

# 液状化地盤上の橋台背面土の沈下量に関する基礎的検討

九州大学 学生会員 ○柿永 恭佑 九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀  
 五洋建設株式会社 正会員 宇野 州彦 関東学院大学 正会員 北原 武嗣

## 1. はじめに

新潟地震(1964)以降地盤の液状化が地震災害と関連付けられて考えられるようになった。東北地方太平洋沖地震(2011)でも液状化による構造物被害が確認されており、未だその対策は十分とはいえない。橋台においても地震時に橋軸方向に移動して支承に変形・破損が見られた事例や背面地盤の沈下に伴った段差が生じる事例などが報告されている。しかしその具体的メカニズムの解明や定量的な指標の提示はなされていない。本研究では液状化地盤上にある橋台の応答や地盤変位の基礎的な知見を得るために、地盤についてパラメータを変化させた解析を行い、各パラメータと橋台の変位量や背面地盤の沈下量などの相関関係を得ることを目的とした。

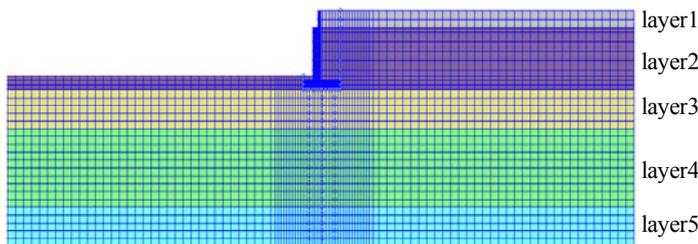


図-1 解析メッシュ図(case1model1)

## 2. 解析内容

解析モデルは液状化層厚、液状化層深度(橋台底面からの深さ)をそれぞれ変化させた。case1model1における解析メッシュ図を図-1に、検討ケースを表-1にそれぞれ示す。また case1model1

のメッシュ図における各層の物性値と液状化パラメータについて表-2に示す。S1, W1, P1, P2は液状化の関数関係を与えるためのパラメータであり、C1は塑性せん断仕事を求める際に用いる係数である。N値が2であるLayer3を液状化層とする。また case2における液状化層深度はLayer2とLayer3の間にN値10の新たな層を設け、その新たな層とLayer3, Layer4の厚さの合計が15mとなるように新たな層とLayer4を変化させる。解析は有限要素法に基づく2次元有効応力解析プログラムFLIP<sup>1)</sup>を用いて行った。

要素の定義は、橋台とフーチング上の土を線形平面要素、杭を線形はり要素、土質を多重せん断メカニズムに基づいた有効応力モデル<sup>2)</sup>でモデル化した。線形平面要素と線形はり要素の物性値について表-3、表-4に示す。境界条件は側方粘性境界、底面粘性境界を与えている。入力波には内陸型レベルII地震動を用いた<sup>3)</sup>。これは1995年兵庫南部地震における神戸ポートアイランド強震計の記録から、解放基盤での地震動(NS成分)として算出したものである。これをモデル底面に入力する。図-2、図-3に入力波の加速度時刻歴とフーリエスペクトルを示す。

要素の定義は、橋台とフーチング上の土を線形平面要素、杭を線形はり要素、土質を多重せん断メカニズムに基づいた有効応力モデル<sup>2)</sup>でモデル化した。線形平面要素と線形はり要素の物性値について表-3、表-4に示す。境界条件は側方粘性境界、底面粘性境界を与えている。入力波には内陸型レベルII地震動を用いた<sup>3)</sup>。これは1995年兵庫南部地震における神戸ポートアイランド強震計の記録から、解放基盤での地震動(NS成分)として算出したものである。これをモデル底面に入力する。図-2、図-3に入力波の加速度時刻歴とフーリエスペクトルを示す。

表-1 検討ケース

	case1							case2						
model番号	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
液状化層厚(m)	5	6	7	8	9	10	11	5						
液状化層深度(m)	0							0	1	2	3	4	5	6

表-2 地盤物性値・液状化パラメータ

土層	D	N	$\rho$	$\sigma_{na}'$	$G_{ma}$	$\phi_f$	$\phi_p$	液状化パラメータ					
	層厚	N値	密度	基準平均有効拘束圧	基準初期せん断剛性	せん断抵抗角	変相角	S1	W1	P1	P2	C1	
	(m)	-	(t/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)						
Layer1	2.1	5	1.8	14	42202	39	-	-	-	-	-	-	-
Layer2	7.9	10	1.8	80	67613	39	-	-	-	-	-	-	-
Layer3	5	2	2	151	22632	37	28	0.005	3.476	0.5	1.123	1.6	
Layer4	10	10	2	206	67613	38	-	-	-	-	-	-	
Layer5	5	20	2	261	108326	39	-	-	-	-	-	-	

表-3 線形平面要素

	橋台	フーチング上の土	
		Layer1	Layer2
密度(t/m <sup>3</sup> )	2.5	1.8	1.8
ポアソン比	0.2	0.33	0.33
ヤング率(kPa)	2.5×10 <sup>7</sup>	1.12×10 <sup>5</sup>	1.80×10 <sup>5</sup>

表-4 線形はり要素

密度(t/m <sup>3</sup> )	9.4
ポアソン比	0.3
ヤング率(kPa)	9.23×10 <sup>7</sup>
直径(m)	0.8
断面積(m <sup>2</sup> )	0.02469
断面二次モーメント(m <sup>4</sup> )	0.0019

