

## 継続時間の異なる地震動を受ける道路盛土の動的解析

岐阜大学 非会員 森 義之 余川弘至  
 正会員 八嶋 厚 沢田和秀  
 正会員 杉戸真太 久世益充

### 1. はじめに

地震時に地盤が液状化することにより、構造物に大きな被害をもたらすことが懸念される場合、液状化対策を施す必要がある。適切な液状化対策を行うには、地震時の液状化地盤と構造物の動的変形挙動を把握しなければならない。

本研究では、道路盛土を対象とした液状化解析を行った。この盛土がある地域では、海溝型地震で地震動の継続時間が長い東海・東南海地震と、内陸地震で地震動の継続時間は短い、最大加速度が大きい猿投・高浜断層による地震(以下、猿投・高浜地震)が懸念されている。この2つの地震動を入力地震動とし、地震による盛土の被害予測を行った。それぞれの地震動の被害予測結果を比較し、盛土の動的変形挙動の違いを検討した。

### 2. 解析手法

本研究では、有限要素法による2次元有効応力解析プログラムLIQCA2D<sup>1)</sup>を用いて、地震時における盛土の動的解析を行う。

### 3. 盛土の解析モデル

解析対象の盛土の断面を図1のようにモデル化した。節点数は1804、要素数は1704である。解析対象地盤は横幅198.4m、深さ16.7mとし、盛土は高さ8.6m、幅27.3mとした。

Bs1、Bs2、As1層の砂質土には砂の弾塑性モデル<sup>2)</sup>、Ac1、Ac2層の粘性土には粘土の繰返し弾粘塑性モデル<sup>3)</sup>、基盤層であるDc層にはR-Oモデルを用いた。それぞれのモデルに用いる物性パラメータについては、表1に示す土質定数から設定した。

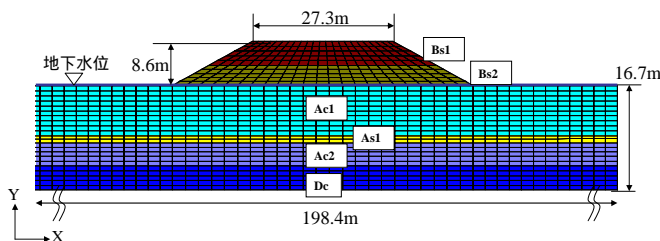


図1 解析断面の概略図

表1 土質定数

土質名	N値	土粒子の密度 (t/m <sup>3</sup> )	含水比 (%)	湿潤密度 (t/m <sup>3</sup> )	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (度)
Bs1 (砂質土)	5			[1.9]			[0]	[25]
Bs2 (砂質土)	11			[1.9]			[0]	[25]
Ac1 (粘性土)	7	2.6	67.5	1.53	75	43	6	4
As1 (砂質土)	17	2.7	23.5	[1.7]			[0]	[31]
Ac2 (粘性土)	8	2.65	44	[1.55]	47	32	[5]	[0]
Dc (粘性土)	26	2.85	30	[1.8]	47	28	[10]	[0]

[ ]は推定値

### 4. 解析条件

動的解析での境界条件は、地盤底面を粘性境界とし、解析領域の両側面は等変位境界とした。地下水位面を排水境界とし、その他の面は非排水境界とした。また、地震動が終了した直後から、約1日後までで圧密解析を行った。

### 5. 入力地震動

本研究で対象とした地震動は、東海・東南海地震と猿投・高浜地震である。それぞれ、工学的基盤(Vs=311.7m/sec)における地震動を非定常スペクトル合成法による強振動予測モデルEMPR<sup>4)</sup>を用いて算出した。解析モデルの基盤面におけるせん断波速度はVs=248.6m/secであるため、翠川の式<sup>5)</sup>により振幅調整を行った。表2に、それぞれの地震動の最大加速度と地震動継続時間 $t_{90}$ <sup>6)</sup>を示す。図2に、入力地震動の加速度波形を示す。

