

盛土形状と軟弱粘土層厚が河川堤防の水分・応力状態に与える影響

徳島大学 学生会員○黒木孝洋 非会員 下河太一
正会員 渦岡良介, 上野勝利, 鈴木壽

1. 研究の背景と目的

2011年の東北地方太平洋沖地震では、東北・関東地方の広範囲で河川堤防に被害をもたらした。河川堤防の地震被害¹⁾の一つとして軟弱粘性土地盤上の盛土底部の液状化が挙げられる。これは、1993年の釧路地震から指摘²⁾されているが、明確な破壊メカニズムは解明されていないが、粘性土地盤の沈下により、盛土底部の応力緩和域や閉封飽和領域の形成されることで、液状化強度が低下すると懸念されている。本研究では、軟弱層厚や盛土勾配が盛土内の水分・応力状態に影響を与える影響を与える要因を検討するため、盛土勾配、軟弱層厚を変化させた模型を用意し、各ケースの盛土内の水平土圧及び間隙水圧の計測を遠心場で行った。

2. 実験概要

図1に基本ケースとなるCase1の模型の概略図を示す。なお、軟弱地盤と比較するため、軟弱層0cmの砂質土地盤のケースをCase3、Case6に設けた。模型は半断面とし、盛土寸法は天端幅30mm、高さ100mm、底面幅230mm(330mm, Case4-6)でのり面勾配1:2(1:3, Case4-6)の盛土模型をそれぞれ作製した。表1に各ケースのパラメータを示す。盛土は稲城砂($\rho_s = 2.63\text{g/cm}^3$, $F_c = 21.22\%$)、軟弱地盤は信楽粘土($\rho_s = 2.58\text{g/cm}^3$, $I_p = 25.6\%$, $w_L = 43.9\%$, $w_p = 18.3\%$)を使用した。軟弱層0cmのケースは、豊浦砂($\rho_s = 2.65\text{g/cm}^3$, $F_c = 0.08\%$)を使用した。模型は計測板を土層側面に設置しその中に土圧計を規定の高さで取り付け、セラミックフィルタ付き間隙水圧計を直接盛土内に既定の高さで設置した。その後、軟弱層の下に珪砂3号で排水層を敷き、信楽粘土をスラリー状にし、土槽に敷き詰め十分に攪拌し脱気を行った。その後、空気圧を用いて予圧密荷重45kPaを掛け作製した。砂質土地盤は、豊浦砂を空中落下法により敷き詰め、土層下部から飽和させるようにして作製した。盛土の作成方法は、3層に分け、各層ごとに密度を管理し、作成した基礎地盤上で締固めを行った後、盛土を既定の寸法に形成した。各ケースにおいて、含水比 $w = 17\%$ 、締固め度 $D_c = 65\%$ 、乾燥密度 $\rho_d = 1.10\text{g/cm}^3$ の値になるように調整した。

遠心加速度は、規定時間経過後、5G毎に上昇させ、水平土圧、間隙水圧を計測し、天端及び法尻の鉛直変位量をレーザー変位計で測定した。

3. 実験結果及び考察

各ケースの沈下量の時刻歴を、図2に示す。図3は、50g場における各ケースの水平土圧及び静止土圧のグラフである。盛土底部での水平土圧は各ケース、盛土の静止土圧($k_0 = 0.5$)より低い値を示しており、応力緩和が発生していることが見られた。盛土勾配1:2のグラフでは、盛土底部での水平土圧が、軟弱層厚の厚いCase1は低く、軟弱層厚の無いCase3は大きい値を示している。沈下量は軟弱層厚が厚くなるほど増加している。軟弱層厚が盛土底部の応力緩和に影響を与えていると考えられる。よって、軟弱層厚は盛土の応力状態に影響を与えていると考えられる。盛土勾配1:2、勾配1:3の沈下量を比較すると、勾配1:2がより大きな値を示している。しかし、水平土圧に着目すると、盛土形状の変化による応力緩和の違いは、明確には見られない。尚、Case6では天端部に凹みが生じ、粘性土地盤より大きな値であったが、類似した実験での沈下量は2.64mmとなっている。そこで、盛土勾配と軟弱層厚を無次元化し、応力緩和との関係を調べた金子ら²⁾を参考に、応力緩和率とりの水平長/軟弱層厚の関係を調べ、図4に示す。応力緩和率は、(砂質土地盤の水平土圧-軟弱粘性土地盤の水平土圧)/(砂質土地盤の水平土圧)で算出している。軟弱層厚が同じでも、盛土勾配が急なケースの値は応力緩和が大きくなっている。以上のことから、盛土形状も盛土の応力状態に影響を与えていると考えられる。盛土勾配が急で、軟弱層厚が大きいほど、地震時の盛土の液状化による被害が発生する可能性が高い。

図5は、50g場における各ケースの間隙水圧分布である。砂質土地盤に比べ粘性土地盤では盛土底部での水圧上昇が見られたことより、飽和領域が拡大した可能性がある。しかし、各ケースで値が不安定であり、盛土形状及び軟弱層厚による影響は明確でない。今後、間隙水圧計の調整や設置方法などの再検討が必要である。

4. まとめ

本研究では、軟弱層厚及び盛土勾配が盛土の水分・応力状態に与える影響の要因を検討するため、軟弱層厚、盛土勾配を変化させた模型を用意し、盛土内の水平土圧及び間隙水圧の計測を行った。その結果、軟弱層厚が厚く盛土勾配が急な場合、盛土底部での応力緩和が大きくなり、盛土形状及び軟弱層厚は盛土内部の水分応力状態に影響を与え、地震時、盛土底部の液状化被害を拡大させる可能性がある。

参考文献

- 1) 国土交通省東北地方整備局：北上川等堤防復旧技術検討会報告書，2011.
- 2) M.Kaneko,Y.Sasaki,J.Nishikawa,M.Nagase and K.Mamiya:“River dike failure in Japan by earthquakes in 1993,” 3rd International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, pp495-498, 1995.

