

ジオシンセティックス液状化変形抑制工法の動的遠心模型試験

液状化 盛土 ジオシンセティックス

東京工業大学 国際会員 高橋章浩
 東京工業大学 正会員 関 栄
 Gadjah Mada University Avantio PRAMADIYA
 エターナルプレザーブ 国際会員○倉知慎直
 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

1. はじめに 筆者らは、液状化時の盛土の変形を抑制するために、砕石に高強度ジオシンセティックスを挟み込んだ構造体を盛土直下に配置する工法を検討している。既往の実験及び解析結果から液状化時の盛土の変形を抑制することを確認している¹⁾²⁾³⁾。本研究では、液状化時に盛土の変形を抑制する砕石とジオシンセティックスの効果を確認するために動的遠心模型試験を実施した。

2. 実験概要 図-1 に遠心模型試験の概要図を示す。実験は、1/50 縮尺の遠心模型試験(遠心加速度場 50g)で行った、基礎地盤の構成は、下端の基礎層(珪砂 3 号)を除き、210mm(実物換算で 10.5m)とし、地下水面を地表から 10mm(0.5m)とした。盛土は、法尻幅 200mm(10.0m)、高さ 40mm(2.0m)、法面勾配 1:1.5 とした。対策工法の砕石層厚は 20mm(1.0m)であり、ジオシンセティックスを敷設するケースでは、ジオシンセティックスモデルを砕石の厚さ方向中央に 1 枚敷設した。

実験は、Case1 無補強の盛土、Case2 盛土直下に砕石のみを敷設した盛土、Case3 盛土直下に砕石とジオシンセティックスを敷設した盛土の 3 ケースである。実験に用いた地盤材料は豊浦標準砂、珪砂 3 号、DL クレーの 3 種類で、それぞれ基礎地盤(液状化層)、砕石層、盛土に用いた。これらの物性を表-1 に示す。液状化層は、相対密度 $D_r=50\%$ の緩詰め状態になるよう空中落下法で作成し、粘性流体(信越化学製:メトローズ)で飽和させた。砕石層は、珪砂 3 号を敷設した後、軽く締め固めて作成した。盛土は、DL クレーをシリコンオイルと混ぜ、初期含油比 22%としたものを単位体積重量 $\gamma_t=15\text{kN/m}^3$ となるよう締め固めて作成した。ジオシンセティックスのモデルは、実物の引張剛性 $EA=3000\text{kN/m}$ に合う、1/50 の剛性を有する農業用シートを使用した(ダイヤテックス製: BK-85)。液状化変形時のジオシンセティックスに作用する引張力及び分布を把握するために、盛土中央から 20mm(1m)間隔ひずみゲージ(共和電業製:KFEL-5-120-C1)を設置した。入力地震動は、2011 年東北地方太平洋沖地震時に K-Net 水戸で観測された地震波(IBR006, NS 成分)を振幅調整したものを用いた。図-2 に入力加速度波形を示す。以下の実験結果は、全て実物換算して記した。

3. 実験結果 (1)盛土の沈下挙動及び過剰間隙水圧分布 図-3 に盛土天端で計測した沈下量の時刻歴を示す。主要動終了時点の 120 秒までの沈下量に着目すると、無対策の Case1(434mm)に比べ、Case2(316mm)、Case3(267mm)の順で盛土の沈下量は小さくなっている。Case3 の沈下量は、無対策 Case1 の 62%まで低減され、変形の抑制効果がうかがえる。また、Case2 の砕石のみでも沈下の抑制はあるものの、Case3 と比べ 10%の差が生じた。この差がジオシンセティックスによる効果であると考えられる。図-4 に主要動終了時の過剰間隙水圧比分布を示す。無対策の Case1 に比べ、砕石を配置して

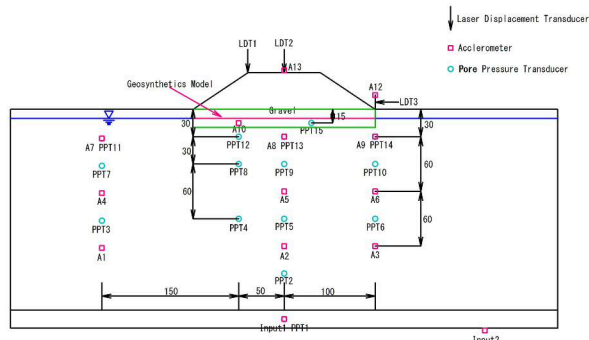


図-1 実験概要図

表-1 地盤材料物理特性

	豊浦砂	珪砂3号	DLクレー
土粒子密度	2.645	2.65	2.765
D10(mm)	0.14	1.37	0.012
D50(mm)	0.19	1.72	0.024
最大間隙比	0.973	0.971	1.672
最小間隙比	0.609	0.702	0.695
透水係数(m/s)	2×10^{-4}	7×10^{-3}	-

