

液状化地盤上碎石ジオシンセティックス対策盛土の形状保持効果に関する再現解析

液状化, 盛土, ジオシンセティックス

エターナルプレザーブ 正会員 ○Hla Aung  
 エターナルプレザーブ 正会員 久保 幹男  
 エターナルプレザーブ 正会員 横山 公明  
 ジオ・シビル 正会員 川崎 始  
 中部大学 国際会員 余川 弘至

1. はじめに

著者らは、液状化地盤上ジオシンセティックス対策盛土の形状保持効果を目的に、ジオシンセティックスを碎石で挟み込む構造体を表層に設置する工法を検討している。本研究では、前報<sup>1)</sup>に引き続き盛土の変形保持効果を確認するため、動的遠心模型実験の各種条件に基づいた動的有効応力解析を実施した。

2. 解析手法

本研究では、地震中に発生する地盤の液状化などを再現でき、時々刻々と変化する過剰間隙水圧や地盤や盛土の沈下量を適切に評価できる2次元有効応力解析プログラムLIQCA<sup>3)</sup>を用いて実施した。

3. 解析条件

解析ケースは Case1 無補強盛土と Case2 盛土直下に碎石とジオシンセティックスを敷設した盛土の2ケースである。解析メッシュを図-1に示す。解析メッシュの底面は水平および鉛直固定とし、側面は水平固定とした。地下水位を想定した地表面から1mの深度には排水境界を設け、それ以外の面は非排水境界としている。実験で碎石層周辺に過剰間隙水圧の抑制が確認されたことから、碎石層周辺1mに非液状化領域を設けてモデル化し、碎石層周辺地盤に碎石層の透水係数を適用した。図-2に入力地震動を示す。ジオシンセティックスは弾性梁要素でモデル化した。表-1に解析に用いた地盤物性値とパラメータを示す。ジオシンセティックスは引張剛性EA=3000kN/mを適用した。東北珪砂7号の液状化特性に関するパラメータは非排水繰返し三軸圧縮試験から得た液状化曲線をフィッティングして設定した。図-3に要素シミュレーション結果を示す。

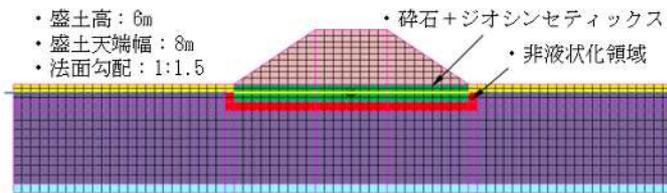


図-1 解析メッシュ

表-1 地盤物性値とパラメータ

Name of soil profile	Embankment	Liquefiable layer	No liquefiable layer	Countermeasure (Crushed stone layer)	Base layer
Density $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	1.96	1.86	1.86	1.90	1.90
Coefficient of permeability $k$ (m/s)	-	0.0013	0.0320	0.0320	0.0320
Initial void ratio $e_0$	0.799	0.870	0.870	0.830	0.830
Elasto-plastic for sand model					
Compression index $\lambda$	-	0.025	0.025	-	-
Swelling index $\kappa$	-	0.010	0.010	-	-
Quasi-overconsolidation ratio $OCR^*$	-	1.0	1.0	-	-
Initial shear modulus ratio $G_0/\sigma'_v$	-	93.75	93.75	-	-
Failure stress ratio $M^*_f$	-	1.329	1.329	-	-
Phase transformation stress ratio $M^*_n$	-	0.692	0.692	-	-
Hardening function parameters	$B_0$	-	330	-	-
	$B_1$	-	33	-	-
Referential strain parameters	$\gamma^*_{r1}$	-	0.2	-	-
	$\gamma^*_{r2}$	-	0.05	-	-
Dilatancy coefficient parameters	$D^*_{o1}$	-	2.5	-	-
	$n$	-	4.0	-	-
R-O model					
Poisson's ratio $\nu$	0.333	-	-	0.333	-
Parameters of shear modulus	$a$	4758	-	5820	-
	$b$	0.5	-	0.5	-
Cohesion $c$ (kPa)	6.6	-	-	7.4	-
Internal friction angle $\phi$ (deg)	33.4	-	-	41.2	-
Parameters of R-O nonlinearity	$\alpha$	6.0	-	3.6	-
	$r$	2.3	-	2.6	-
Elastic model					
Lame's Coefficients	$\mu$	-	-	-	1495888
	$\lambda$	-	-	-	75019

