ジオテキスタイルによる軟弱地盤上盛土のゆるみ抑制効果

(国研) 土木研究所 正会員 ○石村 陽介 谷本 俊輔 佐々木 哲也

1.はじめに 東日本大震災では、軟弱地盤上の道路盛土において、盛土 自体の液状化による被害が発生した.盛土自体の液状化により著しい被 害が生じることの一因として、圧密沈下に伴う盛土下部の側方流動(水 平ひずみ)により、ゆるみ(密度や拘束圧の低下)が生じ、液状化強度が低 下するためと考えられている¹⁾.こうした盛土自体の液状化に対して、 盛土底面にジオテキスタイルを敷設することで、ゆるみを抑制する対策 が考えられる.著者らは、動的遠心実験により、ジオテキスタイルを敷 設することで液状化時の盛土の変形が抑制されることを確認した²⁾が、 圧密沈下に伴う盛土のゆるみ、及びジオテキスタイル敷設によるゆるみ 抑制効果については、評価できていない.

本報では、 圧密沈下に伴う盛土のゆるみ、 及びジオテキスタイル敷設 によるゆるみ抑制効果について、 遠心実験と FEM 解析を用いて検証し た結果を報告する.

2. 遠心模型実験 模型地盤の模式図を図-1,実験ケース及び模型地盤の 材料を表-1 に示す.実験は 50G の遠心力場で,case1~3 について実施 した.case0 では変形前の盛土内密度分布を確認するため,模型作製後 に密度測定のみ行った.なお,本報では対策工の効果に着目するため, case0,2,3 の結果について報告する.盛土内密度分布は,case0 は模型作 製後,case2,3 は遠心力除荷後に小型コアカッターにより採取した試料 の乾燥密度を基に,締固め度として評価した.

case2,3 の盛土の変位を表-2 に示す.盛土の変形量は全体的に case3 の方が若干小さい程度であった.case2 では遠心実験中に盛土天端から 粘土層にかけて円弧すべりが生じ,このため変形量が大きくなったと考 えられる.一方, case3 では盛土の円弧すべりは生じなかったが,粘土 層にはすべり面が確認された.以上の結果から,ジオテキスタイルによ り,盛土のすべり抑制効果はあるものの,圧密沈下の抑制効果は期待で きないと考えられる.

図-2 に case0,2,3 の盛土内締固め度分布を示す.盛土作製直後の case0 と比較すると, case2 では盛土下部だけでなく,全体的に締固め度の低 下が確認された. case3 では,盛土の中心及び法尻付近で締固め度が低 下しているが,盛土下部については,模型作製直後の締固め度と同程度 であり,ジオテキスタイルにより盛土のゆるみが抑制されたものと考え られる.

3. FEM 解析 解析プログラムは、2.の実験の再現性を確認したうえで ALID/Win を使用し、盛土及び粘土層を平面ひずみ要素、ジオテキスタ イルを Bar 要素としてモデル化した.構成則は、盛土:改良 MC-DP モデ ル、粘土層:Cam-clay モデル、ジオテキスタイル:弾性モデル、とした.

47. 盛土(DLクレー+カオ リン 乾燥質量比3:1) 10 粘土層(カオリン) 補強材 排水層(7号砕石) , 模型縮尺:1/50 ↓ :鉛直変位計測位置 🗲 :水平変位計測位置 単位:cm 図-1 遠心模型の模式図 遠心模型実験ケース 表-1 遠心加速度 遠心力上昇速度 IseO 料:DLクレ 0.1G/m ase1 +カオリン 無 50G 材料:カオリン ASP-200 av相当 (乾燥質量比 3:1) 成十三·5m ase2 50G icm/day相当) 0.50 / 展 [20 /合/年:000 先行圧密:40kPa ase3 50 G 表-2 case2 と case3 の盛土変位 盛土底部 平均沈下量 左側法 天端 平均沈下量 ストレッ? ング量 条件 水平変位 水平変位 3cm/day 無対策 2.84 2.80 1.90 2.62 4.52 case2 ジオテキス 2.64 2.28 2.20 2.14 4.34 case3 タイル敷設 堤体 作製時平均D_=89.6% D (%) 91.0 90.0 89.0 88.0 87.0 (a) case0 模型作製直後 86.0 85.0 ,堤体 作製時平均*D*。=89.3% 84.0 83.0 case2 盛立速度 3cm/day, 無対策 (b) ,堤体 作製時平均D.=90.1% (c) case3 盛立速度 3cm/day, ジオテキス タイル敷設 図-2 圧密沈下による盛土の締固め度の

ー2 圧密沈下による盛工の締固の度の 変化

	盛土の	粘土層の物性値		
	物性值	A	В	С
単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	19	16	16	16
先行圧密荷重 P(kN/m ²)	-	0	1	10
ポアソン比	0.3	0.15	0.15	0.15
初期剛性 G ₀ (kN/m ²)	16,000	11,290	16,790	21,074
圧縮指数 λ	-	0.174	0.087	0.043
膨潤指数 <i>к</i>	-	0.0174	0.0113	0.0087
初期間隙比 e	-	2.0	1.9	1.8
内部摩擦角 ø (°)	30	30	30	30
粘着力 c (kN/m ²)	0	1	-	1
非排水せん断強度比 s/p'	-	0.24	0.37	0.45

