

有効応力解析による液状化地盤上の杭基礎橋台に地盤条件が与える影響の検討

九州大学大学院

正会員 ○藤吉 祐樹

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

九州大学大学院

正会員 梶田 幸秀

九州大学大学院 フェロー会員 大塚 久哲

1. はじめに

液状化地盤上の橋台において、地震時に橋台が水平移動して支承が損傷する事例や背面地盤が沈下して段差障害が発生する事例などが数多く見られる。しかしながら、橋台とその周辺地盤の動的挙動は複雑であり、十分な検討はまだなされていない。また、実験的検討に比べて解析的検討は少なく、その内容も対策工の効果を検討するものがほとんどである。そこで本研究では、液状化地盤上の橋台に関して、地盤条件を変化させた2次元有効応力FEM解析を実施し、橋台と周辺地盤の挙動や地盤条件の違いが杭基礎橋台に与える影響について検討した。

2. 検討方法

検討モデルは液状化層厚、液状化層の深さ(橋台のフーチング底面と液状化層の上端との距離として定義)をそれぞれ変化させた各7ケースとした。その検討ケースを表-1に示し、case1model1における解析メッシュ図を図-1に示す。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FLIP¹⁾を用いて実行した。要素定義として、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²⁾でモデル化した。線形平面要素と線形はり要素の物性値をそれぞれ表-2、表-3に示す。また、例としてcase1model1における地盤定数を表-4に示す。なお、液状化層については変相角およびFLIPの液状化パラメータを設定している。境界条件として側方粘性境界、底面粘性境界を与えている。

入力波として周期1秒、加速度振幅350galの正弦波20波をモデル底面に入力し、加振終了後は自由振動状態として振動が十分に収まるまで解析を実行した。

表-1 検討ケース

	case1							case2						
model No.	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
液状化層の厚さ(m)	5	6	7	8	9	10	11	5						
液状化層の深さ(m)	0							0	1	2	3	4	5	6

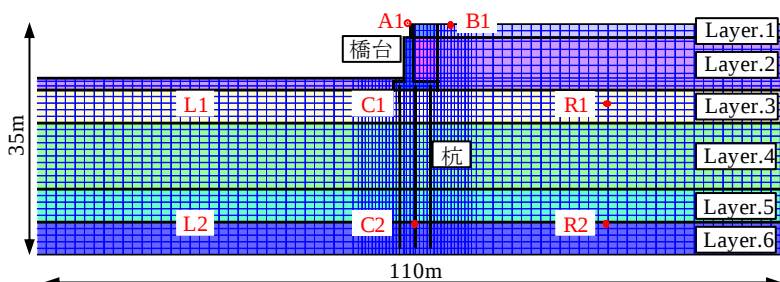


図-1 解析メッシュ図

表-2 線形平面要素物性値

	橋台	フーチング上の土	
		Layer1	Layer2
密度(t/m ³)	2.5	1.8	1.8
ポアソン比	0.2	0.33	0.33
ヤング率(kPa)	2.50E+07	1.12E+05	1.80E+05

表-3 線形はり要素物性値

密度(t/m ³)	9.4
ポアソン比	0.3
ヤング率(kPa)	9.23E+07
直径(m)	0.8
断面積(m ²)	0.02469
断面二次モーメント(m ⁴)	0.0019

表-4 解析地盤定数(case1model1)

土層	ρ_t	σ_{ma}'	G_{ma}	ϕ_f	ϕ_p	液状化パラメータ				
	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					
	(t/m ³)	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)	S1	W1	P1	P2	C1
Layer1	1.8	14	42202	39	-	-	-	-	-	-
Layer2	1.8	80	67613	39	-	-	-	-	-	-
Layer3	2	151	22632	37	28	0.005	3.476	0.5	1.123	1.6
Layer4	2	206	67613	38	-	-	-	-	-	-
Layer5	2	261	108326	39	-	-	-	-	-	-
Layer6	2	298	201991	41	-	-	-	-	-	-

