# 微小変形解析と有限変形解析に基づく盛土構造物の変形量評価についての一考察

エイト日本技術開発	正 会 員	○栗林	健太郎	高知大学	正 会 員	原	忠
				エイト日本技術開発	正 会 員	黒田	修一

# 1. はじめに

近年では盛土構造物においても性能設計の考え方が取り入れられ,特に液状化地盤上に敷設される盛土構造 物のレベル2地震動に対しては2次元有限要素法を用いた有効応力解析による変形量照査が広く採用されてい る.しかし、従来の微小ひずみ理論に基づく有効応力解析は、要素に発生するひずみが大きくなるに従い解析 の精度が低下し、特に海溝型地震動の様な継続時間の長い地震動に対して盛土の変形を過大に評価する可能性 が指摘されている<sup>1)</sup>.本報では、盛土構造物の有効応力解析に広く使用されている FLIP を用いて、同一のモ デルに対して微小ひずみ理論を用いた微小変形解析と有限ひずみ理論<sup>20</sup>を用いた大変形解析の2種類の有効応 力解析を実施し、液状化層に発生する軸差ひずみと盛土天端沈下量の関係について比較した.

#### 2. 解析条件

解析モデルは、旧建設省土木研究所が実施した盛土の遠心力模型実験<sup>3)</sup>を再現した解析モデルとし、液状化 層が 4m のケースと 8m のケースに変化させてその傾向を比較した.大変形解析には FLIP/TURIP (ver. 6.4.3) を用い、構成則は tmp7 法,解析手法は Updated Lagrangian 法を採用した.解析モデル図を図1に,解析物性 値を表1に示す.盛土および基礎地盤はカクテルグラスモデル要素を用いてモデル化した.江戸崎砂(細粒分 含有率 Fc=0.8%, 相対密度 Dr=60.7%) および硅砂(細粒分含有率 Fc=0.7%, 相対密度 Dr=90.8%)の液状化パラ メータは、同一実験における既往の再現解析<sup>4)</sup>において設定されている値を引用した.解析に用いる Rayleigh 減衰も同様に既往の再現解析事例より $\beta = 0.0002$ とした.

入力地震動については、遠心力模型実験における入 力波(最大加速度 400gal, 図2 参照)を基準とし, 最 大加速度を 50gal, 100gal, 200gal, 300gal となる様 に振幅調整させた.

#### 3. 解析結果

## (1)遠心模型実験の再現解析結果

最初に, 遠心模型実験における再現解析結果として, 400gal 入力波に対する盛土の残留変形図を図3に,最 大軸差ひずみのコンター図を図4に示す. 解析結果よ り得られる盛土の変形モードは,遠心模型実験と類似









図 1 解析モデル図(液状化層厚4m)

表1 解析物性值

			盛土	江戸崎砂	硅砂
湿潤密度	ρι	(t/m <sup>2</sup> )	1.7	1.86	1.98
基準平均有効主応力	Pa	$(kN/m^2)$	98	98	98
初期せん断剛性率	Gm	$(kN/m^2)$	84000	41000	86000
初期体積剛性率	K <sub>La</sub>	$(kN/m^2)$	218000	107000	224300
拘束圧依存係数	m <sub>G</sub> /m <sub>K</sub>		0.5	0.5	0.5
間隙率	n		0.49	0.49	0.4
内部摩擦角	$\phi_{\rm f}$	(°)	34	34	48
最大減衰定数	h <sub>max</sub>		0.26	0.26	0.24
	$\phi_p$	(°)	-	28	33
	$\epsilon_d^{cm}$		-	0.100	0.100
	r <sub>ɛdc</sub>		-	18.000	6.000
	r <sub>ed</sub>		-	0.200	0.060
液状化パラメータ	qı		-	1.000	1.000
(カクテルグラスモデル)	q <sub>2</sub>		-	2.500	3.500
	r <sub>k</sub>		-	0.500	0.500
	l <sub>k</sub>		-	2.000	2.000
	<b>S</b> 1		-	0.005	0.005
	<b>c</b> 1		-	1.000	1.000

している. また, 盛土中央天端に発生する沈下量 は 2.17m であり, 遠心模型実験における沈下量 (2.0m)と概ね整合が取れている.

実験結果を再現している本解析結果において, 液状化層に発生している軸差ひずみは最大で 70%程度であった.この結果より,液状化層に発 生する軸差ひずみが 70%程度の範囲であれば解 析結果の精度が確保できていると言える.

# (2) 微小変形解析と大変形解析の比較

液状化層厚および入力地震動を変化させた全 てのケースについて,微小変形解析および有限変 形解析により得られた液状化層に発生する最大 軸差ひずみと正規化沈下係数の相関を図5に示す. ここで正規化沈下係数とは,加振後の最大盛土天 端沈下量を液状化層厚の1/2乗で除した係数と定 義する.これより,微小変形解析においても有限 変形解析においても,液状化地盤に発生する軸差 ひずみと正規化沈下係数は同一の比例関係にあ る事がわかる.

微小変形解析結果より得られる液状化層の最 大軸差ひずみと,同一条件における微小変形解析 と大変形解析の盛土天端沈下量の比(以下,沈下 比率とする)との相関を図6に示す.微小変形解 析より得られる盛土天端沈下量は大変形解析よ り得られる沈下量の概ね3割~8割程度であり, 液状化層厚の違いに寄らず微小変形解析より得 られる液状化層の最大ひずみと沈下比率の間に は一様の相関関係が確認できる.

## 4. まとめ

解析結果より, 微小変形解析結果と有限要素解 析結果における盛土沈下量は, 解析の手法によら ず液状化層に発生する最大軸差ひずみと一義的 な関係があることが分かった. この結果を用いて, 微小変形解析結果より得られる盛土の変形量か ら有限変形解析における変形量を推定すること が可能であると考えられる.



**参考文献** 1) 吉澤ほか:河川堤防の耐震性評価における継続時間の長い地震動に対する有効応力解析の適用性の検討, Vol.55A, pp.415-420, 2009. 2) Iai, S. et al: Finite Strain Formulation of a Strain Space Multiple Mechanism Model for Granular Materials, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol. 37(9), pp.1189-1212, 2013. 3) 建設省土木研究所耐震技術センター動 土質研究室:法先固化改良による盛土の耐震対策効果に関する動的遠心模型実験報告書, 土木研究所資料第 3688 号, 2000. 4) 兵頭ら:事例解 析(1)盛土構造物を対象とした検討, (社)FLIP コンソーシアム 平成 26 年度成果報告会, 3-1, 2014.