

吸水による土の強度低下について

愛媛大学工学部 正 八木 則男
愛媛大学工学部 正 ○矢田部 龍一
愛媛大学大学院 学 相原 宏

1. まえがき

不飽和土が吸水すれば、サクションの消失等により強度低下が見られる。しかし、不飽和土（締固め土）の持つランダムな構造と、水、空気の2相からなる間隙圧の複雑な挙動のゆえにそれを統一的には評価できていないのが現状である。不飽和土を扱う場合、土粒子骨格の挙動と間隙圧の挙動を分離説明していくことが望ましいと考えられる。本報告は、吸水による土の強度低下と不飽和土の構造の問題を明らかにするため、1) 締固め供試体、2) それを吸水により飽和させた供試体、3) スラリー状態より圧密した正規圧密供試体(N.C)、4) 締固め土と構造が似ていると考えられるスラリー状から圧密した試料を含水比を変えないで練り返し再圧密した供試体(RNC)、の4種の供試体を用いて実験を行ない考察したものである。

2. 試料・実験方法

試料には、まさ土とシルト質の赤土を用いた。まさ土の物性は、 $G_s=2.69$ 、平均粒径 $D_{50}=0.42\text{mm}$ 、均等係数は 5.8 であり、赤土は $G_s=2.69$ 、 $w_L=56.1$ 、 $P_L=32.8$ 、粒度分布は砂分 55% 、シルト分 35% 、粘土分 10% 、最大粒径はともに 0.84mm である。締固め供試体は、まさ土 16% 、赤土 20% の含水比の試料を成形用モールドに均一に突固め、赤土で初期間隙比 $e_0=1.15, 0.90, 0.77$ 、まさ土で $e_0=0.82, 0.68$ のものを作成した。吸水は負圧を作用させ強制的に行なった。赤土についてのみ、スラリー状態より圧密した正規圧密状態と低含水比で練り返し再圧密した練り返し正規圧密状態の供試体について実験を行なった。練り返し時含水比は、 37.4% 、 34.0% 、 31.6% である。実験は圧密非排水3軸圧縮試験で、バックプレッシャー 2.0kg/cm^2 、圧縮速度 $0.44 \times 10^{-1}\text{mm/min}$ であり、飽和供試体はB値 0.95 以上のものについてのみ実験を行なった。なお、間隙空気圧と間隙水圧の分離測定は行なっていない。

3. 実験結果と考察

図-1に赤土の $e_0=0.90$ の、図-2にまさ土の $e_0=0.80$ のそれぞれ $(\sigma'_1+\sigma'_3)/2$ と $(\sigma'_1-\sigma'_3)/2$ で整理した有効応力経路と破壊線を示す。図中破線は吸水させたものの、実線は非吸水のものの有効応力経路である。これから赤土では、サクションに起因する見かけの粘着力が非吸水のものでは 0.2kg/cm^2 程度あるものが、吸水させると消失していることがわかる。まさ土ではほとんど粘着力はない。内部摩擦角中は、初期間隙比にあまりかわりなく吸水させたもののほうが、赤土で約 $3\sim 4^\circ$ 、まさ土で 4 程度大きくなっている。しかし砂やシルト質の土では、吸水、非吸水であまり ϕ の変化はないと考えてよさそうである。

吸水による強度低下率 $(1 - \text{吸水強度} / \text{非吸水強度})$ は、それぞれ平均値で示すと赤土で $3\sim 4$ 程度、まさ土で $4\sim 5$ 程度であり初期間隙比が小さいものほど強度低下率は大きくなる。この強度低下は図中の吸水、非吸水の有効応力経路を比較す

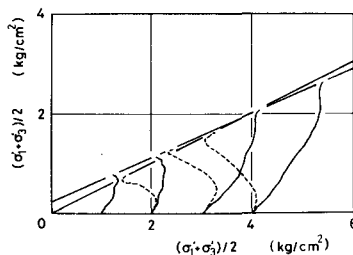


図-1 $(\sigma'_1+\sigma'_3)/2 \sim (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$ (赤土)

