

III-451

地すべり粘土の水素イオン濃度と残留強度の関係把握に関する基礎的研究

山梨大学工学部 正会員 村上 幸利
 " " ○土倉 泰
 日本国土開発(株) 鈴木 史浩

1. はじめに 粘土の間隙水のイオン濃度とその粘土の工学的性質の間には強い関連性があるといわれる。本研究では、地すべり粘土を想定し、モンモリロナイトを主成分とするベントナイトを塩酸でもって化学処理することにより水素イオン濃度(pH)を変え、幾つかの試験を行って、水素イオン濃度とコンシステンシーならびに残留強度との関係を調べた。

2. 実験概要 供試体がせん断試験時に所定のpH値をもつように調整した試料について、液性限界(図-1を参照のこと)の約2倍の含水比のもとで十分に繰り返し、一次圧密終了時に次段階の載荷を行うという方法でもって所定の荷重まで圧密を行った。作成した供試体を一面せん断試験機に移し、幾つかの異なった大きさの圧密荷重、すなわち上載荷重 p の下で非排水せん断試験(せん断速度 0.2 mm/min)を行い、ピーク強度と残留強度を求めた。試験終了後に供試体の含水比とpHを測定したが、その際に水を加えてpHを測定するために、所定の方法でもってpH値の補正を施した。また別途に、幾つかの異なった水素イオン濃度をもつ試料についてコンシステンシー試験を行った。

3. 実験結果 図-1は、pHと塑性指数等の関係を示す。イオン濃度が大きいと、塑性指数が小さくなるが、その変化は一律でなく、pH=6前後での変化率が相対的に小さくなっていることが分かる。図-2は上載荷重 $0.4\text{ kgf/cm}^2 (=39.2\text{ kPa})$ のもとでの水平変位とせん断応力の関係を示す。圧密段階で全く二次圧密を起こさなかった正規圧密状態の供試体についての結果であるが、pH=3.0の場合を除いて 0.6 mm あたりの水平変位でせん断応力のピークが表れ、水平変位-せん断応力関係に過圧密土的な挙動が認められる。この特性は他の上載荷重に対してもみられた。これはせん断面付近における土粒子の再配列によるといわれる¹⁾。

本研究では、特に残留強度 s_r に注目して、それが水素イオン濃度あるいはコンシステンシーとどのような関係をもつかを調べた。図-3は、上載荷重と残留強度の関係を表す。これをみると、水素イオ

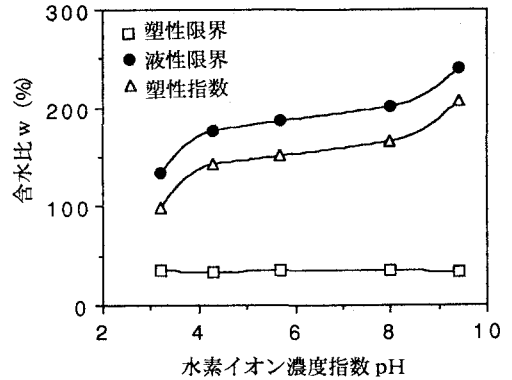


図-1 水素イオン濃度指数pHとコンシステンシーの関係

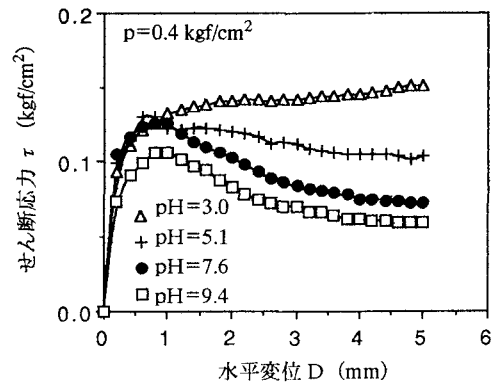


図-2 せん断時の応力と変位の関係

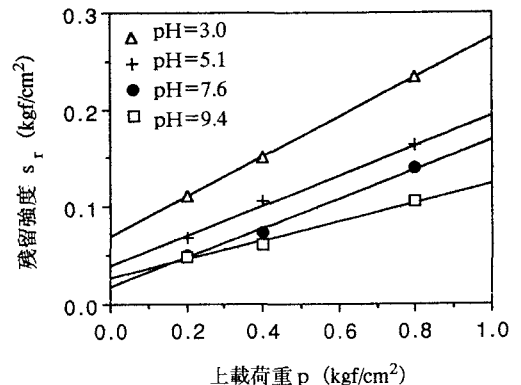


図-3 上載荷重 p と残留強度 s_r の関係

ン濃度が大きいほど、残留強度が増加していることが分かる。図-4は、上載荷重 = 0.8 kgf/cm^2 ($= 78.4 \text{ kPa}$) での pH と残留強度の関係を表すが、図-1と同じような変化特性が見られる。図-5は同様に pH と残留強度に関する内部摩擦角 ϕ_r の関係を表す。これらの結果を踏まえて塑性指数と残留強度に関する内部摩擦角の関係を表したものが図-6であるが、両者にはほぼ直線関係があることが分かった。

