

1. まえがき

北村は土粒子レベルでの考察を基礎とした土質力学の体系化のための一試案を提案した¹⁾。そこでは、放物型の偏微分方程式を差分化したものが数学的な基礎となっていることを述べ、圧縮・せん断、不飽和・飽和浸透、圧密、波浪による液状化、流動への適用事例の紹介を行なった。しかし、適用事例の有機的な関係については言及していなかった。本報告では、降雨による斜面崩壊問題への適用を念頭に置き、有機的な繋がりのある不飽和・飽和状態の土の数値モデルを確立するための手法について述べる。

2. 実験事実とそれらの土粒子レベルでの考察

例えば、透水係数の比較的大きな砂質土を用いた定水位透水試験を行なうと供試体は試験の前後でその高さが変化している。粘性土に対しても動水勾配を与えると供試体は圧縮する。この原理を応用した動水圧密に関する実験的考察を今井らが行なっている²⁾。これらの現象は浸透力によって供試体が変形したものとされている。一方、山口は単位体積の飽和土の土粒子は透水力ベクトルと有効重力ベクトルの和に等しい物体力を受けることを導いている³⁾。ここでいう物体力とは土粒子接点での粒子間力を意味している。したがって、上述の実験的・理論的事実を考慮すれば土の力学挙動を土粒子レベルで取り扱うに際し、浸透力(動水勾配=間隙水圧分布)と物体力(粒子間力)を用いればよいことがわかる。

図-1は軽部らが示した不飽和状態での土粒子と間隙水の関係を示した模式図である⁴⁾。飽和度が小さい場合は間隙水と土粒子間の表面張力によって土粒子接点でメニスカスが形成されているが、飽和度が大きくなるとメニスカスが消滅し、間隙の空気が間隙水の中に閉じ込められた状態になることを示している。図-2、3は不飽和状態での桜島火山灰土の圧縮過程、せん断過程での体積ひずみ～軸ひずみ関係、排水量～軸ひずみ関係を示している⁵⁾。図より、間隙水は排水するが、供試体は膨張している過程が存在することがわかる。

飽和土、不飽和土のこれらの実験的・理論的事実より、一次近似として不飽和・飽和の土の力学モデルを確立するためには土粒子の挙動と間隙流体の挙動を独立に取り扱うべきであること、土粒子の挙動は粒子間力と関連づけ、間隙流体の挙動は間隙圧分布と関連づけて議論すればよいとの推論ができる。

3. モデル化

土粒子実質部分の静的な力学挙動にはマルコフ・モデルの適用が考えられる⁶⁾。間隙流体の挙動には間隙モデルの適用が考えられる⁷⁾。土塊の動的な挙動には崩壊・流動・堆積モデルの適用が考えられる^{8)、9)}。図-4はこれらのモデルを雨水の浸透による斜面崩壊問題へ適用する手順を示したフローチャートである。

4. あとがき

1993年鹿児島豪雨災害での斜面崩壊問題と関連させ、土質力学の新しい体系化のための手法の提案を行なった。本手法の中で議論した土の数値モデルを実用に供するようにするためには未だ時間が必要である。今後は、現場試験、室内試験、数値試験を有機的に関連させ、着実に問題点を解決していきたいと考えている。

謝辞：本研究の一部は(財)河川環境財団より研究助成をいただいたことを付記し、謝意を表します。また、卒論研究として不飽和土の三軸実験を行い、貴重なデータを提供してくれた堤宏徳君(現、建設省川辺川工事事務所)に対して感謝いたします。

参考文献

- 1) 北村良介；土質力学の新しい体系化について、第27回土質工学研究発表会、pp.53-56、1992. 2)
- G. Imai, K. Yano and S. Aoki; Application of hydraulic consolidation test for very soft clayey soils, S&F, Vol.24, No.2, pp.29-42, 1985. 3)
- 山口柏樹；土質力学(3版)、pp.81-83、技報堂、1984. 4)
- 軽部大蔵、加藤正司；不飽和土中の間隙水の分布模型、不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム発表論文集、pp.103-110、1993. 5)
- 堤宏徳、北村良介；桜島火山灰土の不飽和力学特性に関する一考察、平成5年度土木学会西部支部研究発表会、pp.546-547、1994. 6)
- 北村良介；マルコフ過程を用いた粒状体の力学モデル、昭和61年度文部省科研費報告書(No.60550355)、1987. 7)
- 北村良介、福原清作；土の浸透特性のモデル化に関する一考察、第29回土質工学研究発表会(投稿中)、1994. 8)
- 北村良介、木佐貫浄治；粒状体の崩壊発生・流動・堆積シミュレーション、自然災害科学研究西部地区部会報、No.14, pp.31-35、1992. 9)
- 北村良介、福原清作；粒状体の崩壊・流動シミュレーション、粒状体の力学シンポジウム発表論文集、pp.53-56、1993.

