

FLIPにおける液状化パラメータが影響を及ぼす範囲と感度について

五洋建設株式会社 正会員 ○片山 遥平 九州大学 正会員 笠間 清伸
 五洋建設株式会社 正会員 秋本 哲平 九州大学 正会員 古川全太郎
 五洋建設株式会社 正会員 Nguyen Binh 九州大学 学生会員 西田 啓介

1. はじめに

本稿は、動的有効応力解析プログラムの FLIP¹⁾において必要となる、各種液状化パラメータの影響と感度について分析した結果を報告するものである。

2. 研究の背景

FLIP による解析において、地盤の動的変形特性や液状化特性を再現するためには種々のパラメータを適切に設定する必要がある。表-1 に主なパラメータ²⁾を示す。本研究では液状化特性に関するパラメータのうち、変相角を除いた5つのパラメータ（以下、液状化パラメータ）について着目した。

砂地盤では簡易設定法²⁾を用いることで液状化時の挙動をおおよそ再現することができるが、浸透固化処理された粘り強い地盤の挙動を再現するには液状化パラメータのフィッティング作業が必要となる。従来はこの調整作業を試行錯誤的に実施していた。この作業を簡易にするため、各種液状化パラメータが影響を及ぼす範囲と感度を分析することとした。

3. 研究の方法

表-2 に対象とした浸透固化処理地盤の変形特性パラメータを示す。変形特性パラメータは簡易設定法を用いて設定した。ここで内部摩擦角 ϕ_f および変相角 ϕ_p は応力経路図の傾きを合わせるため、現実的な数値ではないがそれぞれ 80° 、 70° とした。

解析には液状化パラメータ決定用プログラムである FLIPSIMver5.0.0 を用いた。液状化パラメータの基本値を決定し、一つずつ数値を変化させ、片振幅せん断ひずみ、過剰間隙水圧比の変化を確認した。参考文献 2 に W_1 以外の液状化パラメータの目安が示されており、これを参考にした。液状化パラメータの基本値と検討範囲を表-3 に示す。なお P_2 の目安は 1.0 前後とされているが、後述の理由により P_2 は 0.25 とした。 W_1 については、1~500 まで 1 刻みの値を入力して解析し、結果を確認して基本値を決定した。

キーワード FLIP, 液状化パラメータ, 薬液注入工法, 要素シミュレーション

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株) 技術研究所 土木技術開発部 TEL 0287-39-2116

表-1 FLIP の有効応力モデルのパラメータ

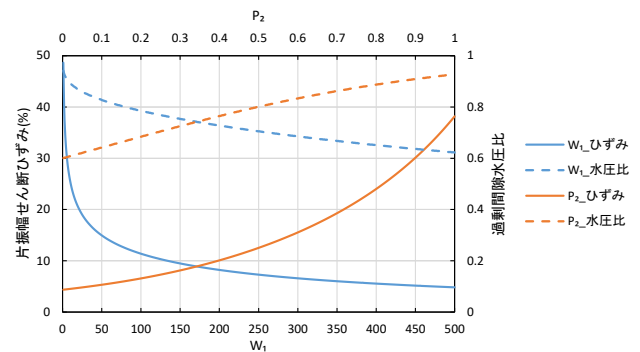
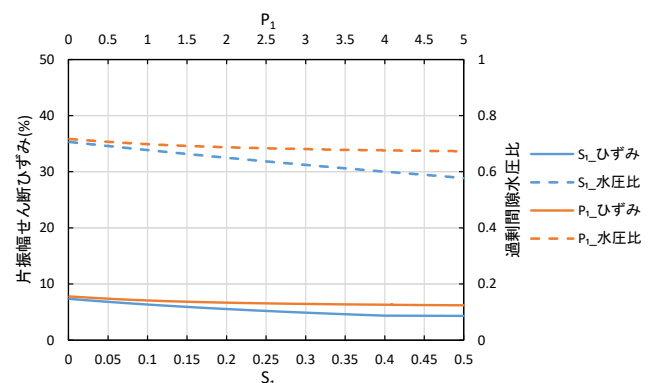
分類	パラメータ	
動的変形特性	G_{ma}	せん断弾性係数
	K_{ma}	体積弾性係数
	ϕ_f	内部摩擦角
	h_{max}	履歴減衰の上限值
液状化特性	ϕ_p	変相角
	S_1	液状化の終局状態を規定するパラメータ
	W_1	液状化特性全体を規定するパラメータ
	P_1	液状化特性の前半を規定するパラメータ
	P_2	液状化特性の後半を規定するパラメータ
C_1	液状化発生の下限値を規定するパラメータ	

表-2 変形特性パラメータ

設計基準強度	密度	基準有効拘束圧	基準初期せん断弾性係数	基準体積弾性係数	間隙水の体積弾性係数	有効拘束圧依存性
q_{luck}	ρ	σ'_{ma}	G_{ma}	K_{ma}	K_w	m_σ, m_k
kN/m^2	g/cm^3	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	-
122	2.049	100	80,678	210,396	2,200,000	0.5

表-3 液状化パラメータの基本値と検討範囲

	S_1	W_1	P_1	P_2	C_1
基本値	0.005	-	0.60	0.25	1.00
検討範囲	0.001~0.5	1~500	0.01~5	0.002~1	0.03~15

図-1 $W_1 \cdot P_2$ の分析結果図-2 $P_1 \cdot S_1$ の分析結果

4. W_1 の分析結果

図-1 に W_1 と片振幅せん断ひずみおよび過剰間隙水圧比のグラフを示す。 載荷回数が 20 回のときの値を示している。 W_1 が大きいほどせん断ひずみと過剰間隙水圧比は小さくなるのが分かった。 この結果を見て、以下の検討では W_1 の基本値を 250 とした。

