

飽和含水比を用いた火山灰土の間隙構造のモデル化

The modeling of the void structure for volcanic soil using by saturated water content

中田 隆文*, 相馬 尅之**, 三浦清一***

Takafumi Nakata · Katsuyuki Soma · Seichi Miura

1. はじめに

北海道には様々な起源の火山灰土が広く堆積し、粗粒火山灰土では地震による液状化と粒子破碎、火山灰質粘性土では施工時のトラフィカビリティーの確保などの諸問題を抱えた Problem Soil として扱われている。本報告は、飽和含水比 (W_{sat}) を用いて粗粒火山灰土と火山灰質粘性土の間隙構造を統一的に評価するモデルを提案したものである。

2. 火山灰質粘性土の間隙構造

火山灰質粘性土は練返しによる強度低下が著しいが、練返しとは、飽和状態の粘性土に圧縮応力を加え過剰間隙水圧を発生させて土を構造単位に分散させるプロセスである。粘性土の構造単位の基本形態は Aggregate であるから、液性限界状態の練返し土（飽和土）には、分散状態の構造単位の内部間隙（構造単位内間隙）と構造単位間隙の両者が存在する可以考虑することができる。また脱水収縮や圧縮（圧密）により構造単位間隙が消失した状態を塑性限界状態とみなすと、塑性限界状態の練返し土の間隙は構造単位内間隙のみとなる。粘性土の液性限界は W_{sat} にほぼ対応し、塑性限界については火山灰質粘性土の場合は $(0.5 \times W_{sat})$ 、沖積粘土の場合は $(0.13 \times W_{sat})$ に対応するとされている¹⁾。 W_{sat} は、

$$W_{sat} = (M_{W_{sat}} / M_s) \times 100(\%) = w(V_p / M_s) \times 100(\%)$$

で示され (V_p は土の間隙体積)、構造単位間隙を $V_{p-inter}$ また構造単位内間隙を $V_{p-intra}$ とすると、 $V_p = V_{p-inter} + V_{p-intra}$ となる。図1は、粘性土の間隙構造を $V_{p-inter}$ と $V_{p-intra}$ から構成されると仮定して、火山灰質粘性土と沖積粘土を比較したものである。北海道内の粘性土は塑性図上で、火山灰質粘性土がA線下方の広い範囲に分布するのに対して、沖積粘土はA線直上（液性限界 80%）に分布する¹⁾。図1の間

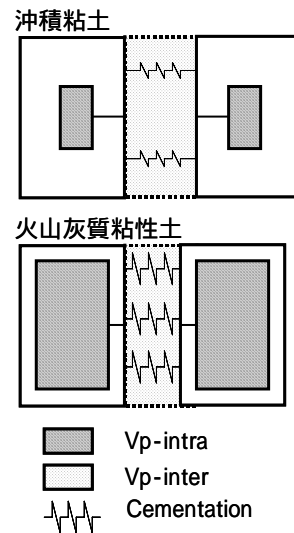


図1 間隙構造モデル (粘性土)

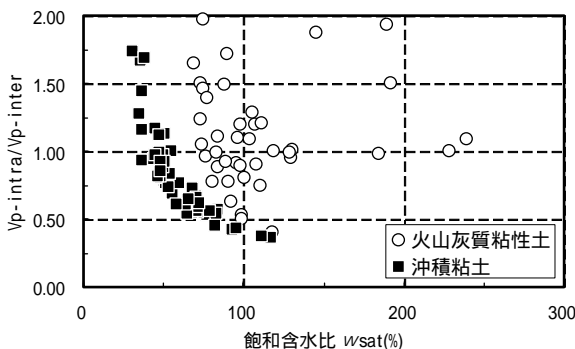


図2 W_{sat} と $V_{p-intra}/V_{p-inter}$ の関係

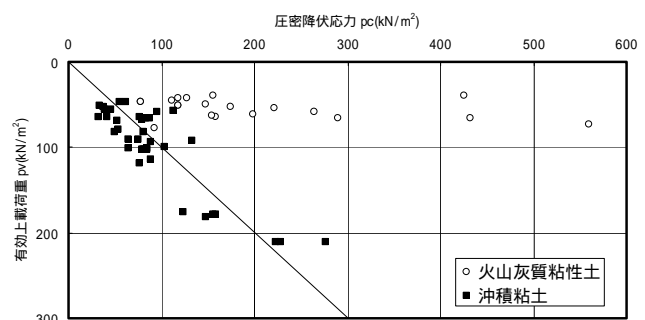


図3 圧密降伏応力と有効上載荷重の関係

*基礎地盤コンサルタンツ(株), Kiso-jiban Consultants Co., Ltd., **北海道大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Hokkaido Univ., ***北海道大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ., キーワード: 飽和含水比, 火山灰土, 構造モデル

隙構造モデルに基づく塑性図は V_p/M_s と $V_{p-inter}/M_s$ の関係に変換でき、これから V_p/M_s と $(V_{p-intra}/V_{p-inter})$ の関係を求めると図2のようになり、火山灰質粘性土は積粘土に比べて $V_{p-intra}$ が大きいことが隙構造の特徴になる。また、沖積粘土に比べて圧密降伏応力が有効上載荷重よりも大きく過圧密状態にあること(図3)、 $W_{sat} \sim C_c$ 関係の $W_{sat} > 50\%$ において火山灰質粘性土の C_c が沖積粘土より小さくなること(図4)などから、火山灰質粘性土の構造単位間のセメンテーションは沖積粘土より強固であることが伺える。

