

# 等価線形化法による地震応答解析における計算時間の短縮化について

（有）日本解析センター 正会員 湯浅 明  
東海大学海洋学部 正会員 川上 哲太郎

## 1. はじめに

著者らは、アース式小規模ダムのような土木分野の土構造物を対象に、等価線形化法<sup>1)</sup>による3次元地震応答解析の計算時間の短縮化を試みている。本来の等価線形化法は、周波数領域での動的応答解析を行い、各要素のせん断ひずみから収束（せん断）剛性を求めるのに対し、本解析手法では等価線形化法の解析フローの中で、モード解析の結果を利用することにより、せん断ひずみから収束剛性を求めるものである<sup>2)</sup>。

今回は簡略化した3次元モデルにて著者らの提案手法でアース式小規模ダムの計算を実際に行い、等価線形化手法との比較及び計算時間短縮化の有効性を確認したので、その結果について報告する。

## 2. 解析モデル及び解析条件

解析モデルは、図-1に示すようなダム堤体である。物性値は表-1に示すように堤体がせん断波速度  $V_s=100\text{m/s}$  の砂質土、基礎地盤が  $V_s=200\text{m/s}$  の粘性土を想定した。地盤の動的非線形特性は図-2に示すように、砂質土及び粘性土それぞれの曲線を既往の資料<sup>3)</sup>より設定した。入力地震動は1968年十勝沖地震（マグニチュード7.9）の際に八戸港で観測された地表面波から基礎の波形を逆算した波形（時刻  $t=0.01$  秒）をE+F波として用いた。最大加速度は等価線形化手法の適用限界を考慮し200Galとした。解析モデルの境界条件は、側方が粘性境界、下方が完全固定条件とした。要素分割は、図-1に示す通りで本モデルの総自由度は15300自由度である。

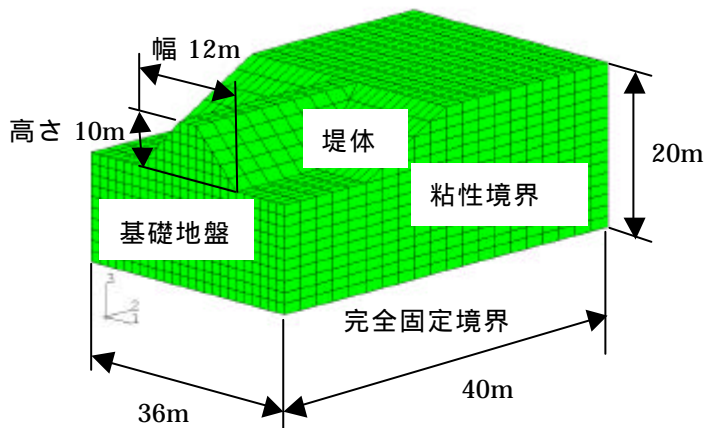


図-1 3次元解析モデル

表-1 地盤の物性値

	湿潤密度 $t$	せん断波 速度 $V_s$	初期せん 断弾性係 数 $G_0$	初期減衰 定数 $h_0$	ポアソン 比	土圧係数 $K_0$	平均有効 拘束圧力 $m$
	$t/\text{m}^3$	$\text{m/s}$	$\text{kN/m}^2$	-	-	-	$\text{kN/m}^2$
堤体(砂 質土)	2.0	100	20000	0.025	0.4	0.67	38
基礎地盤 (粘性土)	1.7	200	68000	0.026	0.485	0.94	160

計算に用いた機器はCOMPAC DS20（CPUクロック500MHz）で、計算ソフトは等価線形化手法の場合がFDAP Ver2.11（株式会社アーク情報システム）、著者らの提案手法ではモード解析がTDAP Ver2.11（株式会社アーク情報システム）を、それ以外の部分を自社プログラムとしシェルを組んで計算している。

キーワード：地震応答解析，等価線形化法，3次元解析，アース式小規模ダム

〒273-0031 千葉県船橋市西船 3-7-5-A203 TEL.047-495-6064 FAX.047-495-6064 yuasa@aprivot.ocn.ne.jp