5. S_1 , P_1 , P_2 および C_1 の分析結果

S_1 , P_1 , P_2 および C_1 についても同様に 500 ケースずつ解析を実施した。 図-1~3 に各液状化パラメータの分析結果を示す。 比較的似た傾向が得られたパラメータをペアとして一つのグラフで整理した。 図-1を見ると、 P_2 が小さいほどせん断ひずみの発生量が小さくなるのが分かったが、基本値を 1.0 から 0.25 に下げたのはひずみ発生量を調整するためである。 表-4 に各液状化パラメータの影響範囲と感度をまとめた表を示す。 また W_1 , P_2 , C_1 については、図-1~3 には現れない特異な傾向が得られたため、別途経過時間とせん断ひずみの関係について表-5 に示した。

6. 液状化パラメータの最適化

分析結果を基に液状化パラメータの最適化を検討した。 図-4 に最適化したときの液状化パラメータと、要素挙動および液状化強度曲線のグラフを示す。 要素挙動のグラフは応力比が 0.93 のときの結果を示している。 浸透固化処理された地盤の粘り強い挙動を精度よく再現することができた。

7. おわりに

各液状化パラメータが要素挙動に及ぼす影響と感度を明らかにし、浸透固化処理地盤の液状化パラメータの設定手法の妥当性が確認された。

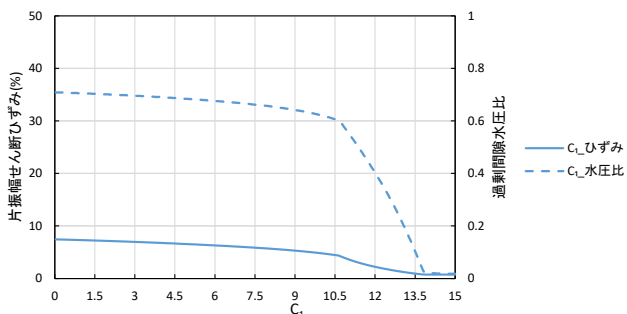


図-3 C_1 の分析結果

表-4 影響範囲と感度のまとめ

液状化パラメータ	影響範囲	増加時の影響	感度大の範囲	備考
W_1	せん断ひずみ	大きく減少	0~30	390~459のうち、一部ケースで発散を確認
	過剰間隙水圧比	大きく減少	0~10	
S_1	せん断ひずみ	減少	特になし	0.4を超えると、せん断ひずみ発生量が一定値に収束する
	過剰間隙水圧比	減少	特になし	
P_1	せん断ひずみ	僅かに減少	特になし	全体的にせん断ひずみと過剰間隙水圧比はほとんど変化しない
	過剰間隙水圧比	僅かに減少	特になし	
P_2	せん断ひずみ	大きく増加	0.7~1	0.7を超えると、せん断ひずみの感度が大きくなる
	過剰間隙水圧比	大きく増加	特になし	
C_1	せん断ひずみ	減少	10.7~13.7	13.9を超えると、せん断ひずみと過剰間隙水圧比は収束する
	過剰間隙水圧比	大きく減少	10.7~13.7	

表-5 $W_1 \cdot P_2 \cdot C_1$ の特異な傾向

	大	小	考察	
W_1			大	形状が末広がりになる
			小	前半が大きくなり後半は戻すぼみになる
P_2			大	全体的に大きくなる
			小	全体的に小さくなる
C_1			大	ひずみの発生が遅くなる
			小	ひずみの発生が早くなる

最適液状化パラメータ	S_1	W_1	P_1	P_2	C_1
	0.005	100	0.73	0.021	3

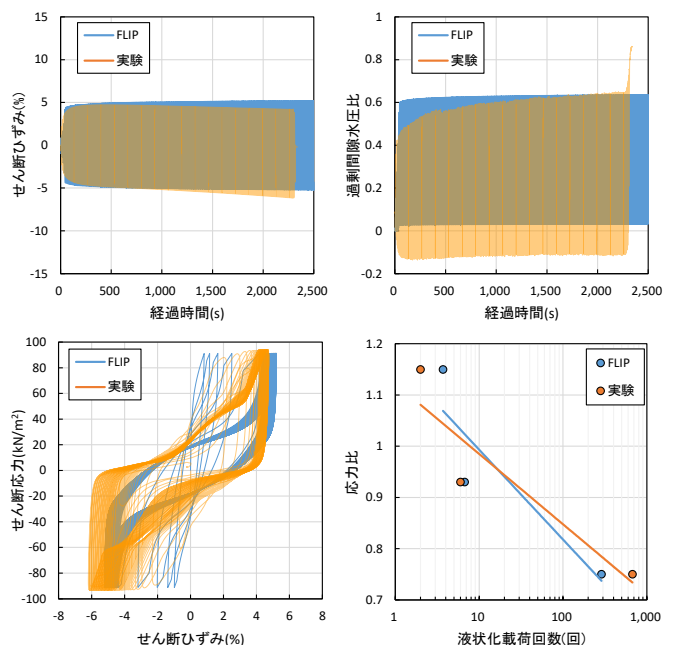


図-4 液状化パラメータを最適化した結果

参考文献

- 1) Iai, S., Matsugana, Y., and Kameoka, T. : Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of Port and Harbour Research Institute, Vol. 29, No. 4, pp 27-56, 1990.
- 2) 森田年一, 井合進, Hanlong Liu, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメータの簡易設定法, 港湾技研資料 No.869, 1997.