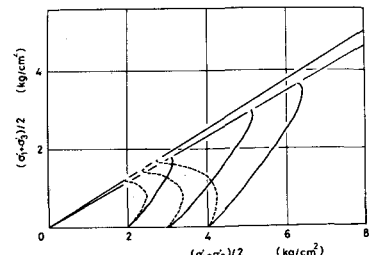


図-2 $(\sigma'_1+\sigma'_3)/2 \sim (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$ (まさ土)

るとわかるように発生間隙(水)圧の相違に起因している。このように吸水による大きな強度低下の主原因のひとつは、吸水させたものでは大きな間隙水圧が発生することにあると思われる。

次に、吸水により飽和した土の力学挙動を統一的に評価することを試みる。図-3の含水比 w と圧密圧力曲線 e に示すように吸水させたものは、スラリー状より圧密した正規圧密状態のものに比べて同一圧密圧力で含水比はいく分低い。そこで、締固め土と構造が似ていると考えられ同一圧密圧力でかなり含水比の低い供試体を作成でき、それに供試体のばらつきがわりと少ない、低含水比で充分繰り返し再圧密した供試体を用いて実験を行ない、吸水により飽和させたものとの比較を行なった。図-3にNC、RNCの含水比と圧密圧力の関係を示す。図中サフィックスはスラリー状からの圧密荷重を示す。図-4に破壊時の間隙水圧係数 A_f と圧密圧力の関係を示す。NC、RNC、それに吸水させたものも一定値とならずに圧密圧力の増加とともに A_f は大きくなる傾向があるようである。このNC、RNCの A_f は、次のような整理をすればある程度統一的に評価することができる。¹⁾すなわち、含水比と破壊時の平均有効主応力 $(P = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_2}{3})$

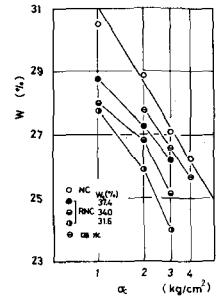


図-3 w と e の関係

の関係を示す図-5において、破壊線を示す限界状態線の傾きをもとにして図-3の含水比 w と圧密圧力曲線上の各々の点より限界状態線の傾きに平行な線を引き、 $\sigma'_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ における含水比の値 b と A_f の関係を求めると図-6に示されるように b と A_f の関係はほぼ直線で表わされ、ひとつの b 値にひとつの A_f が対応しており、限界状態線に平行な直線上ではほぼ A_f が等しくなっていることがわかる。また、 b 値が等しければ有効応力径路は相似形であり、各々の径路上の同じひずみの点を結んだ等ひずみ線は原点を通る直線となることから、 b 値が同じであれば A_f のみならずダイレイタンスの傾向も同じになる。

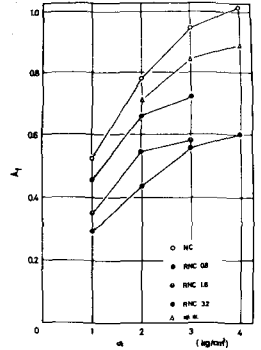


図-4 σ'_c と A_f の関係

この b 値の考えを吸水により飽和させたものにも適用してみる。図-3の吸水させた場合の3点からそれぞれ限界状態線の傾きと同一の傾きを持つ直線を引き $\sigma'_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ での含水比の値 b を求め、それと A_f の関係を図-6に示す。

実験数が少ないのと同圧密圧力でNCと比べて含水比のそれほど大きな違いがないことと理由で、断定はできないが一応 A_f を評価できるようなものである。これから締固め土と低含水比で繰り返した土とは、いく分似たような構造を有していると考えられる。また、 b 値の考えは締固め土のランダムな構造を明らかにしてゆくひとつの指針となりうると考えられる。

4. あとがき

本実験から次のことが明らかになった。1) 吸水による強度低下は吸水により飽和されることに
よって、発生する間隙水圧が大きくなることと主原因のひとつであると思われる。2) 締固め土の構造は、限界状態線の傾きをもとにした b 値を用いて評価できる可能性がある。締固め土と低含水比で繰り返した土とは、似かよった構造を有していると思われる。今後、不飽和土の間隙圧についても考えてゆく予定である。

参考文献

- 1) 八木他. 繰り返した土の力学特性 土木学会第35回年次学術講演会概要集第Ⅲ部(投稿中)