4. 考察 ベントナイトの水素イオン濃度が大きいほど、液性限界や塑性指数が小さくなる理由について考える。2枚の板状粘土粒子を仮定し、Van Hoffの法則を適用すると、粘土が軟らかい場合には間隙水の水素イオン濃度の増加につれて、粒子間反発力が高まることが近似的に示される。このとき、低い含水比のもとで粘土の流動化が生じ、液性限界すなわち塑性指数は低下する。

また、金らは、液性限界における粘土の間隙比 e_l を用いて、有効応力 p における e との比 (e/e_l) と p の間には一義的關係が存在することを明らかにしている²⁾。飽和粘土を対象とした場合、液性限界と間隙比 e_l の間には比例関係があるので、液性限界の小さい粘土(水素イオン濃度の大きい粘土)では、上載荷重 p における間隙比 e は小さくなって、結果としてこのような粘土は大きい強度をもつものと考えられる。なお、従来の研究から、液性限界の小さい粘土では相対的に圧縮性が小さいことが知られている。予備圧密段階での試料の圧密量と圧密時間を求めたところ、表-1のようになった。水素イオン濃度が大きいほど、圧密量は小さく、圧密の進行速度は大きい。これらの特性には、粘土の構造が大きいに関係していると考えられる。

参考文献 1) Skempton, A.W. : Residual Strength of Clays in landslides, folded strata and the laboratory, Geotech., Vol.35, No.1, pp.3-18. 2) 金、吉国、鶴ヶ崎 : 拡散二重層理論による超軟弱粘土の圧縮性および透水性の評価、土質工学会論文集、第31巻、第3号、pp.175-184.

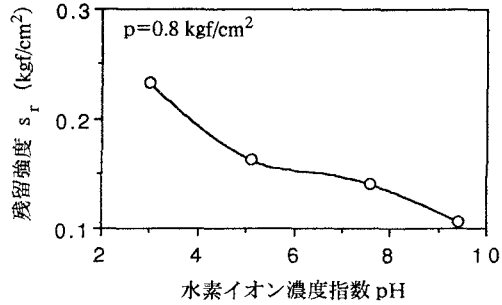


図-4 水素イオン濃度指数 pH と残留強度 s_r の関係

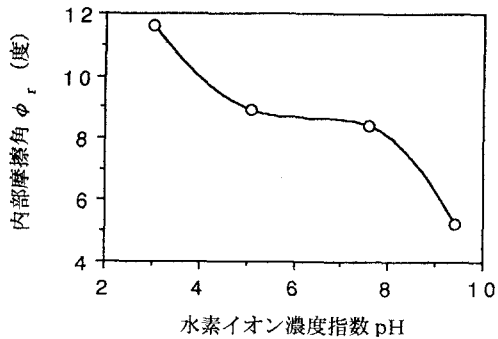


図-5 水素イオン濃度指数 pH と内部摩擦角 ϕ_r の関係

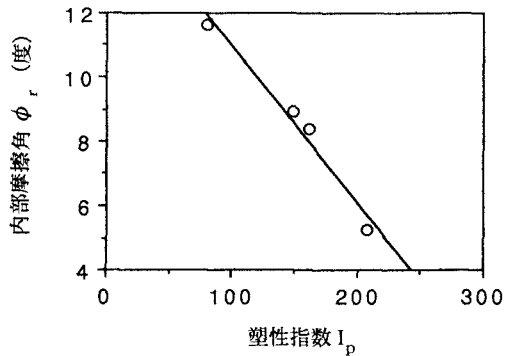


図-6 塑性指数 I_p と内部摩擦角 ϕ_r の関係

表-1 水素イオン濃度指数 pH と圧密量、圧密時間の関係

pH	圧密量 (mm)	一次圧密時間(分)
3.0	2.3	3 2 0
5.1	3.2	2 1 0 0
7.6	4.4	5 3 4 0
9.4	4.2	5 7 0 0

供試体初期高さ $d_0 = 2.0 \text{ cm}$

上載荷重 $p_0 = \Delta p = 0.4 \text{ kgf/cm}^2 = 39.2 \text{ kPa}$