波の最大値が EQMAX となるように大きさを変更する。EQMAX<0が入力されたときには、加速度波の符号も反転させる。  
31~40 EQMULT 地震波用の乗数。ここに値が入力されていれば、入力した加速度を EQMULT 倍したものを入力として用いる。  
41~60 EQNUM 地震波名。印刷の時に用いられる。

# DYNEQ入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231-232)

```
LAYER
 13 4
  1 1 1.000
  2 2 1.000
  3 3
EARTHQUAKE
2201 4096 0.01 20.000
 1 4096 31 3 0.00 0.01
EL-NS.WAV (8F09.4)
RESPONSE
0 0 2 0 0 0 2. 10.
TIMERESP
 1 0TIME.out
 1
 1
END
```

EQFIL, EQFMT (A20, A40)

1~20 EQFIL 地震波を読み込むファイル名。空白であればユニット番号11 (fort.11) が用いられる。

21~60 EQFMT 地震波を読み込むためのフォーマット。両端を括弧で括っておく必要がある。(例: (8F9.3))。空白が入力されると書式なしファイルとして読み込みに行く。

# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231-232)

```

LAYER
  13 4
  1 1 1.000
  2 2 1.000
  3 3
EARTHQUAKE
2201 4096 0.01 20.000
  1 4096 31 3 0.00 0.01
EL-NS.WAV (8F09.4)
RESPONSE
0 0 2 0 0 0 2. 10.
TIMERESP
  1 0TIME.out
  1
  1
END
    
```

IVELOT, ISCAT, IANATP, ISHCON, NBND, LSTES, DMPF, DYNFRW (11, 14, 415, 5X, 2F10.0)

- 1~ 1 IVELOT 最大速度の出力を制御する  
 =0: 絶対最大速度を出力する。  
 =1: 相対最大速度を出力する。
- 2~ 5 ISCAT 散乱の減衰の考慮に関するフラグ  
 =0: 散乱の減衰は考慮しない。このとき、3.4.2項の MSCT に応じて、3.4.3項で入力した値は意味なくなる。  
 =1: 散乱の減衰は要素ごとに与える。この際、3.4.2項の MSCT=1が指定されていれば、3.4.3項で入力した値が有効となり、MSCT=2が指定されていれば次の行で入力する減衰が有効となる。MSCT=0の層では減衰は考慮しない。  
 =2: 散乱の減衰は地盤全体で与える。3.4.2項の指定に関わらず、次の行で入力する減衰が有効となる。
- 6~10 IANATP 解析の際の、有効ひずみの周波数依存性の考慮に関する指示。なお、IMULT=2 (二方向入力) の時、IANATP≥2は使えない。  
 =1: 有効ひずみは周波数に依存しない。 $\gamma_{eff} = \alpha \cdot \gamma_{max}$  (SHAKEの方法)  
 =2: 有効ひずみは周波数に依存する。(吉田らの方法)
- $$\gamma_{eff} = \begin{cases} \gamma_{max} & (f < f_p) \\ \gamma_{max} - A(\log f - \log f_p)^m & (f_p \leq f \leq f_s) \\ 0 & (f > f_s) \end{cases}$$
- ここで、べき  $m$  は3.4.2項で入力した HDMPF である。もし、HDMPF=0であれば、この後で入力する DMPF が用いられる。また、 $f_p$  は DYNFRW としてこの行の最後で入力する。  
 =3: 有効ひずみは周波数に依存する。(杉戸らの方法)
- $$\gamma_{eff} = \alpha \cdot \gamma_{max} (F(\omega)/F_{max})^a$$
- ここで、べき  $a$  は3.4.2項で入力した HDMPF である。もし、HDMPF=0であれば、この後で入力する DMPF が用いられる。  
 =4: せん断定数に関しては周波数に依存しない (IANATP=1と同じ) が、減衰に関しては周波数のべきに比例する。IANATP=1の際の減衰を  $h_0$  と表したとき、減衰  $h$  は周波数  $f$  の関数として次式で与えられる。(佐藤らの方法)
- $$h = h_0 f^a$$
- ここで、べき  $a$  は3.4.2項で入力した HDMPF である。もし、HDMPF=0であれば、この後で入力する DMPF が用いられる。
- 11~15 ISHCON 二方向入力の際の、最大ひずみの計算方法  
 =1:  $\gamma_{max} = \sqrt{\gamma_{x,max}^2 + \gamma_{y,max}^2}$   
 =2:  $\gamma_{max} = \left( \sqrt{\gamma_x^2 + \gamma_y^2} \right)_{max}$   
 =3: ベクトルスベクトル
- 16~20 NBND IANATP=3, 11のとき用いる三角形ウィンドウによる平滑化の片側バンド幅。

