

軟弱地盤上の盛土におけるアーチ作用と動的挙動

京都大学
京都大学
京都大学
関西大学
松江工業高等専門学校

正会員
非会員
正会員
正会員
フェロー会員

○ピパットポンサー
権代 知輝
村井 佑次
北岡 貴文
大津 宏康

ティラポン

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十分に解明されていない。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、軟弱地盤上の盛土におけるアーチ作用と地震時の動的挙動について調べることを目的とし、遠心模型実験を行った。



図－1 穴空ウレタンの諸元

2. 遠心模型実験の概要

本実験では剛体地盤条件と軟弱地盤条件で遠心模型実験を行った。

盛土は含水比 8%，締固め度 90%で直接締め固めて作製した。具体的な実験手順は、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ホワイトノイズ加振し、その後、本加振を行った。ホワイトノイズはあらゆる周波数成分が含まれるノイズで、盛土内部の密度や応力の偏りを緩和する働きをもつ。軟弱地盤の材料にはウレタンを使用した。軟弱地盤条件は、ウレタンをそのまま用いたウレタン地盤条件と、図－1 に示すようにウレタンの内部に穴を空け、より中央部に集中した沈下を再現することを目的とした、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 1 mm 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動粘度を 50 cSt（水の 50 倍）に調整したメトローズを使用した。本加振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

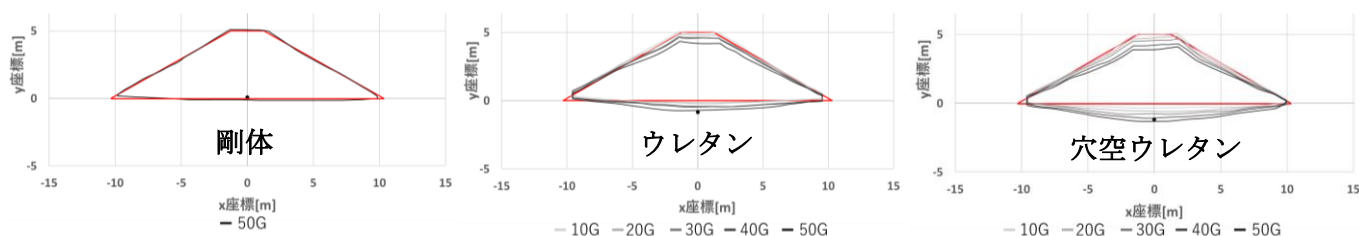
土粒子密度	2.628 g/cm ³
細粒分含有率	9.2 %
最大乾燥密度	1.72 g/cm ³
透水係数	2.4×10 ⁻⁵ m/s
最大間隙比	1.003
最小間隙比	0.441
最適含水比	13.9 %

表－2 加振時の水圧/土圧のピーク値

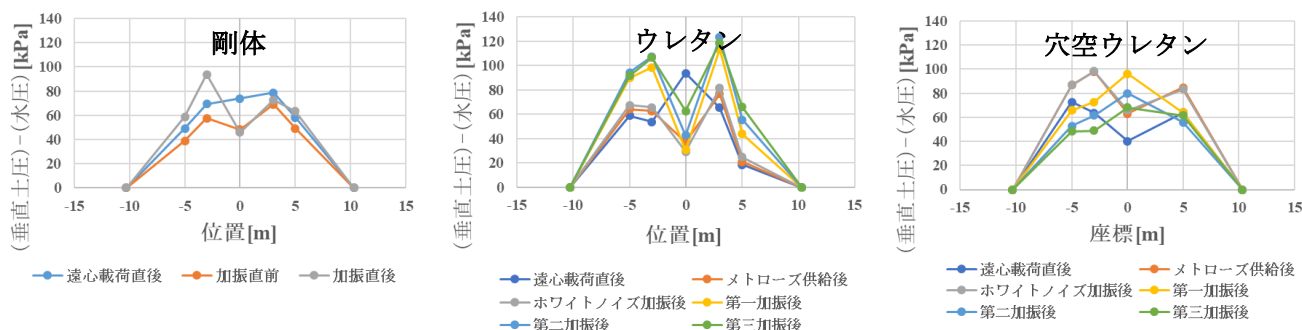
地盤条件	x=-5.0m	x=-3.0m	x=0.0m	x=3.0m	x=5.0m
剛体	0.30	0.17	0.26	0.17	0.30
ウレタン，第一加振	0.05	0.13	1.18	0.13	0.11
ウレタン，第二加振	0.07	0.16	1.16	0.16	0.09
ウレタン，第三加振	0.11	0.17	1.16	0.19	0.14
穴空ウレタン，第一加振	0.81	0.85	0.71	0.55	0.81
穴空ウレタン，第二加振	1.57	1.09	0.99	1.10	1.12
穴空ウレタン，第三加振	1.50	0.95	1.25	1.07	1.08

