

3 方向入力に対応した水平成層地盤解析プログラム

microSHAKE/3D

概要書

Version 2.4

2021年1月

 株式会社 地震工学研究所

はじめに

microSHAKE/3D は、水平方向に半無限に広がりのある地層からなる地盤（水平成層地盤）を対象として、3方向成分の鉛直上昇波に対する地震応答計算を行います。プログラムでは、過渡応答を高速フーリエ変換のアルゴリズム（Cooley and Tukey,1965）を適用することにより波動方程式（金井,1951）の連続解を求めています。弾性係数及び減衰の非線形性を等価線形法（Idriss and Seed ,1968）の適用により考慮することができます。

2021年01月
株式会社 地震工学研究所

本説明書の供覧、複製、転載、引用等については、
株式会社 地震工学研究所の許可が必要です。

<概要>

microSHAKE/3D は、従来の重複反射理論による等価線形解析プログラムの SHAKЕ 同様に、水平成層地盤における等価線形解析プログラムですが、水平 1 方向しか入力を考慮できなかったものを、水平 2 方向、鉛直 1 方向の計 3 方向同時に入力できるように機能を拡張したプログラムです。

地盤モデルは水平成層地盤を仮定しているため、各方向の応答は連成せず独立して算出されますが、地盤の等方性を仮定することにより、等価線形解析時に連成した最大応力・歪が 3 次元場で算出できます。この地盤の最大せん断歪により求められる非線形特性によって、水平成層地盤における 3 次元等価線形解析を模擬することが可能となります。

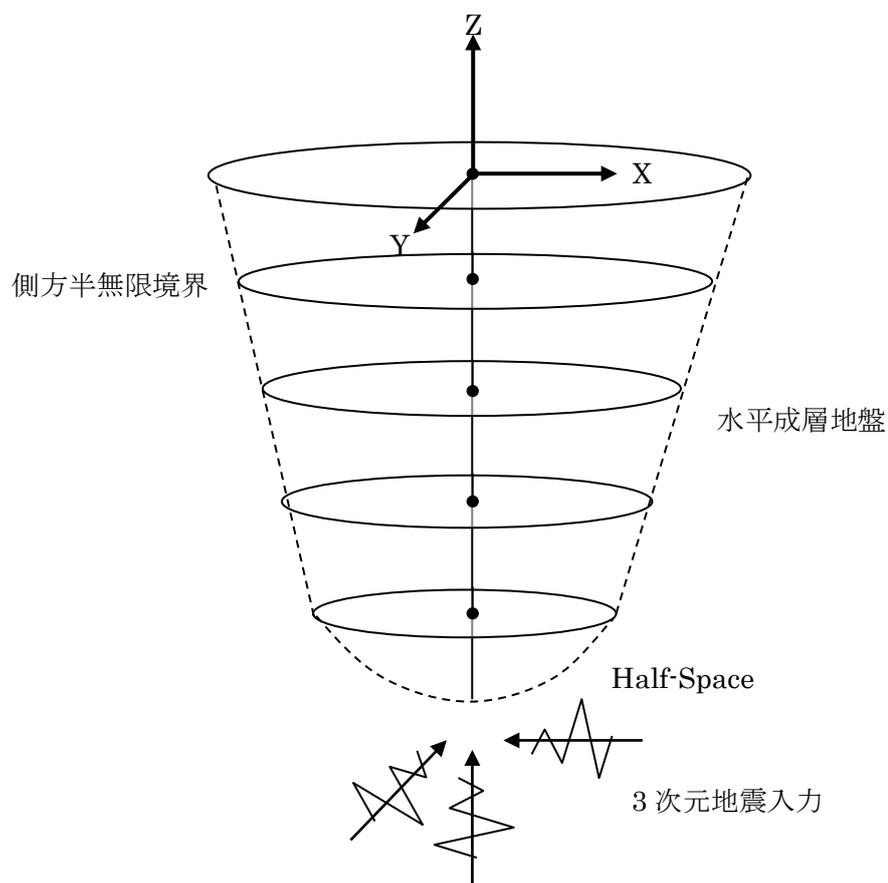


図 1 解析モデル概念図

<機能>

- ・複素応答解析

減衰を複素剛性係数として評価する複素剛性を用いて、複素フーリエ変換により振動数領域で応答解析を行います。

- ・等価線形解析

3方向地震入力を考慮した最大有効せん断歪によって、土の非線形性をせん断剛性と減衰定数の歪依存特性により考慮し、等価線形化法により評価できます。

X方向入力により算出される応力： τ_{zx}

Y方向入力により算出される応力： τ_{yz}

Z方向入力により算出される応力： $\sigma_x (= \sigma_y)$ 、 σ_z

とすると、水平成層条件により、 $\tau_{xy}=0$ となります。

また、3次元における主応力 $(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ は、以下の3次方程式から得られます。