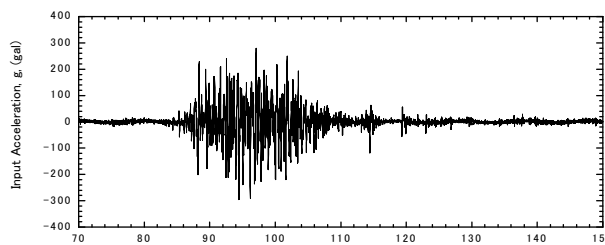


図-2 入力加速度波形

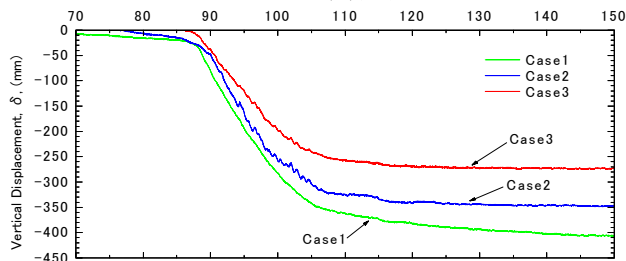


図-3 盛土天端沈下量時刻歴

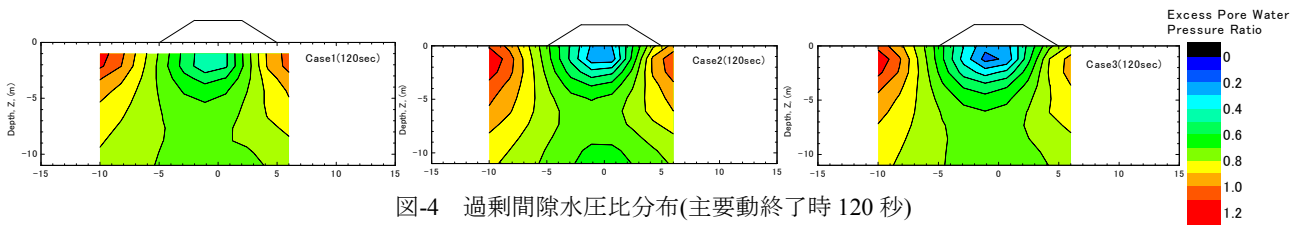


図-4 過剰間隙水圧比分布(主要動終了時 120 秒)