# DYNEQ入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231-232)

```
LAYER
  13  4
   1  1  1.000
   2  2  1.000
   3  3
EARTHQUAKE
2201 4096  0.01  20.000
   1 4096 31  3  0.00  0.01
EL-NS.WAV          (8F09.4)
RESPONSE
0 0 2 0 0 0 2 10
TIMERESP
  1  0TIME.out
  1
  1
END
```

NBANDに振動数増分と $2 \cdot NBND - 1$ を掛けると周波数領域のバンド幅となる。IANATP=4, 12では最大スペクトルの検出に用いられるのみである。NBND=0であれば平滑化は行わない。

NBNDと平滑化バンド幅 $f_w$  (Hz)との関係は次の通り。

$$f_w = \frac{2 \cdot NBND - 1}{N \cdot \Delta t}$$

ここで、Nは解析データ数(2のべき乗)、 $\Delta t$ は時間増分である。NBNDの標準値は40程度と考えられる。IANATP=3 (FDEL)を用いる場合には、この値が入っていないと計算が収束しない可能性がある。

21~25 LSTRS 最大せん断応力の出力方法に関するフラグ  
=0: 最大応力は、複素剛性を考慮したせん断応力の時刻歴から求める。  
=1: 最大応力は、最大ひずみ( $\gamma_{max}$ )に、有効ひずみ(= $\alpha \gamma_{max}$ )に対応するせん断剛性を掛けて求める。  
(注) SHAKE では LSTRS=1に対応した出力が行われている。剛性や減衰の周波数依存性を考慮するときには、LSTRS=1では誤差が大きすぎるので、LSTRS=0を用いるべきである。しかし、計算量は増える。

31~40 DMPF 周波数依存減衰を考慮するときの各種の設定値。3.7.1項の IANATP=1 (SHAKE)では意味がない。  
IANATP=2 (DYNEQ) : 有効ひずみを周波数依存性の関数として  
$$\gamma_{eff} = \gamma_{max} - A(\log f - \log f_0)^m$$
  
と表したときのべき $m$ で0のとき2.0が用いられる。  
IANATP=3 (FDEL) : 有効ひずみを  
$$\gamma_{eff}(\omega) = \alpha \gamma_{max} \left( \frac{F(\omega)}{F_{max}} \right)^m$$
  
と表したときのべき $m$ で、原論文では1.0である。(0のとき1.0)  
IANATP=4 (Sato) では減衰のべき。(下式の $\alpha$ )  
$$h = h_0 f^\alpha$$

41~50 DYNFRQ IANATP=2 (DYNEQ)の時のみ意味があり、有効ひずみを0とする周波数(0のとき6Hzに設定される)。

# DYNEQ用入力ファイル変換プログラム

## 変換ファイルの説明(付録F P231-232)

```
LAYER
 13 4
 1 1 1.000
 2 2 1.000
 3 3
EARTHQUAKE
2201 4096 0.01 20.000
 1 4096 31 3 0.00 0.01
EL-NS.WAV (8F09.4)
RESPONSE
0 0 2 0 0 0 2. 10.
TIMERESP
 1 0TIME.out
 1
 1
END
```

NWAVE, NSTP, OUTFIL (I15, A20)

1~ 5 NWAVE 出力する時刻歴の波形の数。ただし、NWAVE<0の時は別の意味を持っている。  
=1: 全層の加速度, 絶対速度, 相対変位 (複合波)  
=2: 全層の加速度, 絶対速度, 相対変位 (入射波)  
=3: せん断ひずみ (%) 時刻歴  
=4: せん断応力 (せん断ひずみ×せん断剛性)  
=5: せん断応力 (減衰を履歴減衰として考慮)

6~10 NSTP 出力する時刻歴の時間増分 (ステップ数)。ただし、0と-1は特別な意味を持っている。  
=0: NACC ステップ。すなわち、入力した地震波と同じステップ数。  
=1: 解析を行ったステップ数 (2のべき乗)。