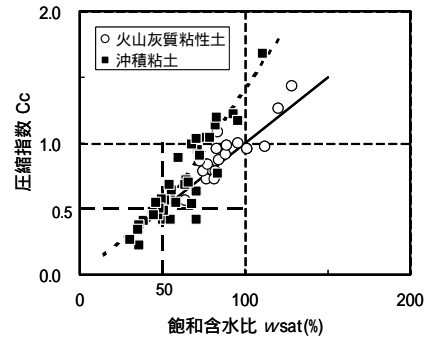


図4 W_{sat} と C_c の関係

3. 粗粒火山灰土の隙構造

非塑性の粗粒火山灰土の構造単位は砂と同様に単一粒子であり、隙構造の基本は構造単位間隙 $V_{p-inter}$ である。図1にならって図5に粗粒火山灰土の隙構造モデルを示すが、粗粒火山灰土の構造単位には表面隙と内部隙が存在し、後者はさらに構造単位間隙と連通した開放型の内部隙と、連通していない閉鎖型のものに区分される。飽和した粗粒火山灰土の重力排水試験から求められる表面乾燥飽水状態の含水量すなわち吸水率は、表面隙量と開放型内部隙量の合計に相当すると考えられる。そこで破碎性の異なる2種類の粗粒火山灰土について重力排水試験を行い(図6)、重力排水から恒率乾燥への移行点の含水量から、構造単位間隙 $V_{p-inter}$ と(表面隙量 + 開放型内部隙量) $V_{p-intra}$ を算出すると、破碎性の粗粒火山灰土は $V_{p-intra}$ が極めて多いことが判る(図7)。なお、図6には別途求めた吸水率の値を併記しているが、重力排水から恒率乾燥への移行点の含水量とほぼ同値となる。図8に、応力比 $(a'/r')^2$ の異方圧密試験の際の圧密前後の W_{sat} の減少量と粒子破碎増加量(F_c)の関係を示す。圧密による W_{sat} の減少は $V_{p-inter}$ の減少を意味し、 $V_{p-inter}$ が消失する時点から粒子破碎が顕著になる。 $V_{p-inter}$ が40~45%で類似している破碎性火山灰土と超破碎性火山灰土の F_c の大きな相違は、両者の構造単位自体の安定性に起因すると推察される。

4. まとめ

火山灰質粘性土は沖積粘土に比べて構造単位内隙が多いが、構造単位間のセメンテーションにより比較的安定している($W_{sat} > 50\%$ において顕著)。

供試した破碎性の粗粒火山灰土の $V_{p-inter}$ は40~45%の範囲であったが、 $V_{p-intra}$ には185~240%の相違があり、 $V_{p-intra}$ の大きい方が粒子破碎が極めて大きかった。

【参考文献】1) 北海道火山灰土の性質と利用に関する研究委員会：実務者のための火山灰土，地盤工学会北海道支部，2004。

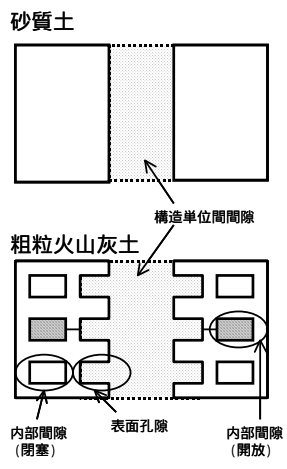


図5 隙構造モデル (粗粒土)

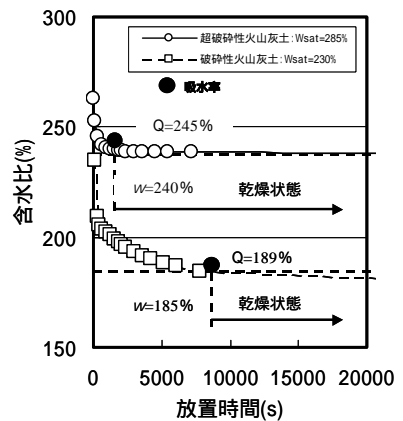


図6 重力排水試験

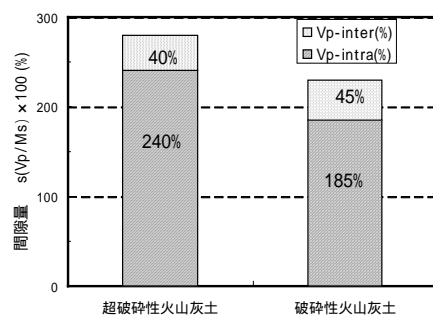


図7 粗粒火山灰土の隙隙量

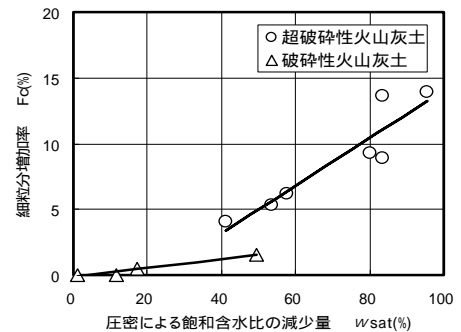


図8 W_{sat} の減少量と F_c