

沈下形状に伴う盛土内アーチ作用に関する動的模型実験 Dynamic Model Tests on Arch Action inside Embankments with Different Shapes of Settlements

○権代知輝・ピパットポンサーティラポン・北岡貴文・大津宏康

○Tomoki GONDAI, Thirapong PIPATPONGSA, Takafumi KITAOKA, Hiroyasu OHTSU

A lot of embankments constructed on non-liquified and deformable ground such as clay and peat deposit were severely damaged in 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake. It is concerned that basal subsidence causes arch action inside embankment leading to the decrease in confining stress at the bottom of the embankment. In this study, dynamic centrifuge model tests were conducted to investigate the stress distribution changes inside embankments from arch actions caused by basal settlements. Three different foundation ground models, rigid one, soft urethane and soft urethane with holes drilled inside, were used to achieve different shapes of settlements. Experiments consist of three parts, centrifugal acceleration, liquid supply from inside of the embankment and apply of shaking waves. Experimental results show the vertical stress drop at the center bottom of the embankment due to arch action was caused more strongly when the settlement was concentrated in central vicinity.

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では、河川堤防において、厚い粘土や泥炭を含んだ非液状化地盤上でも盛土の被害が多く確認され¹⁾、盛土本体の液状化についても注目されるようになった。非液状化地盤上、例えば粘性土地盤上の砂質盛土の液状化抵抗を減少させる要因としては、基礎地盤の沈下による盛土内アーチ作用によって盛土中央底部の鉛直拘束圧が減少することが考えられる。既往の研究では、ピパットポンサーら(2013)²⁾が乾燥砂山の応力分布に関する数値解析と実験から、基礎地盤の三角形型沈下により盛土内に受動アーチが形成され、盛土中央底部の鉛直応力が減少することを確認している。しかしながら、基礎地盤が一般の地盤のように様々な形状に沈下して、さらに盛土内部に水位を有する盛土におけるアーチ作用については実験的な検証が十分になされておらず、沈下に伴う盛土内部の応力状態の変化については解明されていない。言うまでもなく、盛土内の応力状態は盛土の液状化抵抗及び動的挙動に大きな影響を与える重要な情報である。

よって本研究では剛体地盤と、軟弱地盤をモデル化したウレタン地盤、また内部に穴を開けたウレタン地盤を用いた遠心模型実験を行い、それぞれ異なる形状の沈下に対して盛土内の応力状態がアーチ作用によってどのように変化するかを調べた。

2. 遠心模型実験の概要

本実験では剛体と軟弱地盤条件で遠心模型実験を行った。実験は、遠心加速度50Gの下で盛土中央部に設置した供給管から流体を供給し、盛土内部に水面を有した状態で加振を行った。軟弱地盤の材料にはウレタンを使用した。そのまま用いるウレタン地盤条件と図1に示すように内部に穴を開け、より中央部に集中した沈下を再現する穴空ウレタン地盤条件で行う。盛土材料には広島呉市の山砂を1mmのふるいにかけたもの(以降、広島砂)を用いた。表1に広島砂の物性値を示す。盛土内部に供給する流体には透水係数の相似則を満たすため50cStに調整したメトローズを使用した。実験に用いた加振波は実物スケールで、加振開始から5秒間振幅が増加し、20秒間一定振幅の後、5秒間で減衰する1Hzの正弦波を用いた。

表1 広島砂の物性値

土粒子密度 ρ_s [g/cm ³]	2.628	最大間隙比 e_{max} [-]	1.003
細粒分含有率 FC [%]	9.2	最小間隙比 e_{min} [-]	0.441
最大乾燥密度 ρ_{dmax} [g/cm ³]	1.72	最適含水比 ω [%]	13.9
透水係数 k [m/s]	2.4×10^{-5}		

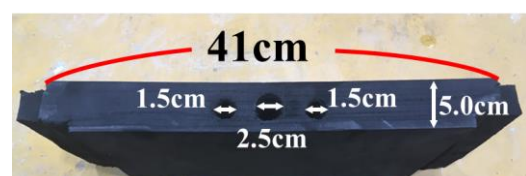


図1 穴空ウレタンの諸元

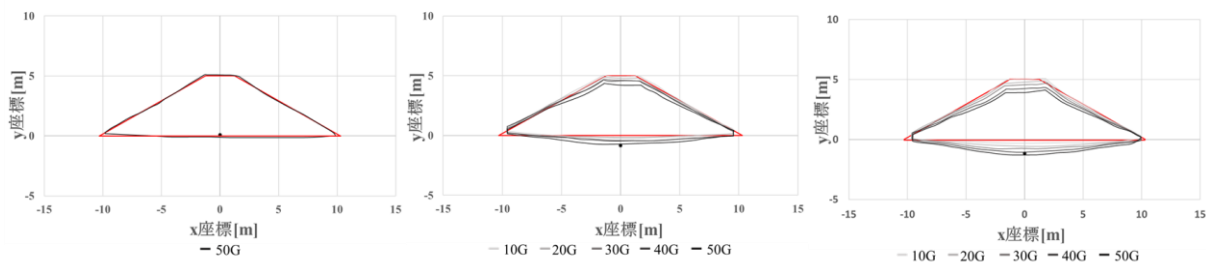


図 2 遠心载荷過程での盛土の変形図(左：剛体、中央：ウレタン、右：穴空ウレタン)