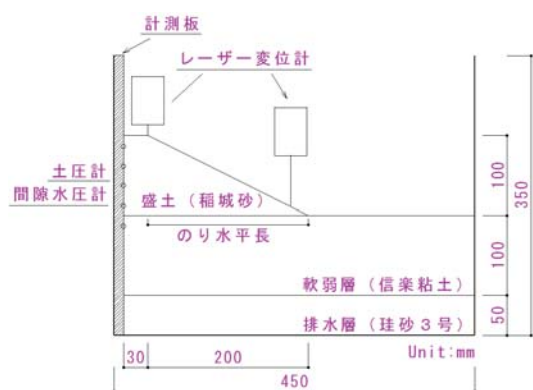


図 1 模型概略図 (Case1)

表 1 各ケースのパラメータ

	軟弱層厚 (mm)	盛土勾配	地盤試料
Case1	10	1:2	信楽粘土
Case2	5	1:2	信楽粘土
Case3	0	1:2	豊浦砂
Case4	10	1:3	信楽粘土
Case5	5	1:3	信楽粘土
Case6	0	1:3	豊浦砂

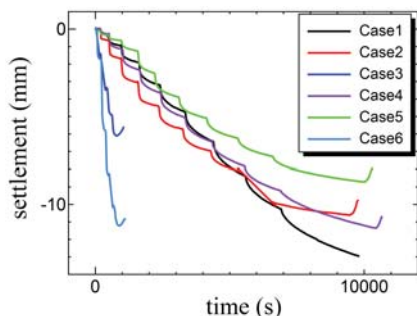


図 2 各ケースの沈下量

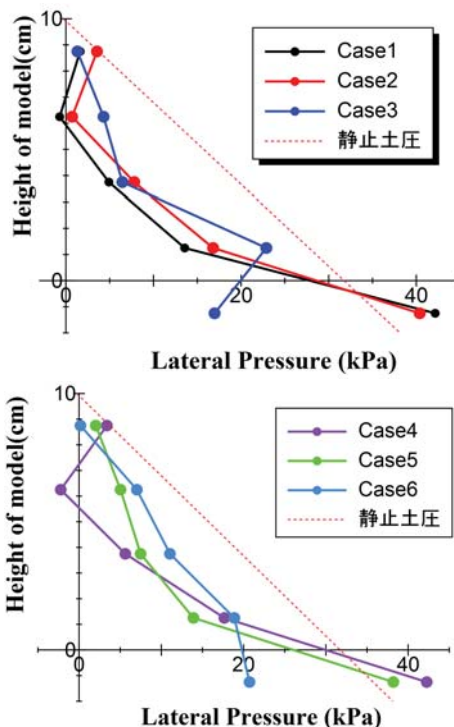


図 3 水平土圧分布 (勾配:上 1:2, 下 1:3)

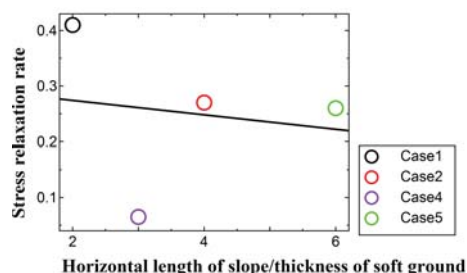


図 4 応力緩和率とのり水平長/軟弱層厚の関係

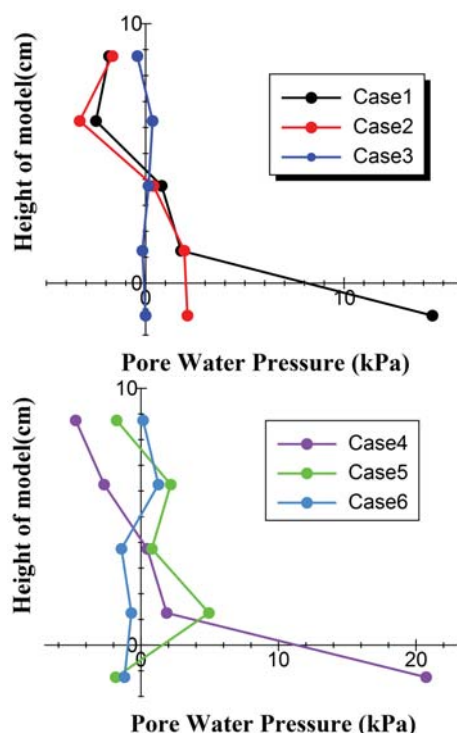


図 5 間隙水圧分布 (勾配:上 1:2, 下 1:3)