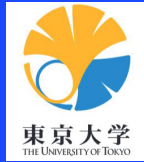


膨潤性粘土の限界状態に関する考察とそのモデル化

東京大学社会基盤学科 土質地盤研究室 依田 光平
2019年 2月 卒業論文 要綱



1. 研究の概要

間隙溶液のイオン濃度が膨潤性粘土のせん断強度に及ぼす影響に注目し、そのメカニズムを仮定して従来の構成モデル(京川ら, 2018)を改良した。さらに、提案モデルを用いて膨潤性粘土に関する既往実験の解析を行うことで、仮定したメカニズムの妥当性を検証した。また同モデルにより自然斜面内を想定した土のひずみ変化の解析も行い、実際に事例のある、イオンを含む自然斜面における地すべり現象(図1)についても考察した。

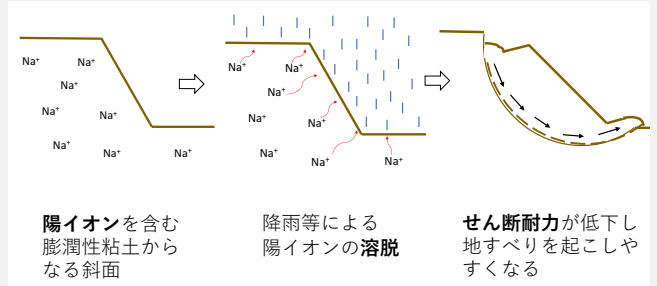


図1: イオン溶脱による地すべり現象の原理

2. 既存構成モデルの改良

塩分添加による膨潤性粘土の土粒子構造変化を観察した先行研究(図2)を参考に本研究では、化学影響による浸透圧変化によって膨潤性粘土鉱物の層間距離dが変わることで土粒子が凝集し、それらの物理的なかみ合いが土全体のせん断強度に影響する、というメカニズムを仮定した。さらにこれをモデル上で表現すべく、既存のモデルにおいて土の強度を表す限界応力比M*を結晶層間距離dの減少関数(図3)として表すことを考えた。

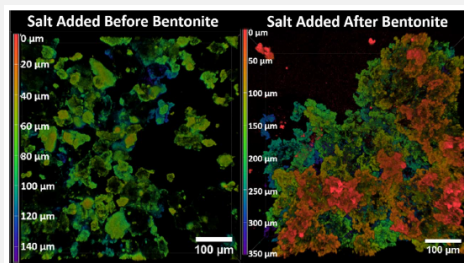


図2: 1M NaCl水溶液添加前後のベントナイト粒子状況 (Wilkinson et al., 2017)

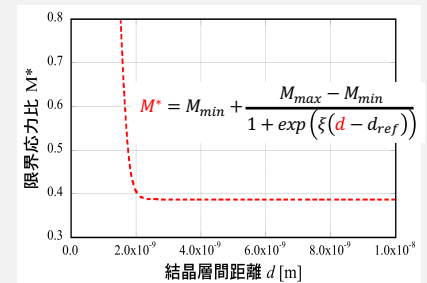


図3: 仮定したd-M*関係

3. 提案モデルの検証

次に改良モデルを使って先行実験(Di Maio, 2004)の解析をした。対象とする先行実験では間隙水が蒸留水と1M食塩水の膨潤性粘土の供試体を複数作ってそれぞれ別の圧力段階まで等方圧密した後、破壊に至るまで非排水せん断して応力の記録を取っている。図4に圧密時、図5にせん断時の実験と解析の結果を比較して示す。図から、モデルにより化学影響による体積変化特性に加え強度変化特性も定性的に再現できていることが分かる。

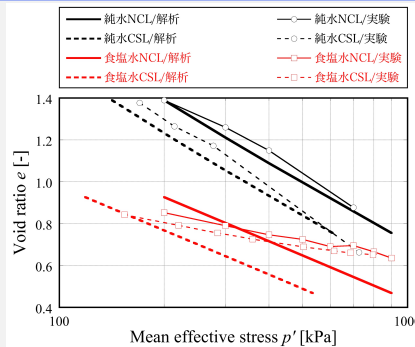


図4: 等方圧密時のe-logp'関係 (※破線は限界状態線)

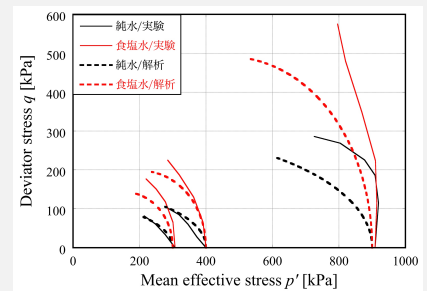


図5: 非排水せん断時の応力経路

4. 実斜面を想定した解析

Na+が一様に分布する無限斜面において、時間経過に伴い地表面にNa+が拡散していくものとする。この仮想斜面内の土要素について、応力は斜面内の応力状態を想定して一定にし、濃度のみ拡散方程式に応じて低下させた時の土のひずみの時間変化を、提案モデルを用いて解析した。図6に斜面内の応力比(外力)と限界応力比(強度)、またひずみの時間変化について、二段階の深さの比較を示す。浅い部分(点線で示す)の方が土の拘束圧が小さい、またNa+が早く拡散するという二つの効果により限界応力比が小さくなり、ひずみが出て破壊に至るのは早くなる、という傾向が確認できる。

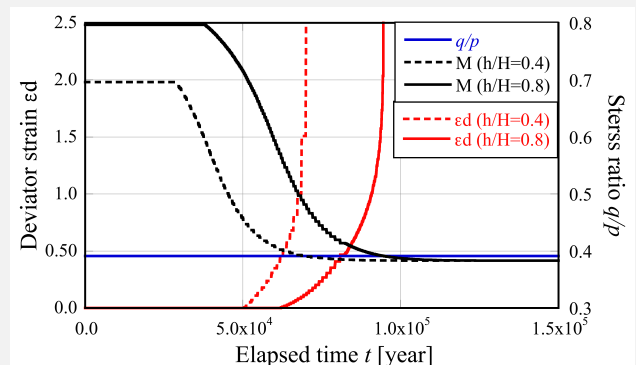


図6: 限界応力比変化とひずみの出方の解析結果