

締固めの含水比の違いによる盛土の動的挙動に着目した実験的検討

京都大学大学院
京都大学大学院
京都大学大学院

学生会員
非会員
正会員

○上本 貴央
土田 翔蔵
ピパットボンサー ティラポン

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震において、粘土層や泥炭層といった非液状化軟弱地盤上における盛土の液状化被害が発生した¹⁾。該当の盛土は地盤の沈下に伴うアーチ効果(図-1)などの初期応力場の特殊性が存在する。²⁾その為、このような特殊な盛土の存在を考慮し、従来の施工基準の適用性について検討しなおす必要があると考える。例として、被災のあった盛土内で確認された比較的薄い飽和層の液状化を対象とすると、透水係数が大きいことによる加振中の排水の影響により、液状化強度が増すことが水平地盤を用いた実験³⁾により示されている。このような要素は、盛土の耐液状化性能を過度に安全側に評価する原因になっている。そこで堤体内に水位を有する一様に沈下する軟弱地盤上の盛土について、施工含水比の違いによる液状化強度への影響を検討した。

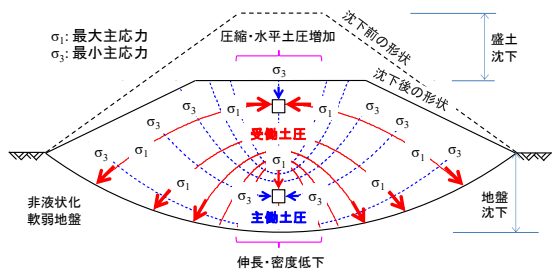


図-1 アーチ効果概要

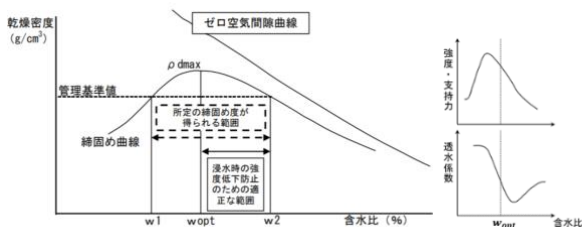


図-2 【参考】締固め曲線と所定の施工含水比の範囲

図-2 施工含水比と乾燥密度・強度・支持力・透水係数の変化

2. 実験条件

本研究では、材料として最適含水比 $w_{opt} = 11.2\%$ の広島砂を用い、施工含水比を4%から14%まで2%刻みに

変えた6ケース(表-1)の実験を行い、比較検討を行った。締固め度は90%で一定に設定している。広島砂と豊浦砂及び中間土の締固め曲線を図-3に示す。

全ケースで50Gの遠心加速度を与え、white noiseを加振したのち、流体供給を行い、振幅の異なる4つの正弦波を加振した。正弦波は加振開始から0.1秒間振幅が増加し、その後0.4秒間一定振幅を保った後に、0.1秒間で減衰する50Hzの正弦波となっており、これはプロトタイプで1Hzとなる。各加振の片側振幅は、土槽底部において計測された値で70, 110, 185, 335 galである。

含水比	4%	6%	8%	10%	12%	14%
case	1	2	3	4	5	6

表-1

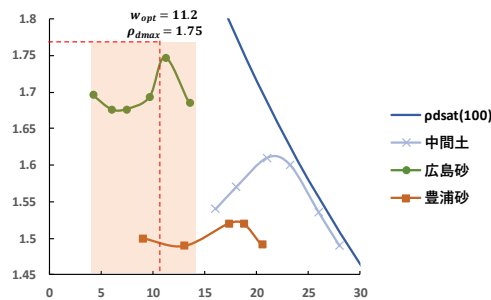


図-3 締固め曲線

3. 実験結果

耐液状化性能の評価について、天端沈下量及び加振時の鉛直土圧-間隙水圧比(式-1)によって評価した。

$$\text{土圧-間隙水圧比} = \frac{u}{\sigma_v}$$

最も強い加振を与えた第4加振での、各ケースの天端沈下量の増分を図-4に、各ケースでの地点1~3での $\frac{u}{\sigma_v}$ の最大値を図-5に示す。地点1~3は図-5中に示した図の通りである。有効応力の減少量と相関のある土圧-間隙水圧比については、Case2で地点1.2.3において高い値を示しており、盛土底部の広い領域で液状化の傾向がみられていることが分かる。

