

有効応力解析法を用いた地盤の液状化の地震応答解析

高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎

高知工業高等専門学校 学生会員 小松拓矢

1. はじめに

東日本大震災では、M9.0の地震動を記録し、太平洋側を中心に甚大な被害を受けた。この震災では、津波被害のみならず、関東地方で広域的な液状化被害も報告されている¹⁾。

高知県においても、30年以内に70%の確率で、南海トラフ巨大地震が発生するといわれているが、高知県は急峻な山に囲まれているため、陸路からの啓開が難しく、孤立する恐れがある。そこで高知県では主要港湾だけでなく漁港も強化岸壁として、災害時に活用することが提案されており災害時における機能や安全性の保持が重要な課題となる²⁾。

本研究では、有効応力解析ソフトを用いて「地盤工学会四国支部・地盤地震防災研究委員会」主催の動的遠心模型実習で用いられた実験モデルと「漁港における津波対策基本方針」でモデル地区となった上ノ加江漁港について、既存のデータを活用して、有効応力解析法を適用し解析結果を確認する。

2. 解析手法

2.1 解析モデル

H28年7月22・23日に、愛媛大学で豊浦砂を用いて動的遠心模型実験が行なわれた。動的遠心模型実験モデルを図1に示す。豊浦砂の液状化強度試験の結果³⁾を元に、解析パラメータを設定し、有効応力解析法により模型実験をシミュレートした。上ノ加江地区の地層を図2に示す。用いる材料定数は、現地地の地盤調査結果から求めた。液状化強度試験結果について要素シミ

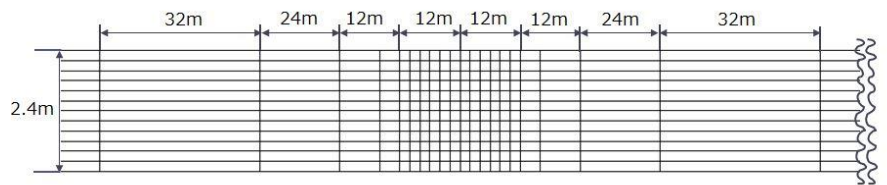


図1 動的遠心模型実験モデル

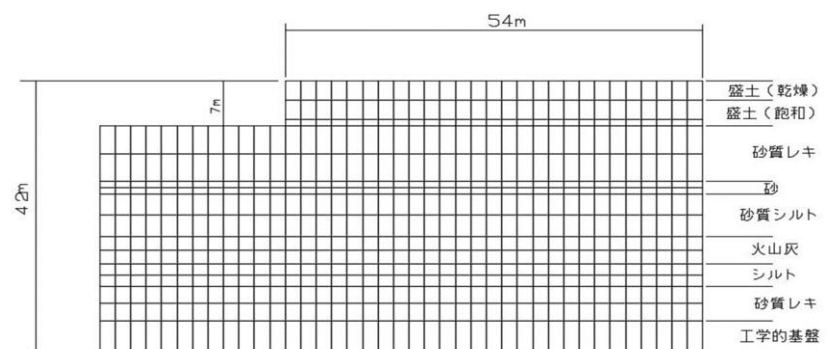


図2 上ノ加江地区の解析モデル

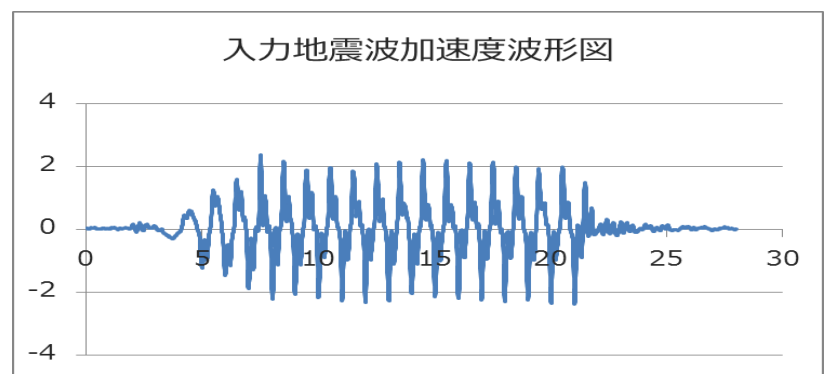


図3 入力地震波（遠心模型実験）

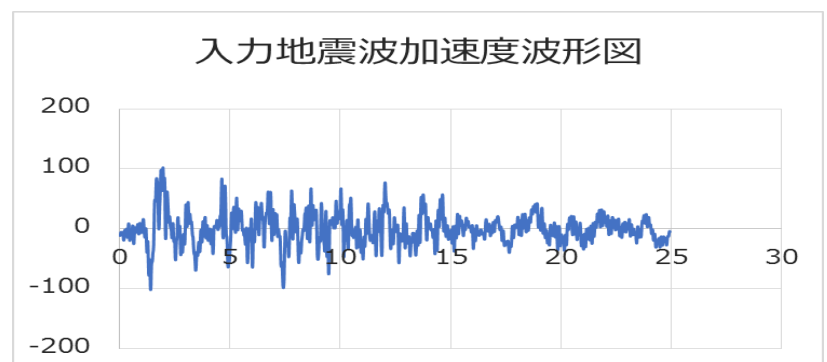


図4 入力地震波（上ノ加江地区）

ュレーションを行い、液状化地盤の解析パラメータを推定し、地盤を繰り返し弾塑性モデルとして解析した。

2.2 入力地震波

図 3 には遠心模型実験で使⽤した地震動を示す。図 4 には、上ノ加江の解析で使⽤した地震動を示す。高知県では、海岸部の地震対策を、レベル 1 基準で行なっているため、レベル 1 地震波の中でも標準的な道路橋示方書のものを使⽤した