$$\sigma^3 - C_1\sigma^2 + C_2\sigma - C_3 = 0 \quad \text{式(1)}$$

ここで、

$$C_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$$

$$C_2 = \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x + \sigma_x\sigma_y - \tau_{yz}^2 - \tau_{zx}^2 - \tau_{xy}^2$$

$$C_3 = \sigma_x\sigma_y\sigma_z + 2\tau_{yz}\tau_{zx}\tau_{xy} - \sigma_x\tau_{yz}^2 - \sigma_y\tau_{zx}^2 - \sigma_z\tau_{xy}^2$$

主応力 $(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ を最大主応力、中間主応力、最小主応力とすると、3次元の最大せん断応力は式(2)で求められます。

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \quad \text{式(2)}$$

よって、最大せん断歪は、式(3)で求められます。

$$\gamma_{\max} = \frac{1}{G} \tau_{\max} \quad \text{式(3)}$$

また、本プログラムでは、等価線形解析時にポアソン比を一定とする手法と体積弾性係数を一定とする手法を選択できます。体積弾性係数は(4)式により定義されます。

$$K = \frac{2(1+\nu_0)}{3(1-2\nu_0)} G_0 \quad \text{式(4)}$$

K : 体積弾性係数、 G_0 : 初期せん断弾性係数、 ν_0 : 初期ポアソン比

- ・外乱条件

水平 2 成分と鉛直 1 成分の 3 成分を同時に考慮でき、入射方向は鉛直下方から伝播する鉛直上昇波となります。

入力は解放波 (2E) または層内振動波 (E+F) として定義することができます。

- ・データ入力

データ入力は、専用のプリソフトにより行います。

<データ入力例>

層物性指定

タイトル

せん断弾性係数 + ポアソン比
 S波速度 + P波速度

※ P波の減衰定数は歪依存性を考慮できません

層番号	層厚	単位体積重量 (または質量)	初期せん断 弾性係数	初期S波速度	初期ポアソン比	初期P波速度	初期減衰定数 (S波)	歪依存 特性番号	体積弾性率 一定	減衰定数 (P波)	P波の減衰定数 を指定
▶ 1									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
5									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
6									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
7									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
8									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
9									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
10									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
11									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
12									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

設定 キャンセル

入力動指定

入力動 入力位置

入力動を与える層番号

層タイプ 2E E+F

入力動指定

タイトル

データ点数 フォーリエ変換に用いる点数

時間刻み 振動数最大値

X方向

ファイル名

倍率 最大値 読み飛ばし行数 フォーマット

Y方向

ファイル名

倍率 最大値 読み飛ばし行数 フォーマット

Z方向

ファイル名

倍率 最大値 読み飛ばし行数 フォーマット

フィルタ-設定: f1(Hz): f2(Hz): f3(Hz): f4(Hz):

設定 キャンセル

・結果出力

結果出力には、リスト出力（結果一覧）、図化出力（Excel 図化）および最大応答値深度分布の3通りがあります。

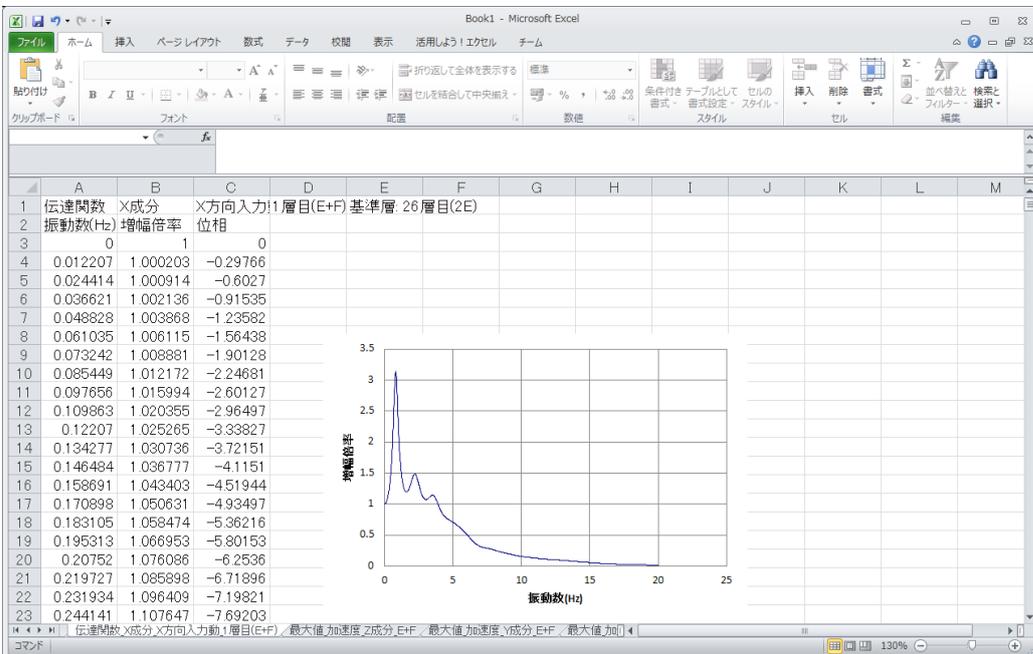
※ 図化出力（Excel 図化）には、Microsoft Excel が必要です。