11~30 OUTFIL 出力するファイル名。ブランクであれば、前回出力に用いたのと同じファイルが使われる。一番最初でブランクの時はユニット12「fort.12」が割り当てられる。ファイル名の左側にはブランクを作らず、11コラム目からファイル名を入力すること。前に指定したのと同じ名前を入力すると、前のデータが消されてしまうので注意が必要である。同じファイルに次々出力したいのであればファイル名は最初の一回目だけ指定し、二回目以降はブランクとする必要がある。

(LAYER(I), I=1, NWAVE) (I0I5)

(LOUT(I), I=1, NWAVE) (I0I5)

LAYER(I) 層番号。地表から1,2,...と数える。

LOUT(I) 時刻歴の種類。

=1: 加速度, 相対速度, 相対変位時刻歴 (複合波: E+F)  
=2: 加速度, 相対速度, 相対変位時刻歴 (入射波: E)  
=3: せん断ひずみ (%) 時刻歴  
=4: せん断応力 (せん断ひずみ×せん断剛性)  
=5: せん断応力 (減衰を履歴減衰として考慮)

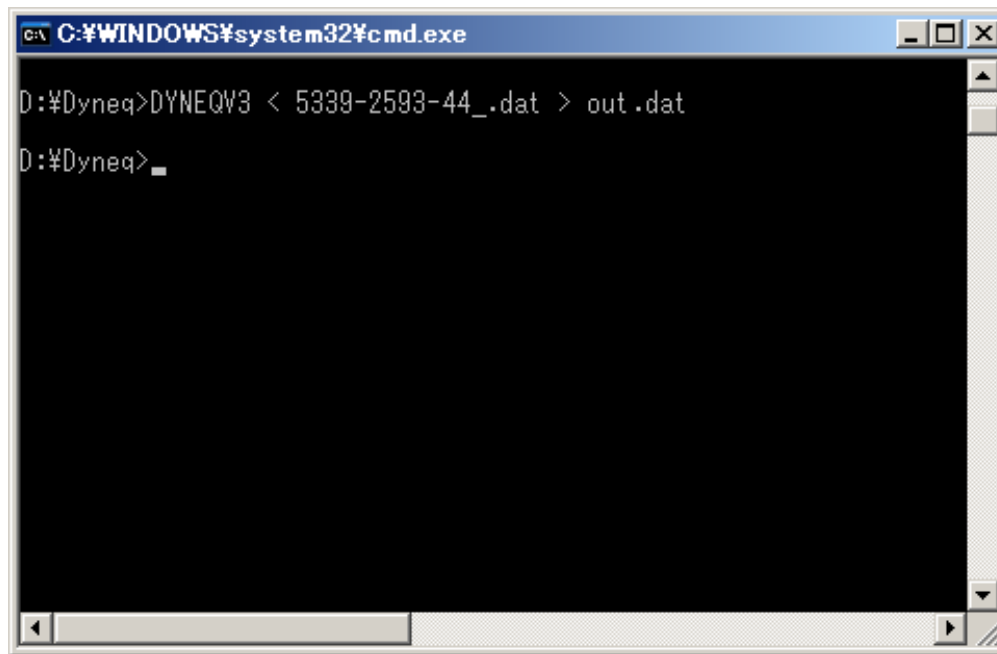
# DYNEQの実行

## 変換手順(付録F P230)

### 【計算の実行】

コマンドプロンプトに、「DYNEQ < 入力ファイル > 出力ファイル」と入力する。なお、地震波データなどは、予め入力ファイルと同じディレクトリにコピーしておく。

計算が終了すれば、out.dat、TIME.outなどが作成される。



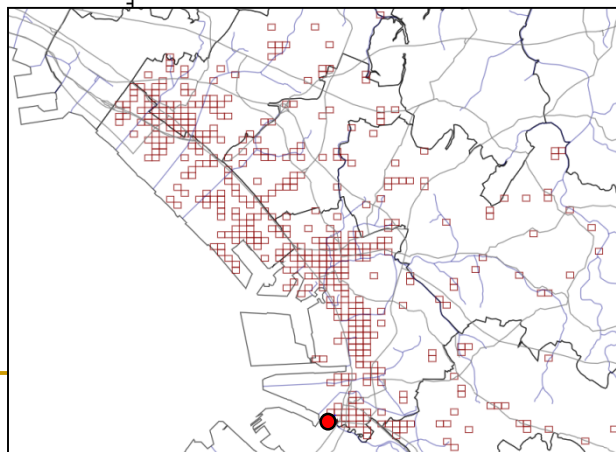
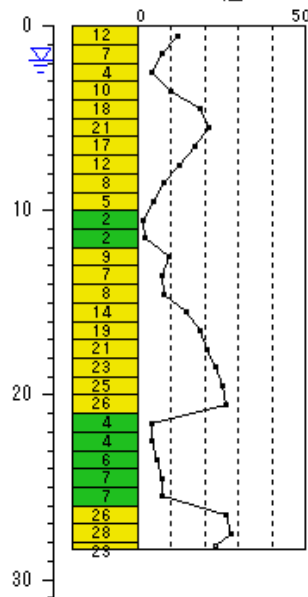
```
cmd C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
D:\Dynea>DYNEQV3 < 5339-2593-44_.dat > out.dat
D:\Dynea>
```