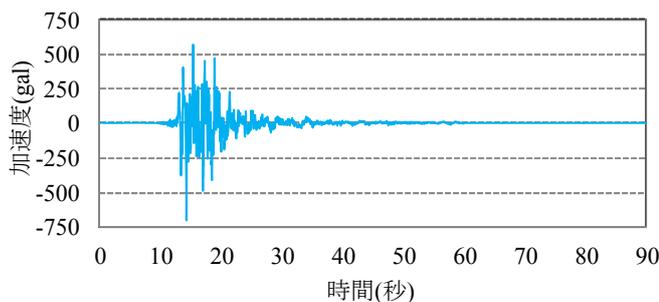


図-2 入力波の加速度時刻歴

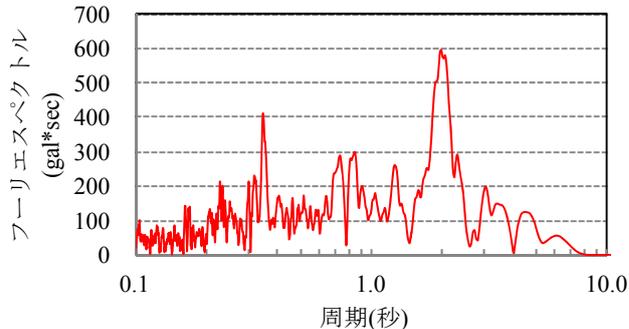


図-3 入力波のフーリエスペクトル

### 3. 解析結果

図-4 に case1 における橋台天端の水平変位と橋台背面地盤沈下量を、図-5 に case2 における結果を示す。図-4 より液状化層が厚くなるに従い二次曲線的に橋台の天端水平変位と背面地盤沈下量が増加した。図-5 より液状化層が深いところにあるほど変位は概ね線形的に小さくなることから、本地盤モデルでは、地表面から深さ 10m のところに液状化層が 5m あれば地盤の沈下量が 1m 以上となり、交通に支障をきたすことが確認できた。橋台の水平変位量と背面地盤沈下量は液状化層厚と液状化層深度ともに関数的な相関関係があると考えられる。case1model1 における 90 秒時点での地盤の変位応答図を図-6 に示す。枠で囲まれている部分が橋台を表しており、前側に傾いていることがわかる。またそれにもない背面地盤が沈下していることも確認できる。

### 4. まとめ

液状化層がある地盤での橋台や地盤の変位量は、液状化層が厚くなると二次曲線的に変位量も大きくなり、液状化層が深いところにあると変位量は概ね線形的に小さくなることが分かった。つまり液状化層が厚く、浅い場所にある地盤ほど橋台などの構造物への被害が大きくなると考えられる。背面地盤の沈下量についても地表面から 10m の位置に液状化層があれば 1m を越える沈下が確認でき、交通に支障を与えると考えられるため対策が必要になると考えられる。

#### 参考文献

- 1) Susumu IAI, Yasuo MATSUNAGA and Tomohiro KAMEOKA: ANALYSIS OF UNDRAINED CYCLIC BEHAVIOR OF SAND UNDER ANISOTROPIC CONSOLIDATION, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.32, No.2, pp.16-20, 1992.
- 2) Towhata, I. and Ishihara, K.: Modelling Soil Behavior under Principal Stress Axes Rotation, Proc. of 5th International Conf. on Num. Methods in Geomechanics, Nagoya, Vol.1, pp. 523-530, 1985.
- 3) 土木学会：【2002 制定】コンクリート標準示方書[耐震性能照査編]

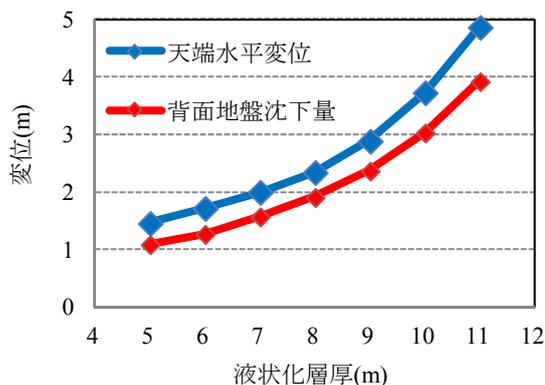


図-4 液状化層厚と応答変位の関係

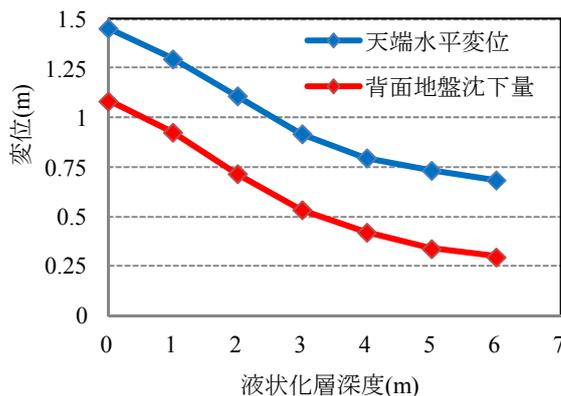


図-5 液状化深度と応答変位の関係

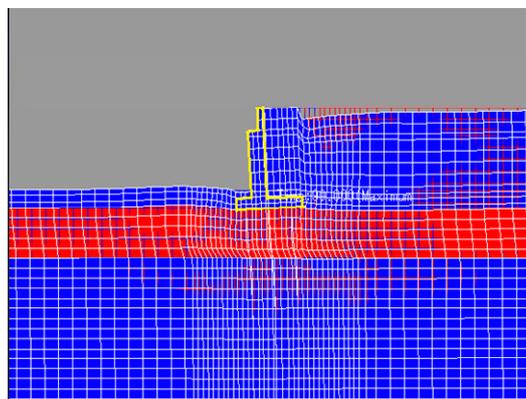


図-6 case1model1における橋台周辺の変位図