Microsoft Excel がインストールされていない場合は、Excel 図化機能をご利用になれません。

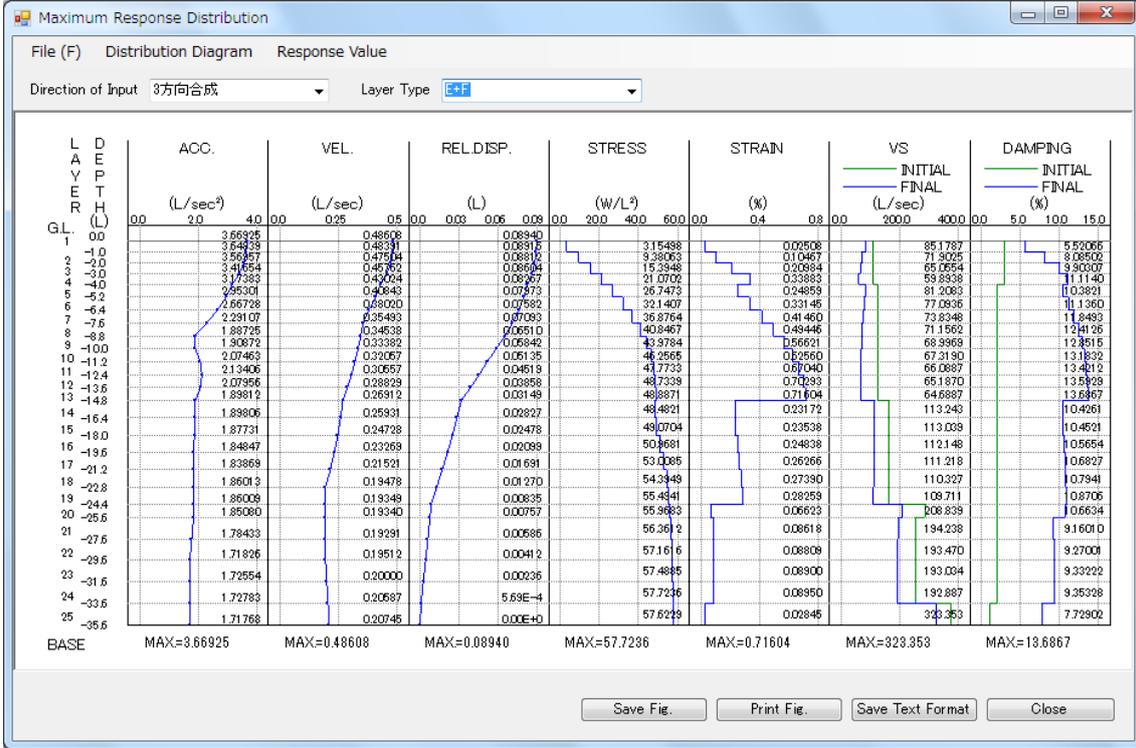
<結果一覧 出力例>

層No	層厚 (L)	深さ (L)	単位体積重量 (W/L ³) / 質量 (mass/L ³)	歪依存No	初期Vs (L/sec)	収束Vs (L/sec)	初期h	収束h	最大せん断歪 (%)	最大せん断応力 (N/L ²)	G収束誤差 (%)	h収束誤差 (%)
1	1.00	0.00	17.00	1	110.06	85.18	0.03	0.06	2.508E-02	3.155E+00	-0.05	0.05
2	1.00	1.00	17.00	1	110.06	71.90	0.03	0.08	1.047E-01	9.381E+00	-0.57	0.73
3	1.00	2.00	17.00	1	110.06	65.06	0.03	0.10	2.086E-01	1.533E+01	-1.34	1.03
4	1.00	3.00	17.00	-1	110.06	58.89	0.03	0.11	3.388E-01	2.107E+01	-2.37	1.78
5	1.20	4.00	16.00	-2	123.79	81.21	0.02	0.10	2.486E-01	2.675E+01	-0.88	0.61
6	1.20	5.20	16.00	-2	123.79	77.09	0.02	0.11	3.314E-01	3.214E+01	-1.26	0.86
7	1.20	6.40	16.00	-2	123.79	73.83	0.02	0.12	4.148E-01	3.888E+01	-1.63	1.06
8	1.20	7.60	16.00	-2	123.79	71.16	0.02	0.12	4.945E-01	4.085E+01	-1.95	1.12
9	1.20	8.80	16.00	-2	123.79	69.00	0.02	0.13	5.662E-01	4.398E+01	-2.15	1.12
10	1.20	10.00	16.00	-2	123.79	67.32	0.02	0.13	6.258E-01	4.628E+01	-2.18	1.05
11	1.20	11.20	16.00	-2	123.79	66.09	0.02	0.13	6.704E-01	4.777E+01	-2.07	0.95
12	1.20	12.40	16.00	-2	123.79	65.19	0.02	0.14	7.029E-01	4.879E+01	-1.85	0.82
13	1.20	13.60	16.00	-2	123.79	64.89	0.02	0.14	7.160E-01	4.889E+01	-1.31	0.57
14	1.60	14.80	15.00	-3	182.34	119.24	0.02	0.10	2.317E-01	4.848E+01	2.20	-1.58
15	1.60	16.40	16.00	-3	182.34	113.04	0.02	0.10	2.354E-01	4.307E+01	2.01	-1.44
16	1.60	18.00	16.00	-3	182.34	112.15	0.02	0.11	2.484E-01	5.097E+01	1.88	-1.18
17	1.60	19.60	16.00	-3	182.34	111.22	0.02	0.11	2.627E-01	5.301E+01	1.32	-0.88
18	1.60	21.20	16.00	-3	182.34	110.33	0.02	0.11	2.739E-01	5.439E+01	1.38	-0.80
19	1.60	22.80	16.00	-3	182.34	109.71	0.02	0.11	2.828E-01	5.549E+01	1.33	-0.85
19	1.60	24.40	16.00	-3	182.34	109.71	0.02	0.11	2.828E-01	5.549E+01	1.33	-0.85