表2 地震動

地震名	最大加速度 (gal)	地震動継続時間 $t_{90}$ (sec)
東海・東南海地震	358.7	61.84
猿投・高浜地震	676.6	17.58

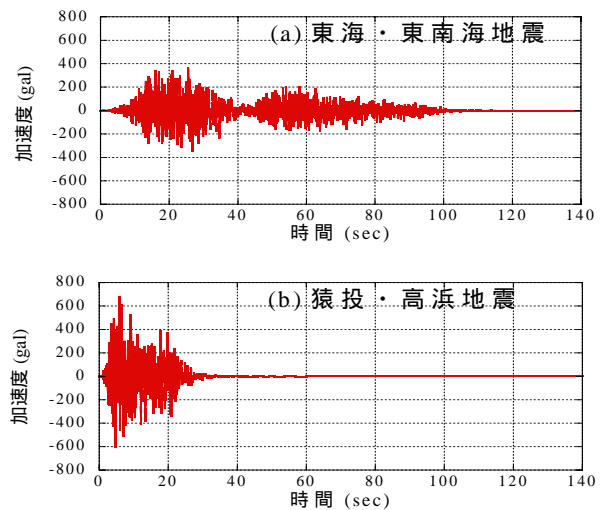


図2 入力地震動の加速度波形

### 6. 解析結果

図3に、各節点での最終変位のベクトルを示す。図に示したベクトルは、震動開始から、震動後の圧密終了までに、各節点がどのように変位したかを、矢印の大きさと方向で表している。図4に、本研究で着目した節点と要素の位置を示す。図5には、図4の着目節点で得られた鉛直変位(天端の沈下量)と着目要素で得られた過剰間隙水圧比( $\Delta u/\sigma'_{y0}$ )の時刻歴を示す。

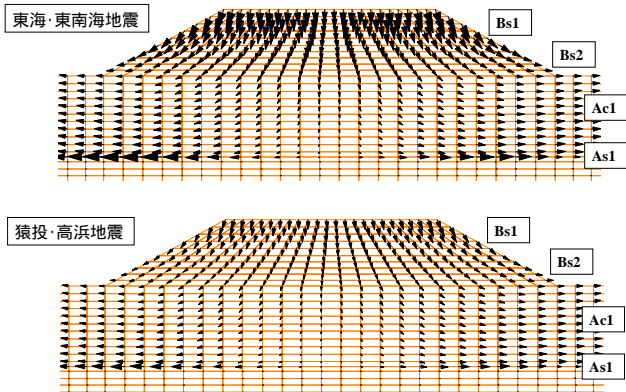


図3 最終変位のベクトル表示

図3より、各節点での矢印の大きさは、東海・東南海地震の方が猿投・高浜地震に比べて大きく、盛土は東海・東南海地震の方が大きく変形したことがわかる。しかし、矢印の方向から、両地震動の盛土の変形のモードは同じ傾向を示しており、地震動の違いにより、盛土の変形のモードは変わらないことがわかる。これより、地震時の盛土の変形モードは、盛土を構成する地盤によって決まると考えられる。

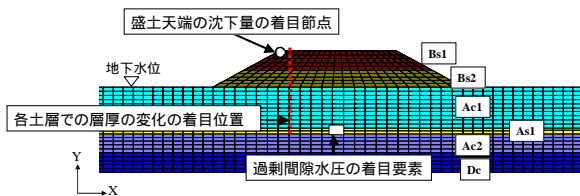
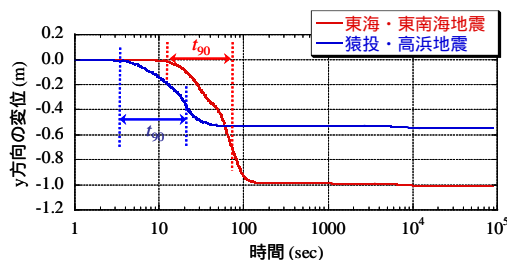
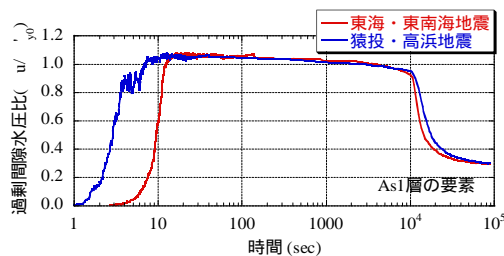