# 解析結果(加速度波形 表示例)

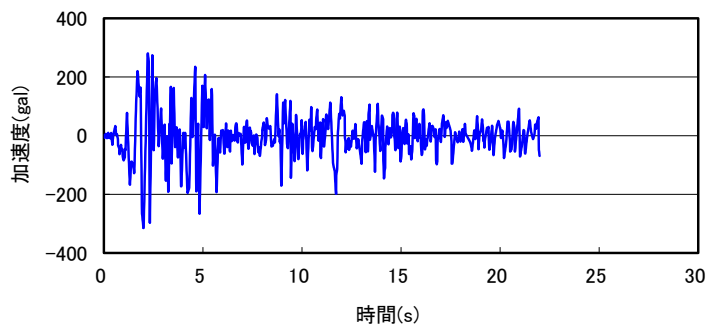
メッシュ番号 5340-2069-21

モデル上端の標高 TP 2.2m

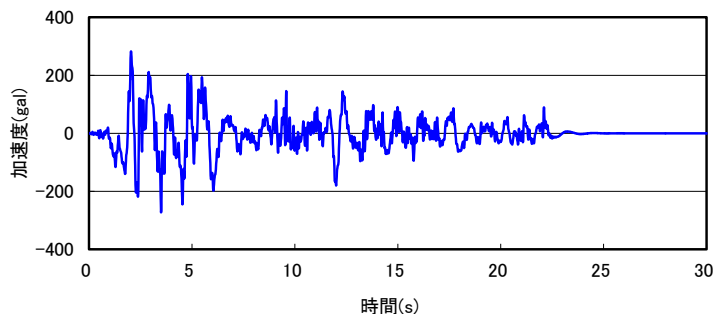
深さ(GL-m) N 値



加速度波形(入力波)



加速度波形(解析結果) 地表面





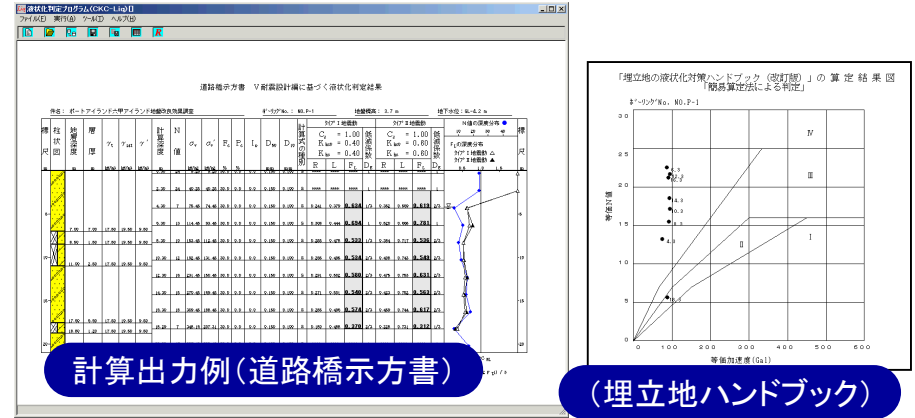
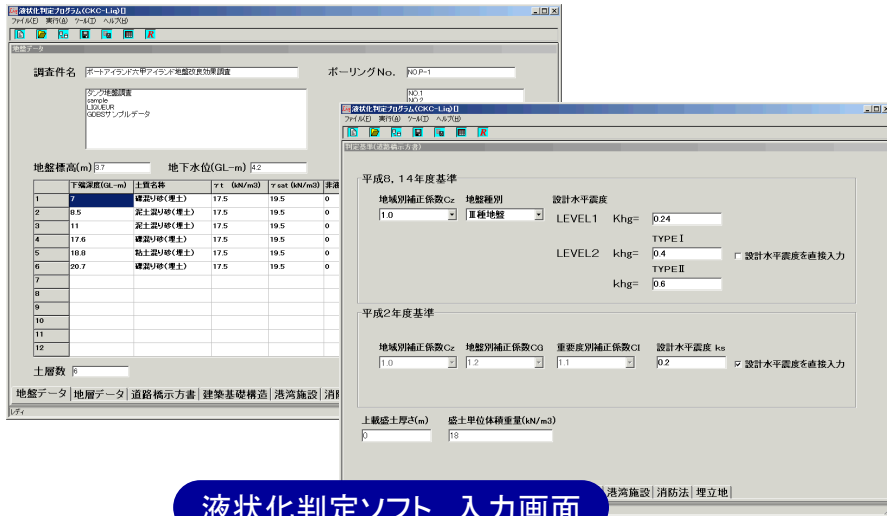
# 液状化解析の実施例