2.3 要素シミュレーション

遠心模型実験の場合は田中智弘、安田進、直井賢治らの研究・2009³⁾で得られた繰り返しせん断応力比の実験値(Dr=70%)について要素シミュレーションを行った。図 5 に、要素シミュレーションの結果を示す。要素シミュレーションで得られた結果と豊浦砂の材料パラメータ⁴⁾から表 1 の解析パラメータを設定した。上ノ加江の解析では、間隙⽔圧比が 95%のデータを⽤いた。

3. 実験結果および考察

図 6 に遠心模型実験モデルの過剰間隙⽔圧比の解析結果を示し、図 7 に上ノ加江地区の過剰間隙⽔圧比の解析結果を示す。動的遠心模型実験モデルの解析は、地震波形が最大を記録した時刻の際、表面の部分や中心から離れた部分でも間隙⽔圧の上昇が見られる。上ノ加江地区の解析を見ると、地震波が最大を記録した時刻で、地下⽔位のある 2 層目の広範囲での間隙⽔圧の上昇が見られる。また今回の解析では経時変化が見られず、液状化の発生や消散状況が分かるように、表示精度を改善する必要がある。

参考文献

1) 公益社団法人地盤工学会, 地震時における地盤災害の課題と対策 2011 年東日本大震災の教訓と提言 2012. pp228-229
2) 高知県⽔産振興課, 2 回防災拠点選定検討ワーキング報告書, pp2-30
3) 田中智弘, 安田進, 直井賢治, 第 30 回土木会地震工学研究発表会論文集 (2009)
4) LIQCA2D15・LIQCA3D15 (2015 公開版) 資料第 I 編理論編

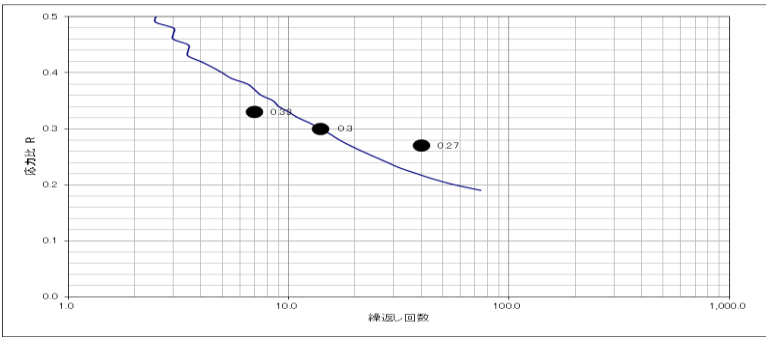


図 5 要素シミュレーションの結果

表 1 解析パラメータ

基本入力値 (共通)	弾塑性モデル	
	砂質土	
基本入力値 (共通)	密度 ρ (kN/m ³)	2.64
	透⽔係数 k (m/s)	1.00E-04
	初期間隙比 e_0	0.771
	ポアソン比 ν	0.300
	粘着力 c' (kN/m ²)	0.00
	内部摩擦角 ϕ' (°)	38.00
	圧縮指数 λ	2.90E-02
	膨潤指数 κ	2.90E-03
	弾性ポアソン比	0.33
	擬似過圧密比 OCR*	1.200
弾塑性モデル パラメータ	初期せん断係数比 G_0 / σ'_m	940
	変相応力比 M_m	0.990
	破壊応力比 M_f	0.707
	硬化関数ハラメータ B0	4000
	B1	100
	Cf	0.00
	規準ひずみ(塑性)	0.001
	規準ひずみ(弾性)	0.002
	タイルタン係数 D0	0.200
	n	15.00

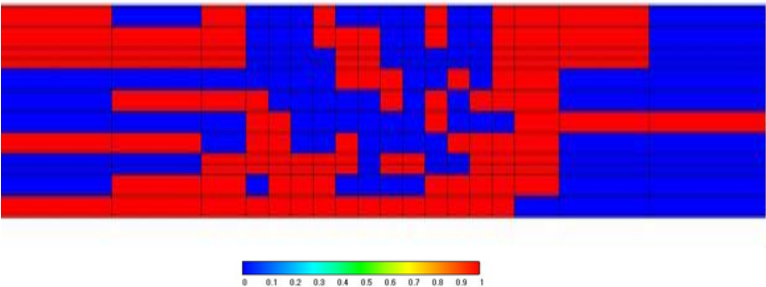


図 6 過剰間隙⽔圧比(遠心模型実験)

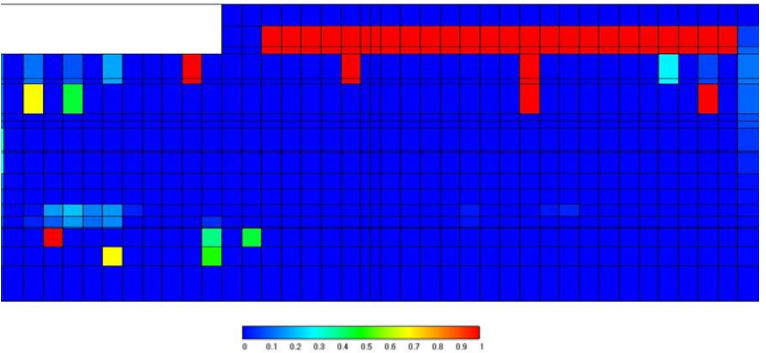


図 7 過剰間隙⽔圧比(上ノ加江地区)