キーワード：液状化、橋台、杭基礎、有効応力解析

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 電話&FAX：092-802-3374

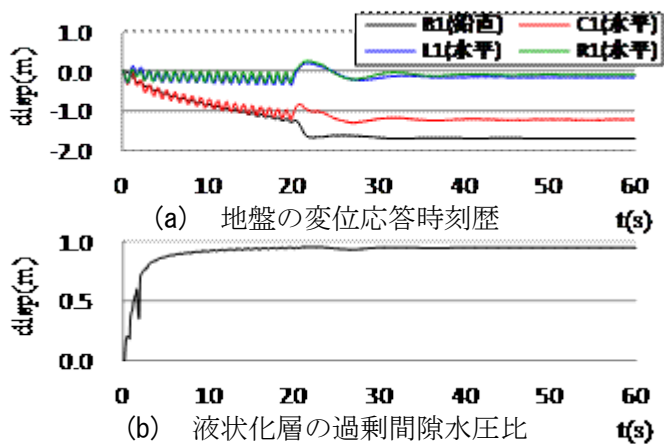


図-2 橋台と周辺地盤の挙動

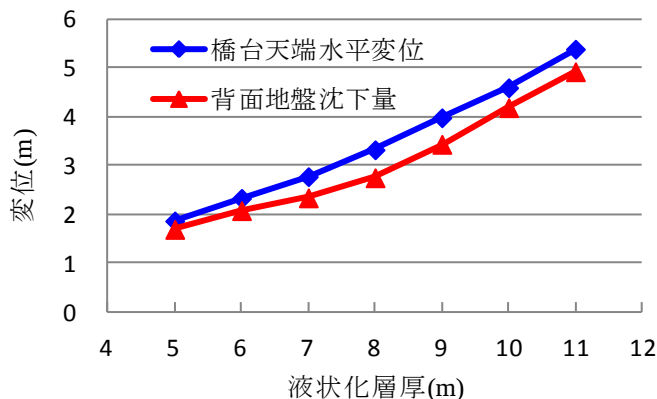


図-3 液状化層厚と変位の関係

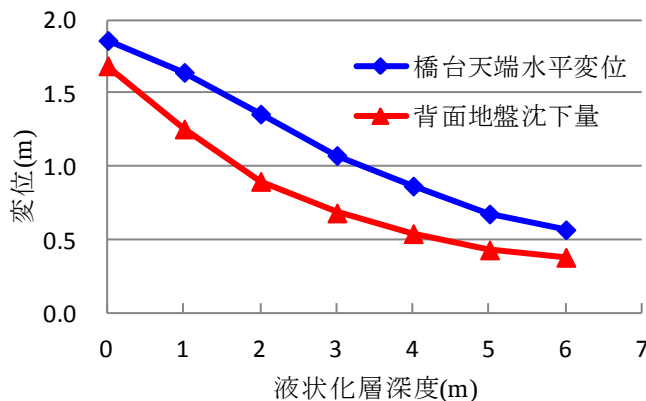


図-4 液状化層深度と変位の関係

3. 解析結果

(1) 橋台の周辺地盤の挙動

case1model1 における地盤の変位応答時刻歴、橋台直下の液状化層の過剰間隙水圧比を図-2 に示す。図より左右の液状化層の変位に比べて橋台直下の液状化層の変位が大きいことから、フーチング直下で左右とは異なるメカニズムで変位しているものと推察される。また、背面地盤の鉛直変位(沈下量)と橋台直下の液状化層の変位の時刻歴が類似しており、橋台直下に背面地盤がもぐり込むような現象が起きているものと思われる。

(2) 地盤条件が橋台に与える影響

橋台天端の水平変位と背面地盤の沈下量を対象とした地盤条件との関係を図-3 と図-4 に示し、図-5 に杭の最大曲げモーメントの分布を示す(標高はモデル底面からの高さを示している)。図-3 から液状化層厚が増すほど変位量も大きくなること、図-4 から液状化層の位置が深いほど変位量は小さくなることからわかる。一方、杭の曲げモーメントに着目すると、液状化層より下層に杭頭と同等の曲げモーメントが発生していることがわかる。これは液状化層とその下層の地盤の変位差によるものであり、下層の杭に想定していない断面力が生じる可能性を示している。

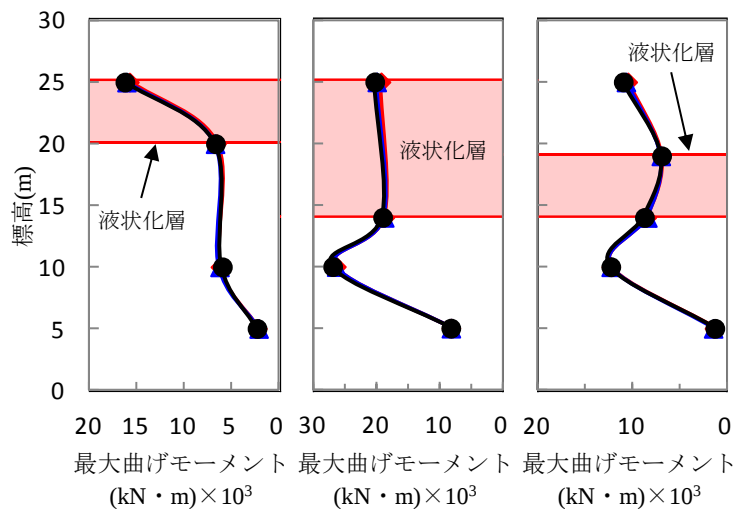


図-5 杭の最大曲げモーメント(◆左, ▲中央, ●右)

4. まとめ

背面地盤の沈下量と橋台直下の液状化層の変位の時刻歴が類似していることから、背面地盤が橋台直下へもぐり込むような現象が生じているものと思われる。

液状化層は深い位置にあるほど橋台の変位や背面地盤の沈下量は小さくなるが、液状化層の下層で杭の曲げモーメントが大きくなることから、液状化層が深ければ必ずしも構造物に与える影響が小さくなるとは言えない。

参考文献

- Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T. : Strain space plasticity model for cyclic mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No.2, pp1-15, 1992.