## ご用意して頂くもの

- CKC-LIQプログラム一式  
(付属DVD内にインストーラ添付)
- 地盤モデル データファイル: (TXT形式)  
(付属DVD内に添付): 本講習会では千葉市を使用します。

# 液状化判定ソフト(CKC-LIQ)

<http://g-cube.ckcnet.co.jp/>



## 【判定基準】

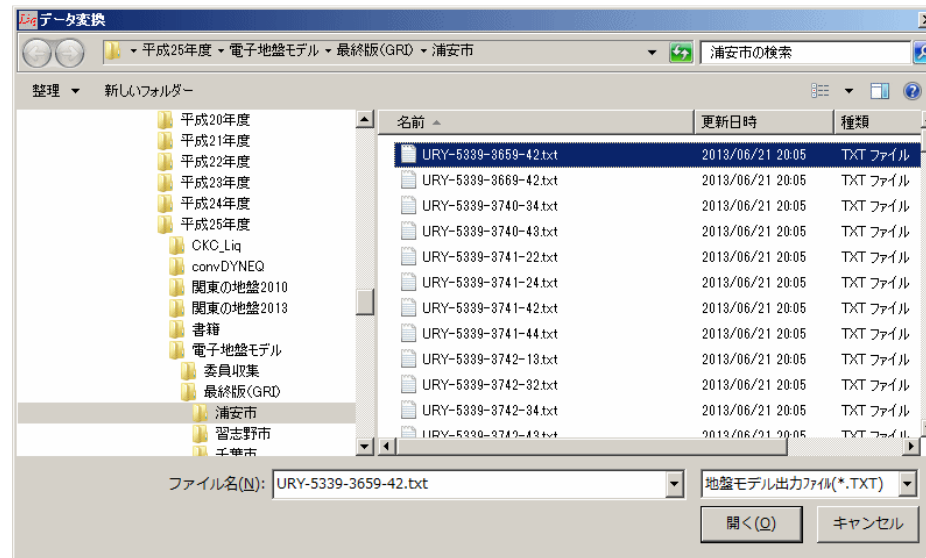
- 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編(H14.3)
- 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編(H8.12)
- 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編(H2.2)
- 建築基礎構造設計指針(H13.10)
- 建築基礎構造設計指針(S63.1)
- 港湾の施設の技術上の基準・同解説(H1.6)
- 消防法(限界N値法)
- 消防法新基準(PL法)
- 埋立地の液状化対策ハンドブック改訂版(H9.8)

**平成21年度 技術業績賞 受賞**

地質データ整理の効率化及び情報化の推進を目的とした柱状図・断面図作成ソフトと簡易液状化判定ソフトの無償公開及びその普及事業

# 液状化解析の実施例

- ①「CKC-LIQ」を立ち上げる。
- ②メニューの「ファイル」-「データ変換(電子地盤図データ)」を選択する。ファイルを開くダイアログが表示されるので、地盤モデルのtxtファイルを選択する。



# 液状化解析の実施例

- ③地盤モデルを読み込む。ここで、自動的に読み込む項目は、土質区分とN値である。その他の地盤定数については、適切な値を入力する必要がある。

液状化判定プログラム(GKC-Liq) [GIB-5340-2069-21.DAT]