図4 結果の出力節点と要素および位置



(a) 盛土天端の沈下量



(b) 過剰間隙水圧比

図5 盛土天端の沈下量と過剰間隙水圧比の時刻歴

図5(a)より、盛土天端は、東海・東南海地震の方が猿投・高浜地震に比べて大きく沈下したことがわかる。また、両地震とも、それぞれの地震動継続時間 $t_{90}$ に、盛土天端は大きく沈下していることがわかる。盛土天端は地震動継続時間 $t_{90}$ に沈下する傾向があるため、猿投・高浜地震より $t_{90}$ の長い東海・東南海

海地震の方が、盛土天端が大きく沈下したと考えられる。

図5(b)より、両地震ともAs1層の過剰間隙水圧比が1.0に達しており、As1層が液状化したことがわかる。表4に、図4の赤点線における各土層での層厚の変化を示す。表4のひずみは、土層の地震動前と解析終了後との層厚の変化量を、地震動前の層厚で割った百分率である。

表4 各土層での層厚の変化

地震動	土層	層厚の変化量 (m)	ひずみ (%)
東海・東南海	Bs1層	0.504	10.7
	Bs2層	0.256	6.5
猿投・高浜	Bs1層	0.175	3.7
	Bs2層	0.134	3.4
東海・東南海	Ac1層	0.223	2.3
	Ac2層	0.175	1.8
猿投・高浜	Ac1層	0.175	1.8
	As1層	0.086	6.8
東海・東南海	De	0.079	6.2
	As1層	0.079	6.2

表4より、各土層での層厚の変化量は、猿投・高浜地震より東海・東南海地震の方が大きくなった。これは、東海・東南海地震の地震動継続時間 $t_{90}$ が長いから、盛土は地震動によるせん断を長い時間受け、大きく変形したと考えられる。

### 7. まとめ

本研究では、東海・東南海地震と猿投・高浜地震の2つの異なる地震動を用いて盛土の動的変形解析を行い、それぞれの地震動での解析結果を比較した。

その結果、地震時の盛土の変形モードは、盛土を構成する地盤によって決まると考えられる。盛土天端は、地震動のそれぞれの地震動継続時間 $t_{90}$ に沈下する傾向があるため、猿投・高浜地震より $t_{90}$ の長い東海・東南海地震の方が、盛土天端は大きく沈下したと考えられる。各土層での層厚の変化量は、猿投・高浜地震より東海・東南海地震の方が大きくなった。これは、東海・東南海地震の地震動継続時間 $t_{90}$ が長いから、盛土は地震動によるせん断を長い時間受け、大きく変形したと考えられる。

### 参考文献

- 1) Oka, F. et al.: FEM-FDM coupled liquefaction analysis of a porous soil using an elasto-plastic model, Applied Scientific Research, Vol. 52, pp. 209-245, 1994.
- 2) 渦岡良介: 地盤の液状化発生から流動までを予測対象とする解析手法に関する研究, 岐阜大学博士論文, 2000.
- 3) Oka, F.: A cyclic elasto-viscoplastic constitutive model for clay based on the non linear hardening rule, Proceedings of 4th International Symposium on Numerical Models in Geomechanics, Swansea, pp.105-114, 1992.
- 4) 杉戸真太ら: 周波数依存性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察, 土木学会論文集, No493/2-27, pp.49-58, 1994.
- 5) 翠川三郎: 関東平野を対象とした震度分布予測, 構造工学論文集, Vol.33B, pp.43-48, 1987.
- 6) 余川弘至ら: 地震動の加速度振幅と継続時間が河川堤防の変形に及ぼす影響, 日本地震工学会論文集, 第9巻, 5号, pp.16-pp.35, 2009.11