

モンテカルロシミュレーションを用いた液状化パラメータの選定手法のシステム化

(株)アライズソリューション 正会員 ○福山 博生
 (株)荒谷建設コンサルタント 今井 康雅
 中電技術コンサルタント(株) 正会員 北出 圭介

1. はじめに

有効応力解析プログラム FLIP¹⁾²⁾で用いられるカクテルグラスモデルの液状化パラメータ支援ツールとして、FLIPCSIM が一般社団法人 FLIP コンソーシアムで開発されている。

このシステムでは、非排水繰返し三軸試験結果から得られた試験値に対して、カクテルグラスモデルの要素シミュレーションを行い、10 項目の液状化特性を設定する。要素シミュレーションでは、幾らかの項目で標準的な値が示されているものの、これらの値を変化させることにより、目視によるフィッティングにて液状化抵抗曲線を決定している。そのため、ひずみの進展を精度良く模擬するために、複数のひずみにおける液状化抵抗曲線を手動にてフィッティングさせるのは、多大な時間やノウハウを必要とする。

そこで、本研究ではカクテルグラスモデルを対象として、モンテカルロシミュレーションを用いた液状化パラメータの設定手法のシステム化を試みた。

検討に用いた FLIPCSIM は、Ver.5.0.0、FLIP は、Ver.7.3.0_2 である。

2. FLIPCSIM の計算の流れ

このシステムでは、まず FLIP に読込させるファイルを作成し、作成したファイルを FLIP に読み込ませて実行する。次に、FLIP からせん断ひずみ時刻歴ファイルを出力し、出力したせん断ひずみ時刻歴ファイルを基に繰返し載荷回数を算出する。

3. モンテカルロシミュレーション

FLIP に読込させるファイルにおいて、液状化パラメータのみを書き換え、せん断ひずみ時刻歴ファイルを基に、繰返し載荷回数を算出する手法が構築できれば、図 1 に示すモンテカルロシミュレーションが可能

であると考えた。システムを構築するに際し、FLIP 用データファイルに記載されている液状化パラメータの書式と繰返し載荷回数の算出方法について調査した。

1) FLIP 用データファイルに記載されている液状化パラメータの表記箇所

FLIPCSIM 用データファイル名は、For_Flip.d である。液状化パラメータは、FLIP 取扱説明書に記載されている入力命令 MATE で設定された項目であり、材料番号 19 のカクテルグラスモデル要素の材料特性データと同じ形式である。

この MATE が記述されている個数は、FLIPCSIM で設定した載荷ケース数の 2 倍で、そのうち液状化パラメータは偶数箇所（動的解析）で表記されており、奇数箇所（初期応力解析）では全て 0.0 で表記されている。

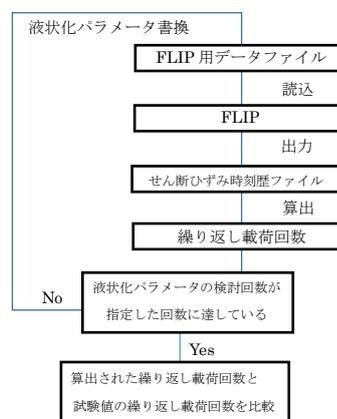


図 1 モンテカルロシミュレーションによる繰返し載荷回数算出の流れ

2) 繰返し載荷回数の算出方法

FLIP により算出されたせん断ひずみ時刻歴を用いて、FLIPCSIM で設定したせん断ひずみ片振幅がせん断ひずみの値を超えた場合の時刻を、繰返し載荷回数として算出するものである。図 2 は、せん断片振幅を 1.5% とした場合の繰返し載荷回数の算出方法を示す。

キーワード : FLIP FLIPCSIM モンテカルロシミュレーション 液状化パラメータ

連絡先 : 〒730-0833 広島市中区江波本町 4 番 22 号 (株)アライズソリューション Tel(082)293-1231 FAX(082)292-0752