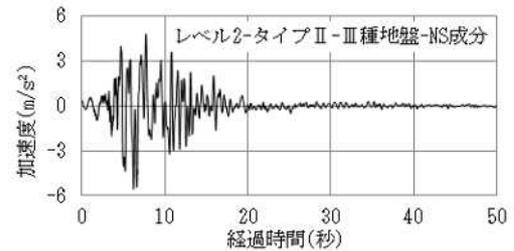


図-2 入力地震波

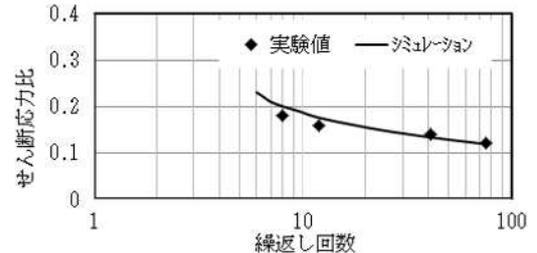


図-3 要素シミュレーション結果

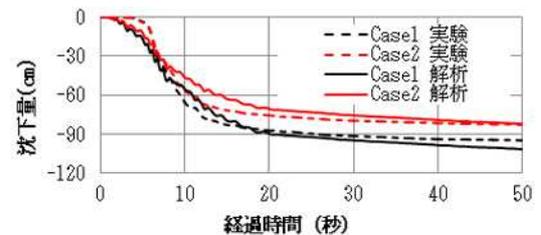


図-4 盛土天端沈下量の経時変化

Reproduction Analysis of Shape Retention Effect of Gravel-Geosynthetic Countermeasure Embankment on Liquefied Ground

○Hla AUNG (Eternal Preserve)  
 Mikio KUBO, Masaaki YOKOYAMA (Eternal Preserve)  
 Hajime KAWASAKI(Geo Civil)  
 Hiroshi YOKAWA(Chubu University)