調査件名 作成年      ボーリングNo. 作成年

地盤標高(m) 22      地下水位(GL-m) 183

	下端深度(GL-m)	土質名称	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	非液状化層指定
1	1	S	0	0	0
2	2	S	0	0	0
3	3	S	0	0	0
4	4	S	0	0	0
5	5	S	0	0	0
6	6	S	0	0	0
7	7	S	0	0	0
8	8	S	0	0	0
9	9	S	0	0	0
10	10	S	0	0	0
11	11	C	0	0	0
12	12	C	0	0	0

土層数 21

道路橋示方書・高圧ガス

上載盛土厚さ(m) 0

盛土単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>) 18

※上載盛土厚さを含めて20mまでの検討となります

ユーザー参考値でデータ入力

ユーザー参考値ファイル名

参考値UTL

ユーザー参考値で上書きする

地盤データ | 地層データ | 道路橋示方書 | 建築基礎構造 | 港湾施設 | 消防法 | 埋立地 | 高圧ガス

# 液状化解析の実施例

## 【参考値テーブルの設定方法】(裏ワザ)

デフォルトでは、自動的に読み込む項目は、土質区分とN値であるが、参考値テーブルを設定することでその他の地盤定数についても、自動的に読み込むことは可能である。

### 修正ファイル①:

C:¥CKC\_Tools¥CKC\_Liq¥Table¥SoilClass.Tbl

### 修正ファイル②:

CKC\_Liq¥DB¥標準\_SI.MAIN

```

CI,300,↓
S,300,,↓
C,600,,↓
G,100,,↓
O,800,,↓
V,700,,↓
M,2,,↓
(シルト)埋土,500,M,シルト,粘性土↓
(シルト質)粗粒砂,4320,S,砂・砂質土↓
(ヒン岩)砂,300,S,砂・砂質土↓
(砂坑)砂,5300,,↓
(盛土)砂質シルト,40510,S,砂・砂質土↓
(盛土)礫混じりシルト質砂,40322,S,砂・砂質土↓
(炭ガラ)表土,5003,,↓
(表土)粘土混り細中砂,52305,,↓
(埋土)ローム,30099,,↓
(埋土)細中砂,32300,,↓
(埋土)中砂,33300,,↓
(礫混り火山灰),2302,V,火山灰質土↓
As,5003,,↓
    
```

追加

```

(KDATATYPE=2)↓
;コード,土質分類名,γt,γsat,Fc,Pc,lp,D50,D10,計算実行フラグ↓
SC1,"表土",15.0,17.0,30,0,0,0.020,0.1,0↓
SC2,"シルト",15.5,17.5,75,0,0,0.025,0.1,0↓
SC3,"砂質シルト",16.0,18.0,85,0,0,0.040,0.1,0↓
SC4,"シルト質細砂",16.0,18.0,50,0,0,0.070,0.1,0↓
SC5,"微細砂",16.5,18.5,40,0,0,0.100,0.1,0↓
SC6,"細砂",17.5,19.5,30,0,0,0.150,0.1,0↓
SC7,"中砂",18.0,20.0,10,0,0,0.350,0.1,0↓
SC8,"粗砂",18.0,20.0,0,0,0,0.600,0.1,0↓
SC9,"砂れき",19.0,21.0,0,0,0,2.000,0.1,0↓
SC10,"素掘り",16.0,18.0,0,0,0,0,0.1,1↓
SC11,"対象外:粘土",15.0,17.0,0,0,0,0.010,0.1,1↓
SC12,"対象外:砂質土",17.5,19.5,0,0,0,0,0.1,1↓
SC13,"対象外:その他",18.0,20.0,0,0,0,0,0.1,1↓
SC14,"基岩盤",19.0,21.0,0,0,0,0,0.1,1↓
    
```

分類名	コード
礫(砂礫)	100
礫質土	200
砂	300
砂質土	400
シルト	500
粘土	600
有機質土	700
火山灰粘性土	800
腐植土(Pt)	900

# 液状化解析の実施例

- ④地盤モデルを読み込む。「参考値テーブルを参照する」にチェックを入れ、「設定」ボタンをクリックする。



液状化判定プログラム(CKC-Liq) [CIB-5340-2069-21.DAT]