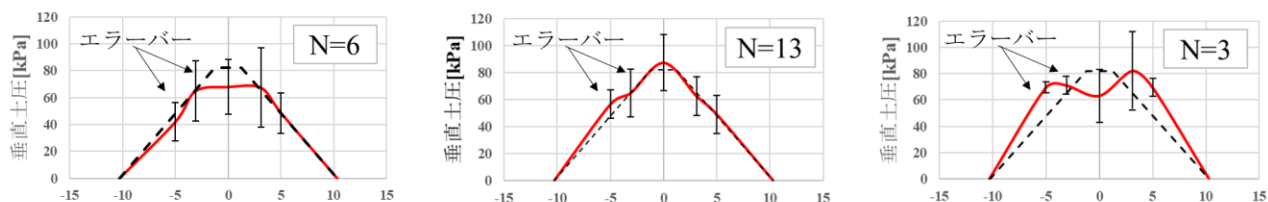


図 3 遠心载荷直後の盛土底部の土圧分布(左：剛体、中央：ウレタン、右：穴空ウレタン)

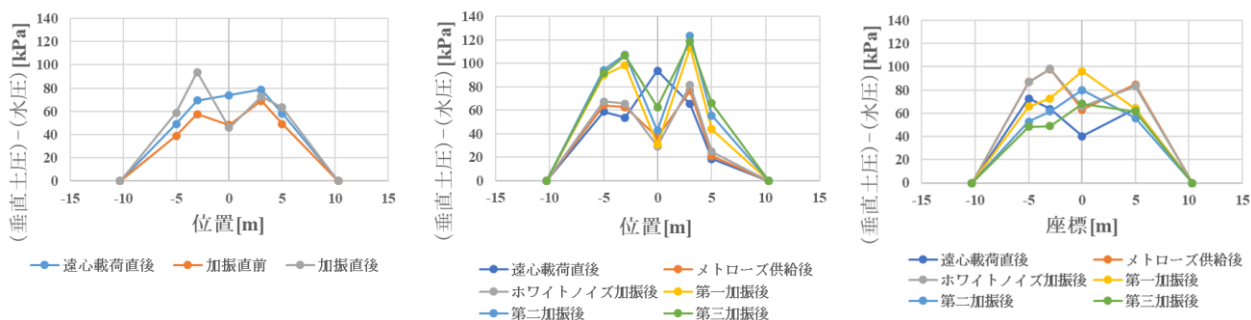


図 4 盛土底部の有効垂直応力分布の推移(左：剛体、中央：ウレタン、右：穴空ウレタン)

3. 遠心模型実験の結果

実験結果は実物スケールで示す。遠心载荷過程での盛土の変形図を図2に示す。図2より、剛体地盤条件では盛土の変形はほとんど発生していない。また穴空ウレタンではウレタンよりも中央部に大きな沈下が発生している。遠心载荷直後の盛土底部の土圧分布を図3に示す。遠心载荷直後では穴空ウレタン地盤条件のみ盛土中央底部の土圧が減少し、その周辺の土圧が増加しているアーチ作用が発生している。盛土底部の有効垂直応力分布の推移を図4に示す。いずれの条件でも流体供給に伴う盛土内部の水圧上昇に伴う有効応力の減少が発生しているがウレタン地盤条件では水圧上昇に加えて、基礎地盤がさらに沈下変形することで盛土中央底部の有効応力がより大きく減少しており、より顕著なアーチ作用が確認できる。これは、遠心载荷による基礎地盤の沈下から、流体供給後、盛土内部に上に凸な水面が形成されその重量で中央部に集中した沈下に移行したことが要因と考えられる。一方、穴空ウレタン地盤条件では流体供給によって、減少していた盛土中央底部の

有効応力が回復していき、遠心载荷直後のアーチ作用が緩和されている。これは初期に発生していた中央部集中の沈下の後に、供給された流体重量により周辺部の沈下が発生したためと考えられる。

4. まとめ

本研究では基礎地盤の沈下形状の違いに伴い、盛土内部の応力状態がアーチ作用によりどのように変化するか調べるため、剛体、ウレタン、穴空ウレタン地盤の3条件の遠心模型実験を行った。

実験の結果、アーチ作用は沈下が中央部に集中する、つまりはアーチの足となる部分の沈下量が相対的に小さいときに顕著に表れ、盛土中央底部の鉛直有効土圧が大きく減少することが分かった。

参考文献

- 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 資料編, <http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/kenntoukai/shiryouhen/pdf/01.pdf>. 2019. 12. 24 閲覧
- ピバットボンサー・ティラボン, 竹山智英, 飯塚敦, 太田秀樹 : アーチ作用による盛土中央の圧力減少が基礎の沈下によって引き起こされる液状化に及ぼす影響, 第62回理論応用力学講演会, 2013, <https://doi.org/10.11345/japanctam.62.0.114.0>