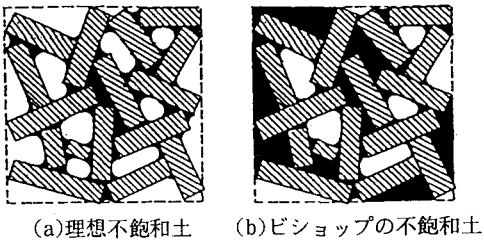
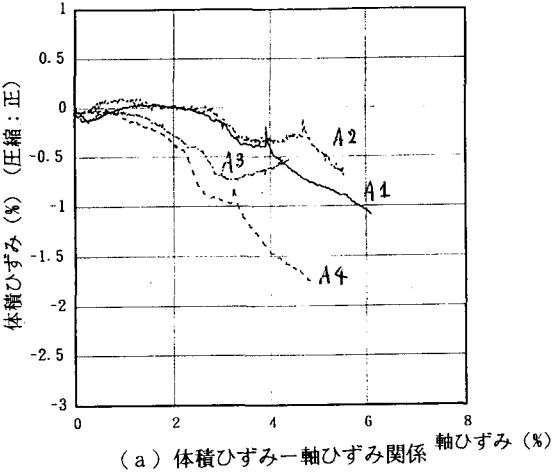
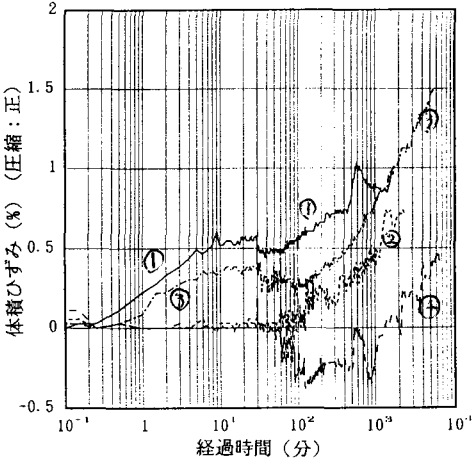


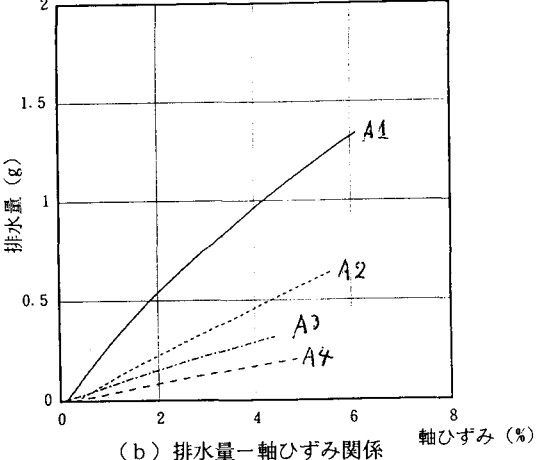
図-1 不飽和状態の模式図(軽部ら⁴⁾)



(a) 体積ひずみ-軸ひずみ関係

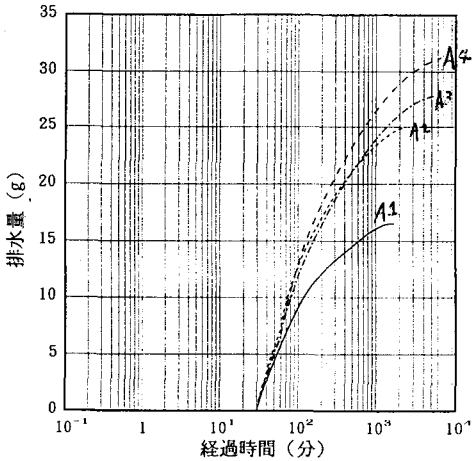


(a) 体積ひずみ-時間関係



(b) 排水量-軸ひずみ関係

図-3 せん断過程



(b) 排水量-時間関係

図-2 等方圧縮過程

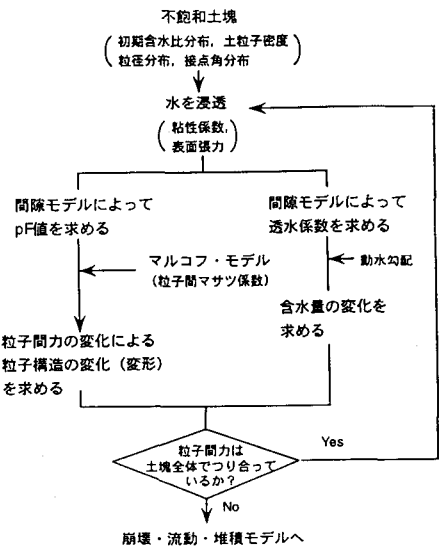


図-4 斜面崩壊問題への適用