Case1においては地点1での値は計測できなかった。

キーワード：盛土，液状化，遠心载荷模型実験

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-334 TEL 075-383-3231

Case3, Case6 では地点1でのみ高い値を示しており、液状化の傾向は局所的であった。最適含水比近傍のCase4, Case5においては地点1~3全体で低い値を示しており、液状化の傾向はほとんど見られない。天端沈下量に着目すると、最適含水比よりも乾燥側の含水比で施工されたCase1, 2において、大きな沈下を確認した。この結果の原因として、Case1, 2, 3において、間隙流体を供給した際に盛土中央底部においてサクシンの消散による、強度低下及びゆるみ領域が形成、つまりアーチの形成が起こっており、Case1, 2においてはアーチが崩壊することで大きな沈下を引き起こしたと考えられる。

一方でCase3においては、アーチが維持されており沈下は大きくない。Case4, 5, 6においては、アーチの形成が確認されず、地盤の沈下に対して盛土が追従して沈下していると考えられる。このような場合、間隙水圧が上昇しづらく、液状化傾向が低くなり、沈下が抑制される。原因としては、単純に同密度の不飽和土において含水比が高いほど透水性が高まること、ゆるみ領域を持たないために、局所的な液状化が起こらず、底部全体で間隙水圧を消散する事が可能な事が考えられる。Case2, Case3, Case4 について盛土底部で計測された鉛直土圧の分布状況を(図-6)に示す。

4. まとめ

本研究において、堤体内に水位を有する一様に沈下する軟弱地盤上の盛土について、施工含水比の違いによる液状化強度への影響を検討した。その結果、最適含水比よりも乾燥側で施工された盛土において、地盤の沈下に伴うアーチ作用の発現が起こりやすく、そのアーチが地震動による液状化傾向の上昇を引き起こす一因となっていることが示唆された。また、その結果起こる液状化により、アーチが崩壊することで深刻な沈下を生ずることも確認された。つまり、従来推奨されてきた最適含水比よりも湿潤側の施工含水比は、本研究で対象とした盛土に対しても耐液状化性能を高める方向に働くと結論付けられる。

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 資料編, pp. 50-54, 2018
- 2) M. Okamura, S. Tamamura, R. Yamamoto, "Seismic Stability of Embankment Subjected to Pre-Deformation Due to Foundation Consolidation," Soils and Foundation, 53(1): 11-22, 2013.

- 3) 岡村未対, 堤体内の比較的薄い飽和砂質土層の液状化判定法 地盤工学会誌, 63(9), 2015.

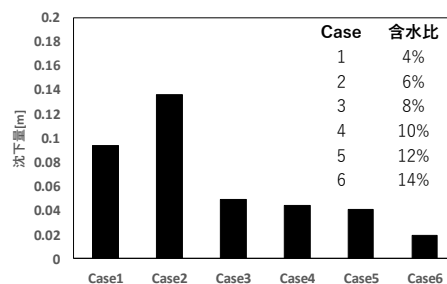


図-4 第4加振時沈下量

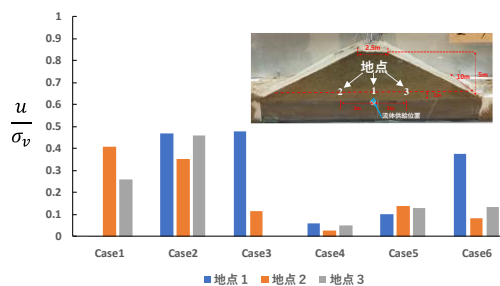
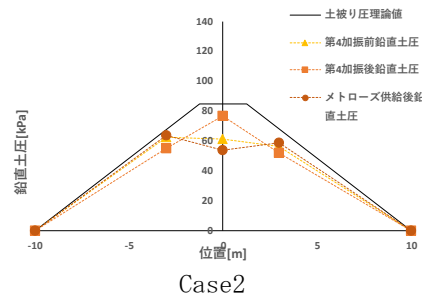
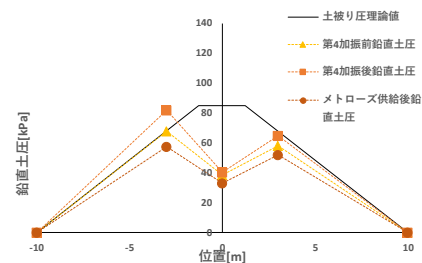


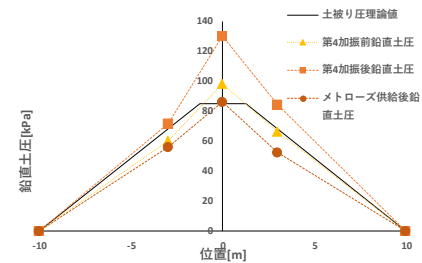
図-5 土圧-間隙水圧比



Case2



Case3



Case4

図-6 鉛直土圧分布推移