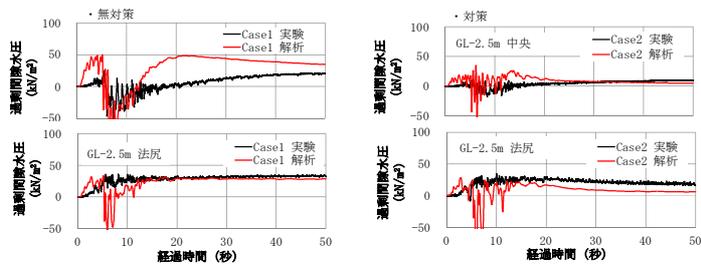


図-5 過剰間隙水圧の経時変化

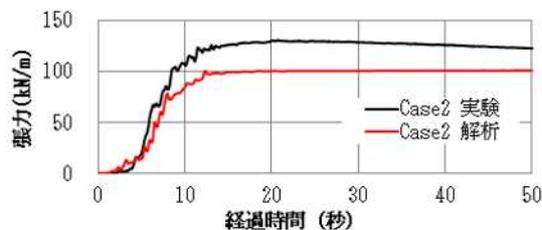


図-6 張力の経時変化

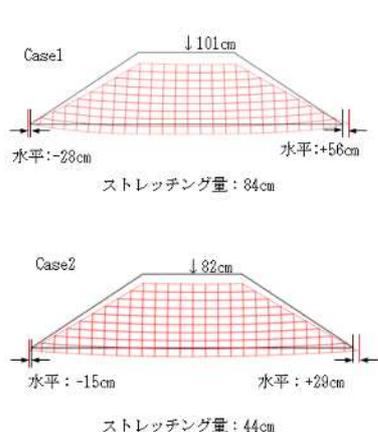


図-7 加振終了後の盛土形状

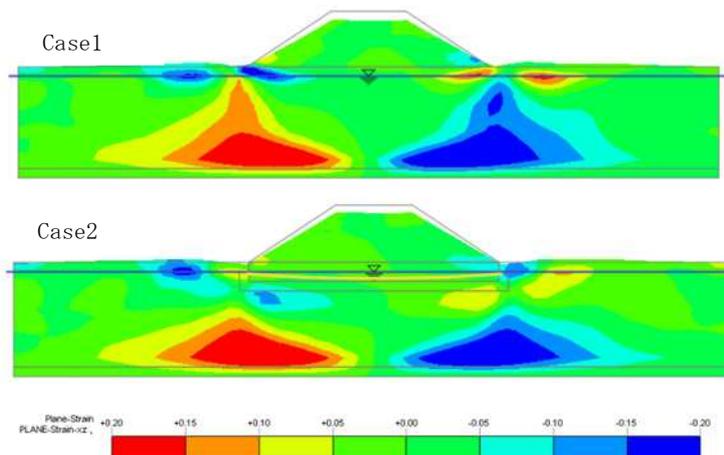


図-8 加振終了後のせん断ひずみ分布

#### 4. 解析結果と考察

##### (1) 盛土天端沈下量の経時変化

図-4 に盛土天端沈下量の経時変化を示す。盛土天端沈下量の経時変化及び最終沈下量は実験結果と解析結果がおおむね一致している。特に、Case2の実験と解析の最終沈下量はほぼ一致し、沈下抑制の対策効果をほぼ表現できている。

##### (2) 過剰間隙水圧の経時変化

図-5 に盛土中央と法尻部直下 GL-2.5m 地点の過剰間隙水圧の経時変化を示す。盛土中央地点は実験で Case1, Case2 とともに加振初期から 5 秒程度迄は上昇傾向、5 秒から 15 秒前後までは負の過剰間隙水圧が発生し、その後は再度上昇傾向を示している。法尻部直下地点は実験で Case1, Case2 とともに加振初期から 5 秒程度迄は上昇傾向、その後 Case1 は一定の傾向、Case2 は若干減少傾向を示している。実験結果に対して解析結果は、盛土中央では経時変化は同様の傾向を示すが、絶対値が異なっており、法尻部では加振から 7 秒付近で実験では見られなかった負の過剰間隙水圧が発生している。解析結果を実験結果に近づけるためには、液状化特性のパラメータ設定等の調整が必要と考えている。

##### (3) ジオシンセティックスの張力

図-6 に砕石中央位置に敷設したジオシンセティックスの張力の経時変化を示す。加振開始 5 秒時点から引張力が増加し、主揺動時における張力の増加が解析値においても顕著である。解析値は実験値よりやや小さく生じているが、経時変化は同様な傾向を示しており、ジオシンセティックスの補強効果をほぼ再現出来ている。以上のことからジオシンセティックスモデルの妥当性がうかがえる。

##### (4) ストレッチング抑制効果

図-7 に加振終了後の盛土形状を示す。ここでストレッチング量とは、盛土の両法尻の盛土中央から離れる方向への水平変位量を足し合わせて絶対値で示したものである。Case1 のストレッチング量 84cm に対し、Case2 が 44cm とかなり抑えられており、前報<sup>1)</sup>の実験結果と同様な効果を示している。図-8 に加振終了後の変形図とせん断ひずみ分布を合わせて示す。盛土の両法尻とその直下領域のせん断ひずみ分布を見ると、Case1 に比べ Case2 がかなり少なくなり、盛土の沈下及び水平変位(ストレッチング)が抑制された。これは、ジオシンセティックスの引張抵抗により砕石層の曲げ剛性が増加し、盤的な挙動を示すことにより側方変位を抑えたと考えられる。

#### 5. まとめ

動的有効応力解析手法を用いた実験の再現検討では、液状化地盤上ジオシンセティックス対策盛土の形状保持効果がほぼ再現できた。今後は、対策構造による適用範囲拡大の確認を解析的に検討する。

参考文献：1) 村上清基ら：液状化地盤上ジオシンセティックス対策の盛土の形状保持効果に関する動的遠心模型実験，第 56 回地盤工学研究発表会概要集，2021(投稿中)。2) 余川弘至ら：液状化地盤上ジオシンセティックス対策盛土の形状保持効果に関する予測解析，第 56 回地盤工学研究発表会概要集，2021(投稿中)。3) Oka, F. et al.: FEM-FDM coupled liquefaction analysis of a porous soil using an elasto-plastic model, Applied Scientific Research, No.52, pp.209-245, 1994.