4. システムの検証

FLIPCSIM で設定したデータは、表 1 に示す通りであり、繰り返し载荷回数とせん断応力比の試験値は、表 2 に示す値を用いた。シミュレーションについては r_{edc} , r_{ed} , q_2 , c_1 に着目して表 3 に示す値の範囲で行い、その算定結果を、表 4 に示す。図 3 は、繰り返し载荷回数とせん断応力比の試験値と計算により得られた液状化抵抗曲線を示したものである。図 3 では、各せん断ひずみ片振幅における繰り返し载荷回数に対して、算出された値がよく一致していることが確認できる。

表 4 の液状化パラメータを FLIPCSIM に設定して計算を行い、繰り返し载荷回数で同様の数値が算出された事で、計算の信頼性は保持できている事が確認できた。

5. まとめ

提案した FLIPCSIM を用いた液状化パラメータのモンテカルロシミュレーションによる選定が可能である

表 1 検証に用いる液状化パラメータ

密度(ρ)	1.878	Pa	52.5	Gma	64259	mG	0.5
間隙率(n)	0.539	Kla	167578	Kua	167578	mK	0.5
		hmax	0.24	ϕf	37.4305	qus	0.0

表 2 検証に用いる繰り返し载荷回数(試験値)

せん断ひずみ片振幅	せん断応力比		
	0.52	0.33	0.28
0.750%	0.70	12.50	41.00
1.500%	1.70	15.50	45.00
3.750%	7.00	24.00	60.00

表 3 モンテカルロシミュレーションで設定した液状化パラメータ

ϕ	ε_{dcm}	r_{edc}	r_{ed}	r_k
28	0.1	0.5~2.0 で変動	0.05~1.0 で変動	0.5
q_1	q_2	q_4	s_1	c_1
1.0	1.0~5.0 で変動	1.0	0.005	1.0~3.0 で変動

表 4 モンテカルロシミュレーションで算出された液状化パラメータ

ϕ	ε_{dcm}	r_{edc}	r_{ed}	r_k
28	0.1	1.389	0.1	0.5
q_1	q_2	q_4	s_1	c_1
1.0	3.2	1.0	0.005	2.708

と共に、提案法の妥当性を検証した。

謝辞

繰り返し载荷回数の算出方法について、広島大学大学院 一井准教授にご指導頂きました。深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990.
- 2) Iai S, Tobita T, Ozutsumi O, Ueda K.: Dilatancy of granular materials in a strain space multiple mechanism model. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.35, No.3, pp.360-392, 2011.

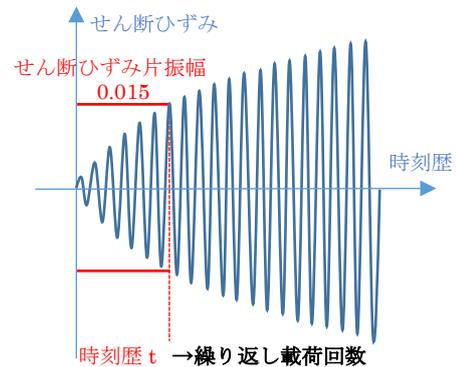


図 2 繰り返し载荷回数の算出方法

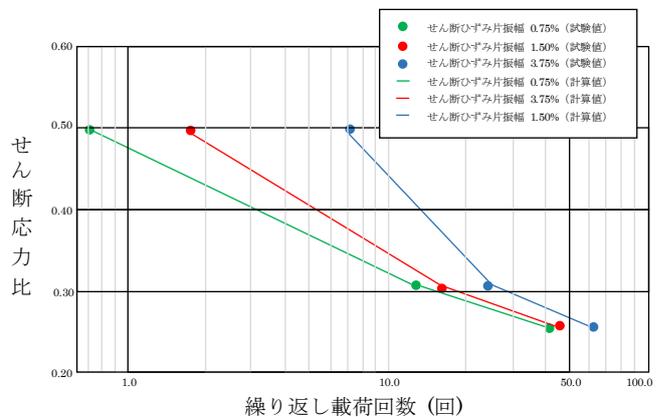


図 3 繰り返し载荷回数の試験値と算出値との比較