調査件名 作成年 ボーリングNo. 作成年

浦安市電子地盤図  
平成14年度 圏央道(つば島名・柳橋地区)地質調査14K37

浦安市電子地盤図  
14K37-15

地盤標高(m) 2.2 地下水位(GL-m) 1.83

	下端深度(GL-m)	土質名称	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	非液状化層指定
1	1	S	17.5	19.5	0
2	2	S	17.5	19.5	0
3	3	S	17.5	19.5	0
4	4	S	17.5	19.5	0
5	5	S	17.5	19.5	0
6	6	S	17.5	19.5	0
7	7	S	17.5	19.5	0
8	8	S	17.5	19.5	0
9	9	S	17.5	19.5	0
10	10	S	17.5	19.5	0
11	11	C	15	17	1
12	12	C	15	17	1

道路橋示方書・高圧ガス

上載盛土厚さ(m) 0

盛土単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>) 18

※上載盛土厚さを含めて20mまでの検討となります

ユーザー参考値でデータ入力

ユーザー参考値ファイル名

参考値UTL

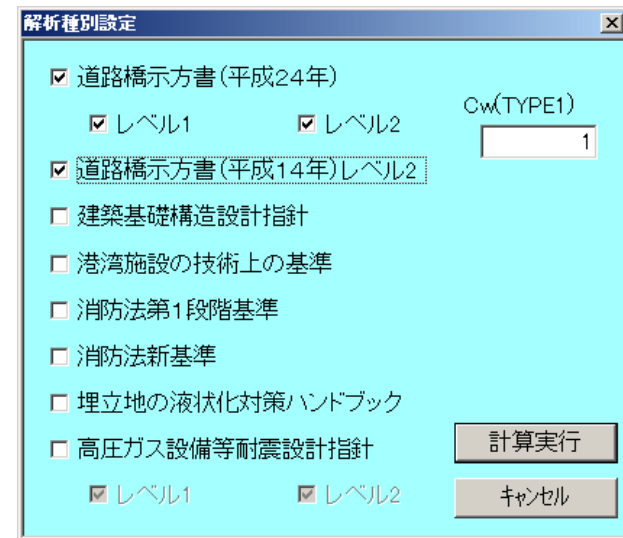
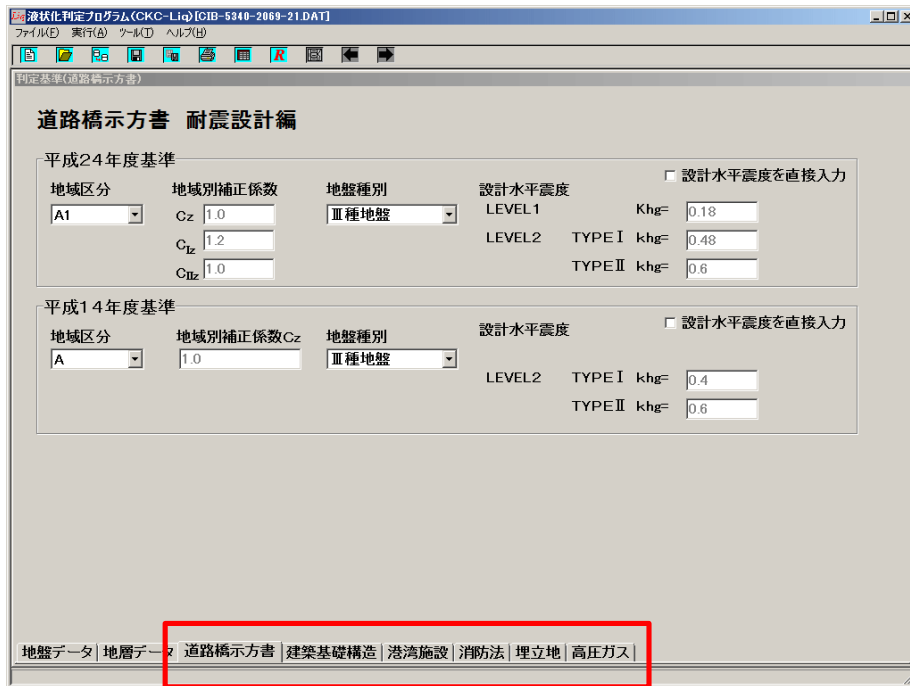
ユーザー参考値で上書きする

地盤定数も入力される

地盤データ | 地層データ | 道路橋示方書 | 建築基礎構造 | 港湾施設 | 消防法 | 埋立地 | 高圧ガス |

# 液状化解析の実施例

⑤次に各指針の外力を設定し、実行ボタンをクリックする。



各指針の外力設定

# 液状化解析の解析結果

道路橋示方書 V耐震設計編に基づく液状化判定結果(平成24年基準 LEVEL1)