<エクセル 出力例>

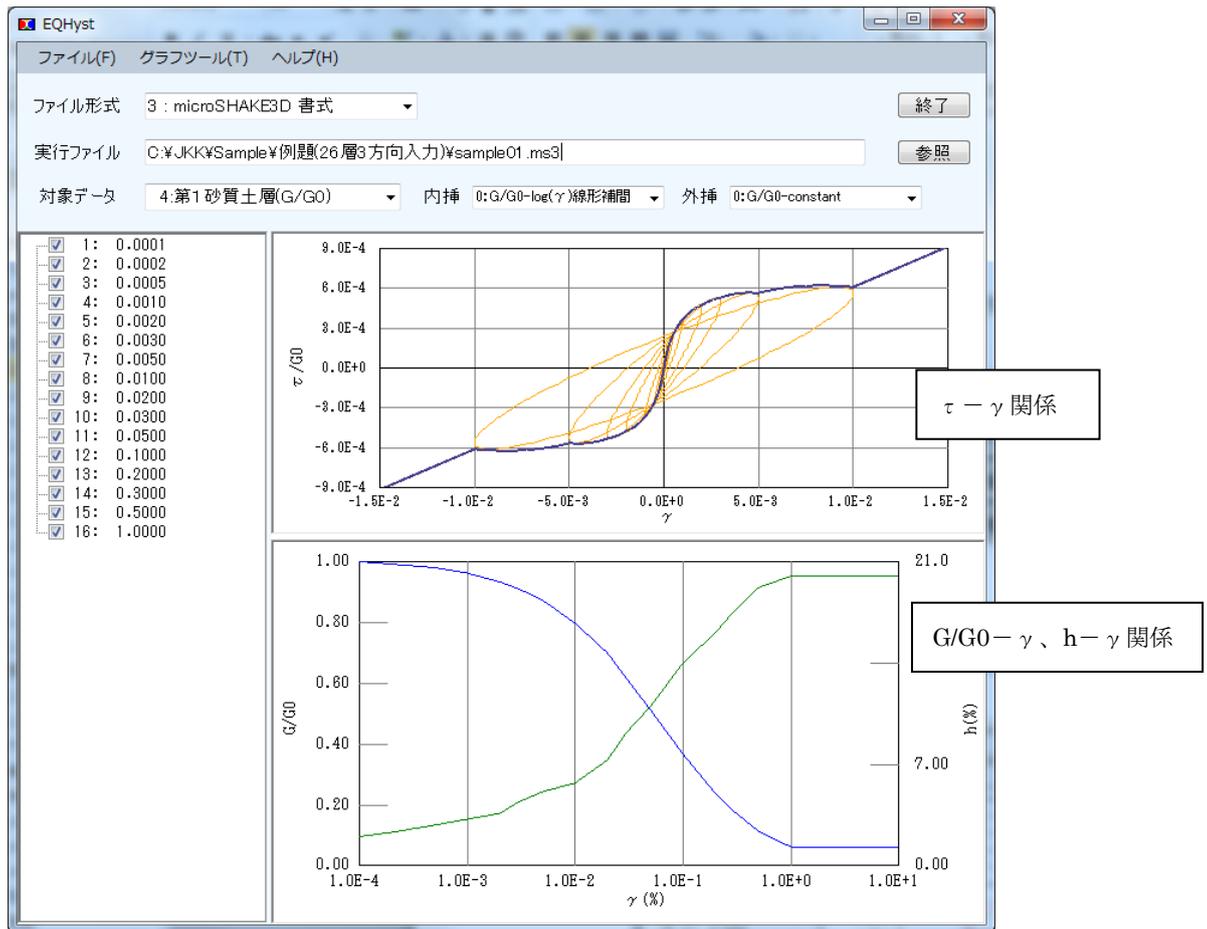


<最大応答値深度分布 出力例>



・等価線形要素シミュレーション

付属プログラム(EQHyst)により、microSHAKE インプットデータで指定した $G/G_0-\gamma$ 、 $h-\gamma$ 関係から定常加振における履歴をシミュレーションすることができ、 $G/G_0-\gamma$ 、 $h-\gamma$ 関係における任意有効歪間の補間曲線を図化し、視覚的にとらえることが出来ます。



<動作環境>

- ・ OS
Windows XP
Windows Vista
Windows 7
Windows 8, Windows 8.1
Windows 10
- ・ CPU
Pentium II 以上
- ・ メモリ
64MB 以上
- ・ ハードディスク
システムインストールに 10MB
一つの解析に必要なディスクスペースは、解析モデルや結果出力数により異なりますが、概算 50MB と考えられます。
- ・ ポート
本プログラムは、USB ポートに接続するプロテクション (HASP ※) を使用します。これらのポートがないパソコンは使用できません。
※ HASP は、SafeNet 社が開発したプロテクションシステムです。
- ・ 関連ソフトウェア
Microsoft Excel 2000, 2003, 2007, 2010, 2013
※ Microsoft Excel は、Microsoft 社が開発したソフトウェアです。

<制限事項>

- ・ 解析層数 最大 200 層
- ・ 入力地震動のデータ点数 65536 以下
- ・ 解析振動数の最大計算点数 65536 以下

解析振動数の計算点数は、以下で定義されます。