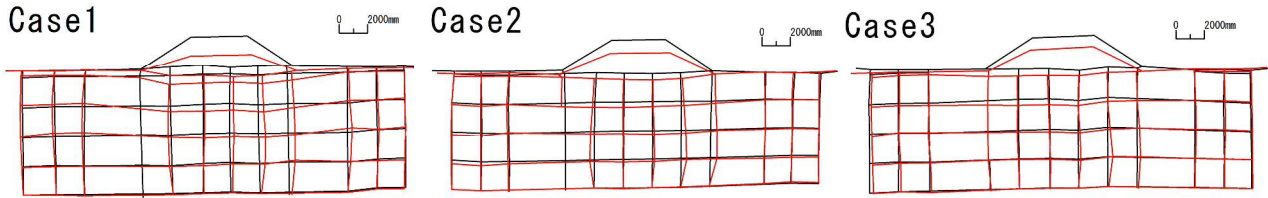


図-5 地盤内変形図

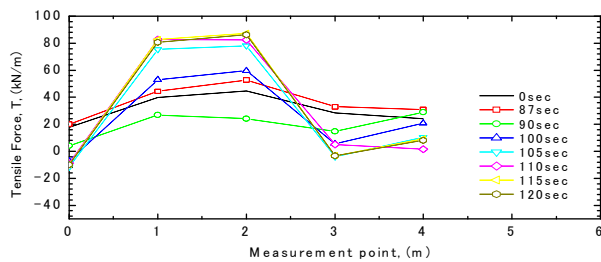


図-6 ジオシンセティックス張力分布

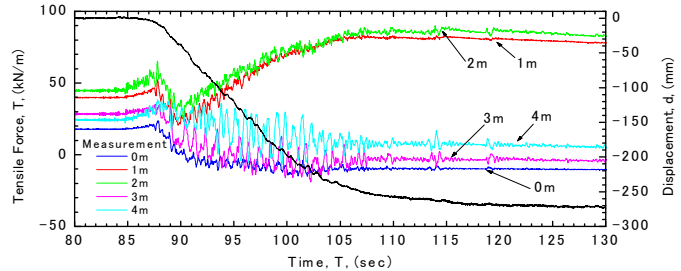


図-6 ジオシンセティックス張力時刻歴

いる Case2, 3 は、盛土底部の過剰間隙水圧の上昇が抑制されていることがわかる。碎石を配置した Case2, 3 では、大きな過剰間隙水圧の差異は見られなかった。時刻歴を見ると、碎石を配置した Case2, 3 は主要動終了後、間隙水圧の消散が Case1 に比べ早くなっていた。

(2) 地盤内変位 模型地盤側面に設置した評点を加震前と加振後に撮影した写真から読み取り作成した地盤内変位図を図-5 に示す。無対策の Case1 では、液状化した基礎地盤は、地表面部から側方に大きく変形し、盛土底部が円弧状に変形し、法尻部分も外側に向けて水平に変位している。碎石のみの Case2 では、Case1 に比べ、地表面付近の側方変形が抑えられている。また、側方変位は、地盤の深い位置で生じている。盛土底部は若干であるが円弧状に変形し、法尻部分も Case1 同様水平に変位している。Case3 は、Case1, 2 と異なり、地表面付近の側方への変形が小さく、鉛直方向のみの変形が卓越していることがわかる。盛土底部の変形も Case2 の碎石のみと比べ、ほぼ一様に鉛直方向に変形しており、碎石にジオシンセティックスを挟み込むことで碎石層の曲げ変形を拘束し、盤的な挙動をしたため、側方への変形を抑制したと考える。この効果により法尻部の変形も抑えられており、盛土の不同沈下に効果があると考える。

(3) ジオシンセティックスに作用する張力 図-6 に Case3 で計測されたジオシンセティックスの張力分布の変化を示す。主要動加震前までは、盛土底面のせん断応力分布と類似の張力分布を示したが、法尻に近い部分の張力は低下し、盛土中央に近い位置で増加する傾向を示した。図-7 は、ジオシンセティックスの張力の時刻歴を示している。加震初期は増加するものの、沈下が増加する地点から減少する傾向が見られた。実験中に撮影した動画から評点の変位を整理したところ、張力が低下する 90 秒付近で瞬間的に盛土天端の沈下量と碎石内の平均沈下量に差が生じていることがわかった。盛土が粘性土系であったため、実験土層との付着力の影響で沈下差が生じ、上載圧が抜けたような現象が起り、その影響で張力が減少したと考える。また法尻部分の張力は、沈下差が生じた際に計測が影響を受け張力増加見られなかった可能性があると考え。別報⁴⁾でこれら実験の解析的な検討を行っているが、解析結果は、影響を受けなかった部分の張力を再現しており、解析的な結果を使用して張力の分布を評価したいと考える。

4. おわりに 盛土の液状化変形抑制工法として、盛土下部に碎石にジオシンセティックスを挟み込んだ構造を配置した場合、無対策及び碎石のみと比較して盛土の沈下を抑制することが確認された。地盤の変形モードに着目すると、ジオシンセティックスに発生する張力が、碎石層の曲げ変形を拘束し、盤的な挙動をするため、盛土法尻の水平方向の変形を抑え、その結果、盛土の全体の沈下を抑制したと考える。今後、実験結果及び解析手法を用いて、設計法の確立にむけた検討を進めていきたい。

参考文献 1) 村上, 久保, 松本, 大河内: ジオシンセティックスを用いた液状化変形抑制工法に関する遠心模型実験, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp. 567-568, 2010. 2) 松本, 久保, 村上, 大河内: UWLC によるジオシンセティックスを用いた液状化変形抑制工法遠心模型実験の解析, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp. 569-570, 2010. 3) 大河内, 松本, 久保, 村上: ジオシンセティックスを用いた液状化変形抑制工法の遠心模型実験と解析, 地盤工学会誌, pp. 22-25, 2010. 10. 4) 高橋, AUNG, 倉知, 久保: ジオシンセティックス液状化変形抑制工法の動的遠心模型試験に対する解析的検討, 第 50 回地盤工学研究発表会, 投稿中.