

盛土下部に敷設した水平ドレーンの液状化低減効果に関する数値解析

肥後 陽介*・角 裕介**

1. 研究の目的

粘土やピートなどの軟弱層上に盛土を建設する際、ドレーン材を用いて軟弱層の圧密を促進させる場合がある。ドレーン材は軟弱層内に鉛直に打設され、その頭部には表層排水材が水平に設置され軟弱層からの排水を促進する。表層排水材としては、通常砂を敷設するサンドマットが用いられるが、サンドマットは適した材料の入手困難、高価、透水性が十分でない場合あるとともに、排水によって飽和したサンドマットが地震時に液状化し盛土の大きな変形を引き起こす事例が報告されている。そこで、近年プラスチックボードドレーンなどの非液状化材料による水平ドレーン材をサンドマットの代替材料とする事例が増加している。水平ドレーン材は、地震時においても排水機能を維持するため、盛土に発生した過剰間隙水圧を消散させ液状化を軽減させる効果が期待される。

本研究では、この水平ドレーン材の液状化軽減効果に着目し、数値解析によりその効果を検証した。粘土地盤上に築造された盛土を解析対象とした動的有効応力解析を実施し、水平ドレーンの有無による液状化挙動を比較した。さらに、鉛直ドレーンも考慮した解析を実施し、圧密促進を目的として設置したドレーン材の液状化軽減効果についても検討した。

2. 研究の方法

図1に示すような解析モデルに対して、液状化解析法 LIQCA¹⁾を用いて解析を行った。用いた入力パラメータは参考文献²⁾を参照されたい。入力動は図2に示す通りであり、兵庫県南部地震の観測波を用いた。

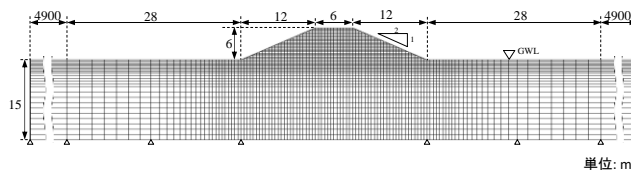


図1 盛土および基礎地盤のFEメッシュ

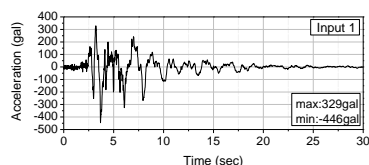


図2 入力地震動

3. 得られた成果

図3に示す6ケースについて解析を実施した。Case 1-1~1-3では粘土層の基礎地盤の上に直接盛土が築造されており、Case 1-4~1-6では、10mの粘土層と5mの砂層で構成される基礎地盤上に盛土が建設されている。なお、砂層と盛土材は、便宜的に同じ材料であるとした。それぞれの基礎地盤に対して、無対策、水平ドレーン材設置、水平及び鉛直ドレーン材設置の場合を解析した。

各ケースの天端中央の沈下量時刻歴を図4に、時刻30秒における平均有効応力減少比分布図を図5に示す。Case 1-1~1-3を見ると、無対策の場合に最も沈下量が大きく、水平ドレーン材を設置したケースで沈下量が大きく抑制されていることが、鉛直ドレーン材の沈下抑制効果は限定的である。図5において赤色で示される液状化領域も水平ドレーン材による軽減効果が大きいことが分かる。

次にCase 1-4~1-6を見ると、無対策の場合に沈下量が大きい、水平ドレーン材による沈下抑制効果はほとんどなく、むしろ沈下量はわずかに増加している。一方、鉛直ドレーンは基礎地盤の砂層の過剰間隙水圧を効果的に軽減しており、液状化領域が著しく狭くなり沈下も抑制されている。

