

液状化砂地盤のスパイク状加速度応答の数値解析

#山田正太郎・野田利弘(名大)・浅岡顕(地震予知総合研究振興会)

Numerical simulation of spike-shaped acceleration response in liquefied sandy ground

#S. Yamada, T. Noda (Nagoya Univ.), A. Asaoka (ADEP)

はじめに 表層砂質地盤で液状化が発生すると、振動が著しく減衰する一方で、液状化中における土の剛性回復挙動、いわゆるサイクリックモビリティに起因して、地表ではスパイク状の加速度応答(例えば、1993年釧路沖地震における釧路港湾の記録¹⁾)が観測されることが知られている。本研究では、サイクリックモビリティに代表される土の複雑な力学挙動をより精緻に表現することを目的に著者らが開発した複合負荷弾塑性構成式²⁾を水～土連成有限変形解析コード **GEOASIA**³⁾に実装した上で、同現象の再現を試みた。

解析条件 図1に解析に用いた有限要素メッシュおよび境界条件を示す。いずれも飽和した粘土層、砂層、盛土からなる土構造物-地盤

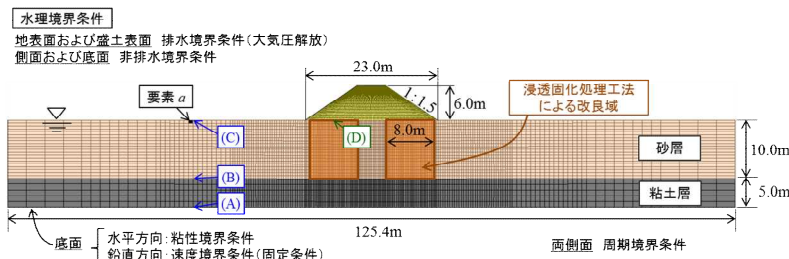


図1 有限要素メッシュおよび境界条件

系に対し、液状化対策として浸透固化処理工法による地盤改良を施す場合を対象とした。構成式には、著者らの提案する複合負荷弾塑性構成式を用いた。この構成式はSYS Cam-clay model⁴⁾と非関連Drucker-Prager model⁵⁾が複合的な負荷状態を呈し得る。異方性を考慮することなどにより、サイクリックモビリティなどの土の複雑な弾塑性挙動も再現可能である。砂層と盛土は豊浦砂に対する材料定数を用いた。初期値は砂層を相対密度60%、盛土を相対密度80%として与えた。粘土層は浦安で採取した自然堆積粘土に対する材料定数と初期値を用いた。浸透固化処理工法による改良部分の材料定数と初期値は、仙頭ら⁶⁾が行った中空ねじりせん断試験結果を元に決めた。上記地盤に対し、底面水平方向に粘性境界を課し、最大加速度200gal程度、継続時間13秒程度の地震波を入力した。

解析結果 図2に平均有効応力分布を示す。砂層内の非改良域では、平均有効応力が著しく低下し、液状化に至っている。図3に図1に示す各点での水平加速度応答を示す。砂層と粘土層の境界面(B)では、砂層が液状化したことに伴い、6秒付近から(A)に比べ揺れが増幅している。一方で、非改良域の地表面(C)では、砂地盤が液状化に至るために、6秒付近から加速度が著しく減衰している。(C)では、一般に液状化中の剛性回復時に見られるとされているスパイク状の応答も見られる。また、(C)では、入力が収まった後も、長周期的な揺れが継続している。一方で、改良域と盛土の境界面(D)では、このような応答は表れていない。図4に図1に示す要素aの挙動を示す。スパイク状の応答が生じる(C)近傍の要素aは確かに液状化に至り、サイクリックモビリティを呈していることを確認できる。

参考文献 1) 国土交通省港湾局港湾地域強震観測, <http://www.eq.pari.go.jp/kyoshin/> 2) Noda, et al. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-slay model, *Soils and Foundations*, **45**(6), 771-790. 3) Yamada et al. (2013): Proposal of a new double hardening elasto-plastic constitutive model of soil skeleton based on integration of associated and non-associated flow rules, *Proc. of 15th ARC*, JPN-128. 4) Asaoka, A. et al. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, *S&F*, **42**(5), 47-57. 5) Drucker, D.C. and Prager, W. (1952): Soil mechanics and plastic analysis for limit design, *Quarterly of Applied Mathematics*, **10**(2), 157-165. 6) 仙頭ら (2015): 強震時における溶液型薬液改良砂の非排水繰返しせん断特性, 第50回地盤工学研究発表会講演概要集, 601-602.

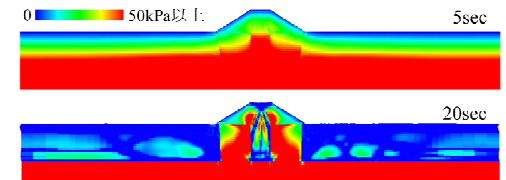


図2 平均有効応力分布

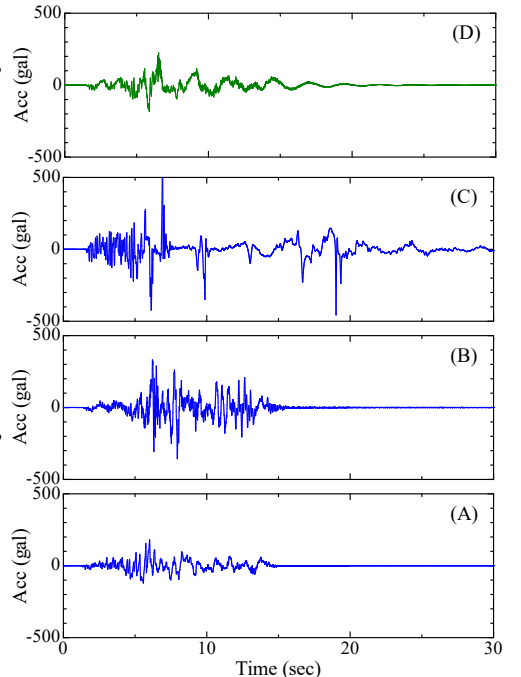


図3 水平加速度応答の時刻歴

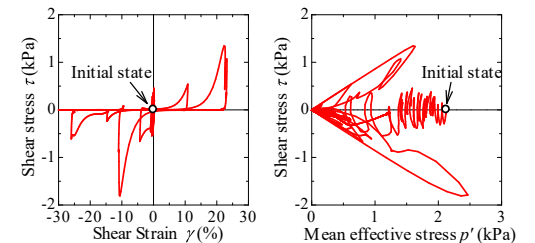


図4 要素aの挙動