キーワード 盛土，アーチ作用，軟弱地盤，液状化，
沈下形状，動的挙動

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂
C1-2-236 TEL 075-383-3261



図－2 遠心载荷過程での盛土の変形図



図－3 盛土底部の有効垂直土圧分布

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、穴空ウレタンでは通常のウレタンよりも中央部に大きな沈下が生じていた。盛土底部の有効垂直土圧分布を図－3に示す。剛体地盤条件においては、有効垂直土圧分布の形状は終始、中央最大の山型となっていた。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垂直土圧が小さく、土圧分布が中央極小のM字型となっており、アーチ作用の発生が確認できた。ウレタン地盤条件においては、流体供給によって、盛土中央底部の有効鉛直土圧が93.8 kPaから37.8 kPaまで大きく減少し、その周辺の有効垂直土圧が増加して、土圧分布形状が中央極小のM字型へ移行しておりアーチ作用が発生していた。加振時の盛土底部の水圧/土圧のピーク値を表－2に示す。剛体地盤条件では盛土底部の水圧の上昇は小さく、液状化は発生しなかった。ウレタン地盤条件では3回の加振において盛土中央底部のみが毎回液状化し、土圧分布は中央極小のまま維持されていた。穴空ウレタン地盤条件においては、第一加振後においてアーチは解消され、土圧分布は中央最大に戻っており、その後の加振においてもアーチ作用は発生せず、第二、第三加振時には盛土底部全体が液状化していることを確認した。

4. 考察、まとめ

本研究では、軟弱地盤上の盛土におけるアーチ作用と動的挙動を調べることを目的に、軟弱地盤や剛体地盤をモデル化した遠心模型実験を行った。実験の結果、穴空ウレタン地盤条件の遠心载荷直後と、ウレタン地盤条件の流体供給後において、アーチ作用が発生し盛土中央底部の有効垂直土圧が極小となることが確認できた。流体供給後に盛土内に生じる、中央が最大の水圧分布は、荷重となって非排水境界であるウレタン地盤に作用し、さらなる沈下が発生した。すなわち、アーチ作用は基礎地盤の沈下が中央部に集中したときに顕著に発生すると考えられる。また、アーチ作用下の盛土の動的挙動は、盛土中央底部が容易に液状化(弱体化)し、それがさらなる荷重伝達、アーチ作用を促進して盛土中央底部が液状化に対して最弱部であり続けるパターンと、盛土底部全体が液状化してアーチ作用が解消されるパターンがあることを明らかにした。

謝辞：本研究は、公益財団法人 河川財団の河川基金助成事業によって実施した。

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 (2020. 3. 2 閲覧)
<http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyououkijishinn/kenntoukai/shiryohen/pdf/01.pdf>
- T. Pipatpongsa, T. Takeyama, A. Iizuka and H. Ohta, Central pressure drop induced by passive arch action of materials prone to liquefaction underneath embankments due to basal settlement, ID OS20-05, 2013