*京都大学・教授、**同・修士学生（現在、阪神高速道路株式会社）

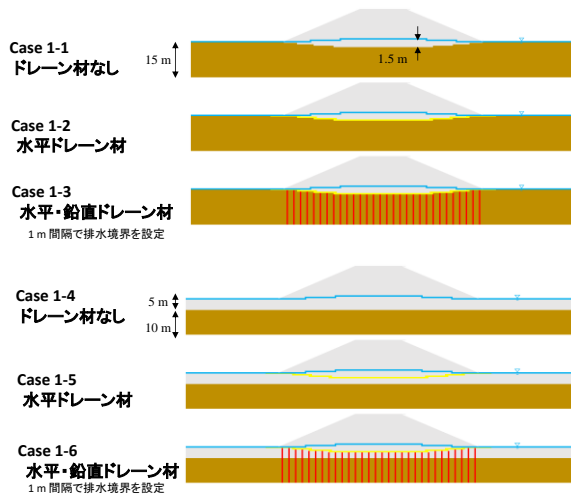


図3 解析ケース

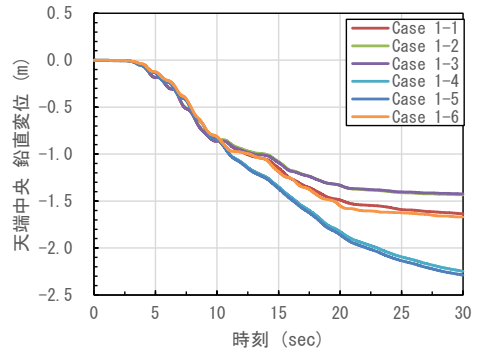


図4 天端中央における沈下量時刻歴

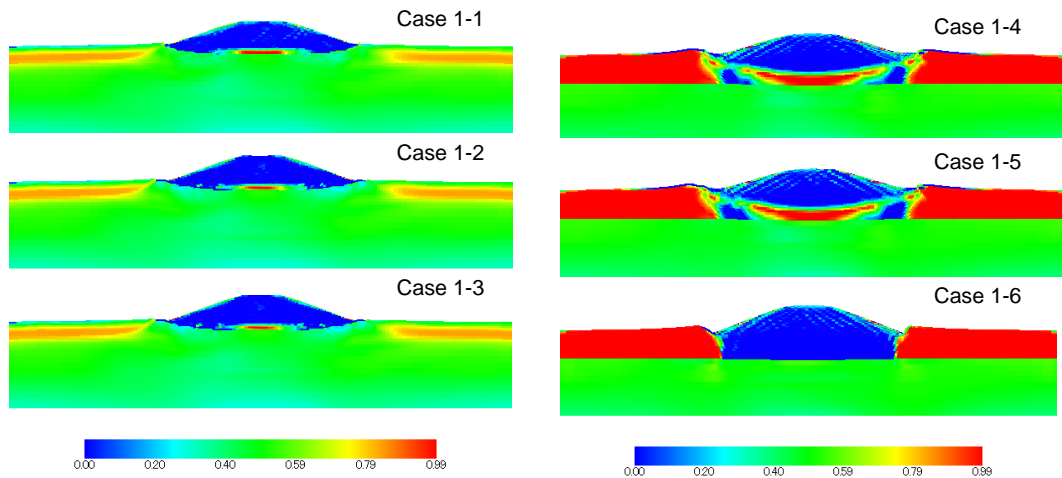


図5 平均有効応力減少比（初期：0.00，液状化：1.00，時刻30秒）

本研究で得られた主要な成果を以下に箇条書きでまとめる。

- 水平ドレーン材は、その排水効果を地震時も維持する場合、閉封飽和領域で発生する過剰間隙水圧の発生を抑制し、液状化を低減する効果を有する。
- 鉛直ドレーン材は、液状化の程度が大きく大変形が発生する場合において、水平ドレーン材とともに用いると、液状化低減効果大きい。今回の解析では、盛土下部が砂層の場合、あるいは海洋型地震の場合に相当。

液状化低減効果は認められるが、変形抑止の効果は限定的であると考えられる。変形抑止を目的とする場合、深層混合処理などの法尻部の地盤改良との併用を検討する必要がある。

参考文献

- 1) (一財) LIQCA 液状化地盤研究所, LIQCA2D・3D, 2020.
- 2) F.Oka, P.Tsai, S. Kimoto, R. Kato: Damage patterns of river embankments due to the 2011 of the Pacific Coast of Tohoku earthquake and a numerical modeling of the deformation of river embankments with a clayey subsoil layer, Soils and foundations, 54(5), pp.890-909, 2012.