件名：作成年

ボーリングNo.：作成年

地盤標高：2.2 m

地下水位：GL-1.83 m

標高 P. m	標尺 m	柱状 図	地層 深度 m	層 厚 m	$\gamma_t$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma'$ kN/m <sup>3</sup>	計算 深度		N 値	$\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_v$ kN/m <sup>2</sup>	$F_c$ %	$P_c$ %	$I_p$ %	$D_{50}$ mm	$D_{10}$ mm	計算 式 の 種 別	レベル1地震動			低減 係 数 C <sub>NL</sub>	N値の深度分布 ●		標尺 m		
								0.15	1.2										P	I	E <sub>L</sub>		10	20		30	40
			1.00	1.00	17.50	19.50	9.50			1.15	7	20.19	20.19	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100		****	****	****	1				
			2.00	1.00	17.50	19.50	9.50			2.15	4	38.27	35.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.216	0.317	<b>0.681</b>	2/3				
			3.00	1.00	17.50	19.50	9.50			3.15	10	57.77	44.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.334	0.370	<b>0.901</b>	1				
			4.00	1.00	17.50	19.50	9.50			4.15	18	77.27	54.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	2.037	0.402	5.085	1				
			5.00	1.00	17.50	19.50	9.50			5.15	21	96.77	63.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	3.290	0.421	7.806	1				
			6.00	1.00	17.50	19.50	9.50			6.15	16	116.27	73.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.567	0.433	1.308	1				
			7.00	1.00	17.50	19.50	9.50			7.15	12	135.77	82.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.306	0.440	<b>0.694</b>	1				
			8.00	1.00	17.50	19.50	9.50			8.15	7	155.27	92.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.228	0.444	<b>0.514</b>	1/3				
			9.00	1.00	17.50	19.50	9.50			9.15	4	174.77	101.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.175	0.445	<b>0.392</b>	1/3				
			10.00	1.00	17.50	19.50	9.50			10.15	1	193.89	110.69	0.0	0.0	0.0	0.010	0.100	-	****	****	****	1				
			11.00	1.00	15.00	17.00	7.00			11.15	2	210.89	117.69	0.0	0.0	0.0	0.010	0.100	-	****	****	****	1				
			12.00	1.00	15.00	17.00	7.00			12.15	9	228.27	125.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.235	0.448	<b>0.525</b>	2/3				
			13.00	1.00	17.50	19.50	9.50			13.15	7	247.77	134.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.206	0.443	<b>0.464</b>	2/3				
			14.00	1.00	17.50	19.50	9.50			14.15	7	267.27	144.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.202	0.438	<b>0.460</b>	2/3				
			15.00	1.00	17.50	19.50	9.50			15.15	14	286.77	153.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.271	0.433	<b>0.625</b>	2/3				
			16.00	1.00	17.50	19.50	9.50			16.15	18	306.27	163.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.302	0.427	<b>0.707</b>	1				
			17.00	1.00	17.50	19.50	9.50			17.15	20	325.77	172.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.317	0.421	<b>0.753</b>	1				
			18.00	1.00	17.50	19.50	9.50			18.15	23	345.27	182.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.352	0.414	<b>0.850</b>	1				
			19.00	1.00	17.50	19.50	9.50			19.15	25	364.77	191.57	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	S	0.378	0.407	<b>0.928</b>	1				
			20.00	1.00	17.50	19.50	9.50			20.15	26	384.27	201.07	30.0	0.0	0.0	0.150	0.100	-	****	****	****	*				
			21.00	1.00	17.50	19.50	9.50																				

対象土層条件  $F_c \leq 35\%$  または  $F_c > 35\%$  の場合  $I_p \leq 15$   
 $D_{50} \leq 10\text{mm}$  かつ  $D_{10} \leq 1\text{mm}$

式の種別  
 S：砂質土  
 G：礫質土

地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数  $\gamma_d = 1.0 - 0.015X$

$P_L$	19.58
$C_{NL}$	0.37
沈下量	0.46 m

$P_L$ による補正係数  $C_{NL}$   
 $P_L \leq 5$  :  $C_{NL} = 0$   
 $5 < P_L \leq 20$  :  $C_{NL} = (0.2 P_L) / 3$   
 $20 < P_L$  :  $C_{NL} = 1$