### 3. 検討結果

#### (1) 解析結果の妥当性

図-3は、著者らの提案手法と等価線形化手法による各要素毎の収束剛性を比較した図である。各要素のプロットが縦軸対横軸の1対1の線上にあれば両手法により求めた収束剛性に差がないことを表す。図-3より、著者らの提案手法の収束剛性は等価線形化手法とほぼ同じであることが確認できる。また、ここでは紙面の都合上、割愛するが加速度、変位などについても収束剛性同様ほぼ同じ値となった。

#### (2) 計算時間の短縮化について

図-4に八戸波で計算した自由度(1次元及び2次元モデルも追加)毎の計算時間(CPU時間)の比較を示す。両手法による地震応答解析の結果、著者らの手法は収束判定誤差5%の条件で4回のイタレーションで収束した。一方、等価線形化手法では同じ収束条件で5回のイタレーションで収束した。図-4では縦軸が対数目盛りであることに注意してほしい。計算時間は自由度が大きくなるほど顕著な差が現れ、3次元モデルである自由度15300では、著者らの手法が1350秒、等価線形化手法が111000秒であり、著者らの手法は、既往の計算手法である等価線形化手法と比較して1/80程度の計算時間であった。

#### 4. まとめ

モード解析を利用することにより、既往の手法である等価線形化手法による地震応答解析の計算時間短縮化を試みた。小規模アース式ダム3次元モデルにおいて、計算精度および計算時間の短縮度を検討した。その結果、計算精度においては、著者らの提案手法は等価線形化手法と同様な精度が得られた。また、計算時間に対しては、著者らの提案手法の方が計算時間が短く大規模モデルでの地震応答解析に対し有効で経済的であることが期待できることが明らかになった。今後は、地震動波形の違いによる振動モードの影響など種々の検証を行い、本手法の妥当性を確認していきたい。

#### 参考文献

- 1) Schnabel, P.B., Lysmer, J. and Seed, H.B.; SHAKE A Computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, Report No. EERC72-12, University of California, Berkeley, 1972.
- 2) 湯浅明; 非線形を考慮した地盤の動的せん断剛性の推定法, 第7回静岡県地盤工学研究セミナー発表論文概要集, p32-33, 2001年7月.
- 3) 沿岸開発技術研究センター; 運輸省港湾局監修埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版), p66-69, 平成9年8月.

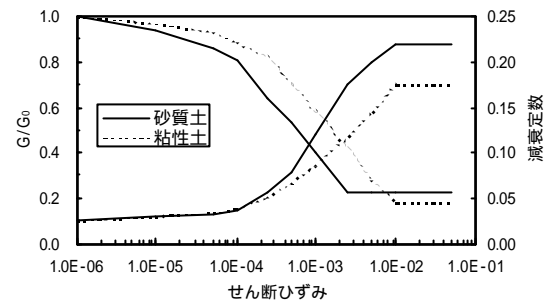


図-2 地盤の非線形特性

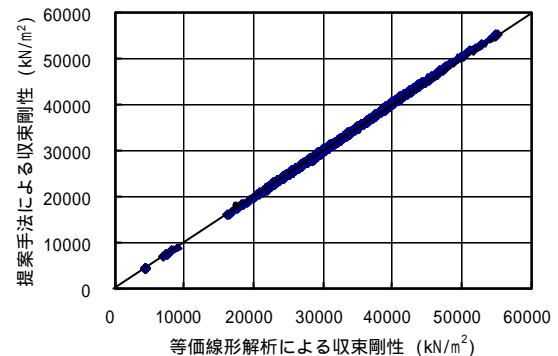


図-3 収束剛性の比較

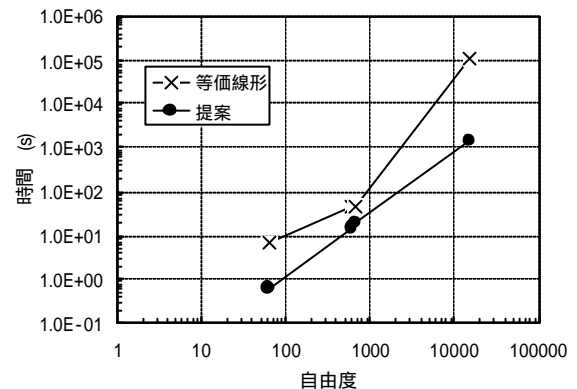


図-4 計算時間の比較