(解析振動数の計算点数)

$$= (\text{最大解析振動数 } F_{\text{max}}) \times (\text{時間刻み } \Delta t) \times (\text{地震動データ点数 } N) + 1$$

<価格>

microSHAKE/3D のパッケージ価格及びサポート価格は下記の通りです。

項目	価格（税別）
microSHAKE/3D パッケージ （1 ライセンス、バッチ版を含む）	250,000 円
microSHAKE/3D バッチ版 （1 ライセンス）	150,000 円
ユーザーサポートシステム （1 年間）	本体価格の 20%
NetHASP （ネットワーク型のプロテクションキーを使用する場合）	50,000 円

※ 本価格表は 2020 年 9 月現在のものです。記載された価格、内容は予告無しに変更される場合があります。

※ ユーザーサポートのご加入は任意です。

※ microSHAKE/3D（バッチ版）はデータ作成及び図化プログラムを含みません。カード入力書式によって、ユーザーがテキストの入力データを作成する必要があります。

◆アカデミック提供について

microSHAKE/3D パッケージおよび microSHAKE/3D バッチ版は営利を伴わない教育・研究機関には、教育・研究目的のご利用に限り無償（期限付）にて提供しております。（ユーザーサポートは有償となります。）

<お問い合わせ>



株式会社 地震工学研究所

〒160-0004 東京都新宿区四谷 4-27-2 新宿 Y ビル 3 階

TEL: 03-3226-8733 FAX: 03-3226-8735

Mail: jkk@flush.co.jp

<http://www.flush.co.jp/>