地盤定数は,表-3 に示すとおりとし,粘土層はA,B,Cの3種類の物性値を設定した.解析ケースは,粘土層の物性値3パターン(A,B,C),盛土高3パターン(2m,4m,6m),粘土層厚3パターン(2m,5m,8m)に加え,無対策とジオテキスタイルの剛性4パターン(1,000kN/m,2,000kN/m,5,000kN/m,10,000kN/m)を組合せた135ケースとした.

キーワード 軟弱地盤,盛土,液状化対策,ジオテキスタイル,遠心実験,FEM 連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 土質・振動チーム TEL 029-879-6771 図-3 に無対策の解析結果における盛土下部の平均水平ひずみと地盤の側方流動に関する指標1の相関図を示す.盛土下部の平均水平ひずみは,盛土最下部の要素の水平ひずみの平均とした.指標1は,

$I = (q/c_u) \cdot (D/B)^{1.5}$

とした.ここで,q:盛土荷重(η ×盛土高 H)(kN/m²), c_u :粘土層の層中間 におけるせん断強度(kN/m²),D:粘土層厚(m),B:盛土敷幅(m),とした. 盛土の水平ひずみは地盤の側方流動により生じるため,指標 Iは,側方 流動の作用を表わすパラメータとして,盛土荷重,粘土層厚,側方流動 への抵抗を表わすパラメータとして,粘土層のせん断強度,盛土敷幅, から上式のように作成した.図-3より,ばらつきはあるものの,指標 Iと盛土下部の平均水平ひずみの関係を回帰した結果,次式が得られた.

 $\varepsilon_{H} = 3.5623 I$

図-4 にジオテキスタイルの剛性と盛土下部の平均水平ひずみの相関 図,図-5 に水平ひずみコンター図(盛土高 6m,粘土層の物性値 A,粘土層 厚 8m のケース),図-6 にジオテキスタイルの剛性と生じる張力の相関 図を示す.ジオテキスタイルの剛性が零のケースは無対策の解析結果を 示しており,凡例は「盛土高-粘土層の物性値-粘土層厚」を示している.

図-4 から,いずれのケースにおいても,ジオテキスタイルの剛性が 大きくなるほど,盛土下部の平均水平ひずみは小さくなっており,ジオ テキスタイル敷設による盛土下部のゆるみ抑制効果が確認された.

図-5 を見ると、ジオテキスタイル敷設により盛土下部の水平ひずみ だけでなく、粘土層の水平ひずみも小さくなっている.また、図-6 か ら、ジオテキスタイルの剛性が大きいほど生じる張力が大きくなってい る.これらの結果から、ジオテキスタイルが盛土荷重の一部を負担する ことで、盛土下部及び粘土層の水平ひずみが小さくなっていると考えら れる.また、ジオテキスタイルに生じる張力が、負担する盛土荷重に相 当すると考えられ、ジオテキスタイルの剛性が大きくなるほど負担する 荷重が大きくなり、ゆるみ抑制効果も大きくなっていると考えられる.

以上より,盛土底面にジオテキスタイルを敷設することで,盛土下部 のゆるみが抑制されることが確認された.

4. 結論 遠心実験及び FEM 解析の結果から,以下の知見が得られた.

- (1) 遠心実験の結果から、ジオテキスタイル敷設による、盛土下部の ゆるみ抑制効果が確認された.
- (2) 解析結果から, 無対策盛土の水平ひずみは, 盛土荷重, 粘土層厚, 盛土敷幅, 粘土層のせん断強度と相関があることが確認された.
- (3) ジオテキスタイルが盛土荷重の一部を負担することで、盛土及び 粘土層の水平ひずみが抑制される.
- (4) ジオテキスタイルの剛性が大きいほど、ジオテキスタイルが負担 する盛土荷重が大きくなり、ゆるみ抑制効果も大きくなる.

以上より,ジオテキスタイル敷設による盛土のゆるみ抑制効果が確認



図-3 無対策での盛土下部の平均水平ひ ずみ



 (c) ジオテキスタイル敷設(E=10,000kN/m)
図-5 水平ひずみコンター図(盛土高 6m, 粘土の物性値 A,粘土層厚 8m)



された. 今後は, 盛土のゆるみと液状化強度の関係を明らかにするとともに, 軟弱地盤上盛土の耐震性能の照査方 法や, 液状化対策としてのジオテキスタイルの設計法の確立が必要である. 参考文献

- 1) 河川堤防耐震対策緊急検討委員会:東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について, 2011.9.
- 2) 梶取真一,石原雅規,佐々木哲也:ジオテキスタイルを用いた軟弱地盤上の道路盛土の液状化対策,第11回地 盤工学会関東支部発表会,2014.10.