

締固めた珪藻土のせん断特性

日田林工高校 正会員 ○立石 義孝
九州大学工学部 正会員 落合 英俊
九州大学工学部 正会員 林 重徳

1. まえがき

珪藻土は、植物起源の有機質土であるため、いわゆる特殊土の一つにあげられている¹⁾。著者らは、一連の基礎的な実験結果をもとに珪藻土の工学的性質を調べている。これまでに次のような結果を得ている^{2), 3)}。土粒子の構成は、珪藻遺骸がほとんどで珪酸の含有量が80%以上を占めている。普通土に比べて比重及び密度が小さく、間隙比は大きな値を示し、自然含水比は極めて高い。最大乾燥密度 $\rho_{\max}=0.47\sim0.50\text{g/cm}^3$ と小さく、この時の最適含水比 $w_{\text{opt}}=136\sim140\%$ と大きな値を示す。また、多孔質であるが堆積岩特有の固結力を有し、不攪乱試料の圧縮強度及び脆性度は大きく、脆性的な破壊を呈するなど特異な強度・変形特性を示す。本報告は、これらの強度・変形特性を解明するために締固めた試料の一面せん断試験結果について考察したものである。

2. 供試体及び試験方法

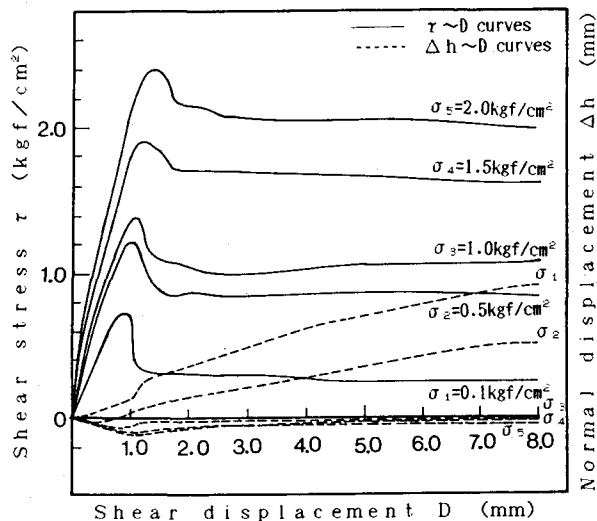
今回の試験に使用した試料は、大分県玖珠郡九重町野上から産出したものである。粒度組成は、砂分4%、シルト分72%、粘土分14%である。コンシステンシー限界は、NPであった。供試体は、攪乱した試料をなるべく最適含水比に近い状態にして、JIS A 1210の10cmモールド、2.5kgランマーを使用し、落下高さ30cmとして突固めによる締固めで作製した。突固めによる締固めた試料から、直径6.0cm、高さ2.0cmの一面せん断試験用の供試体を切り出した。不攪乱試料は、ブロックサンプリングから採取し成形した円柱供試体を用いた。これらの珪藻土供試体の物理的性質は、表-1に示す。試験方法は、在来型一面せん断試験機において、せん断速度を0.5mm/minとした。

3. 試験結果と考察

一軸圧縮試験並びに乱さない試料での一面せん断試験の結果から珪藻土は、多孔質であるが堆積岩特有の固結力を有し、脆性的な破壊を呈することなどが明らかにされている^{2), 6)}。図-1及び図-2は、不攪乱及び締固めた試料における一面せん断試験の $\tau\sim D$ 曲線である。不攪乱試料のピーク強度 τ_p を生じる時の水平変位Dの値は小さく、せん断剛性が大きい。破壊形態もピーク強度を示すとともに急激に強度低下をし、脆性的な破壊が顕著に現われている。破壊後は、平坦な傾向を示し延性的な破壊へ移行している。すなわち、せん断過程における鋭い降伏応力が存在する(図-1)。一方、締固めた試料の場合は τ_p を生じる時のDの値は大きく、せん断剛性は小さい。ピーク後も普通の粘性土と同様に延性的な破壊を示している(図-2)。両試料の乾燥密度は、締固めた試料の乾燥密度の方が大きな値を示している。かつ、含水比は、締固めた試料の方が小さい。にもかかわらず、各垂直応力 σ_v におけるピークせん断強度は、不攪乱試料のせん断強度の方が大きい。このように、シルト質にもかかわらず、高含水比及び高い間隙比で大きな降伏応力を有するのはセメンテーションの効果が良く発達しているためである。セメンテーションのボンド効果が大きいのは、粘土より粒子の粗い珪藻の遺骸が堆積物中に含まれていたセメンテーション物質(珪酸塩や炭酸塩の化合物、鉄・アルミナ化合物、その他)と寄与し易いためである。一面せん断試験結果のピーク及び残留の各強度を τ_p 、 τ_r とし図-3に示す。不攪乱試料における内部摩擦角 ϕ_p 、 ϕ_r は、

表-1 供試体の物理的性質

Specimen	Undisturb	Remold
Specific gravity	2.08	2.08
Water content (%)	168.6	136.4
Wet density (g/cm^3)	1.24	1.16
Dry density (g/cm^3)	0.46	0.49
Void ratio	3.52	3.24
Degree of saturation (%)	99.6	87.6

図-1 不攪乱試料の $\tau\sim D$ 曲線と $\Delta h\sim D$ 曲線

、各垂直応力 σ_v におけるピークせん断強度は、不攪乱試料のせん断強度の方が大きい。このように、シルト質にもかかわらず、高含水比及び高い間隙比で大きな降伏応力を有するのはセメンテーションの効果が良く発達しているためである。セメンテーションのボンド効果が大きいのは、粘土より粒子の粗い珪藻の遺骸が堆積物中に含まれていたセメンテーション物質(珪酸塩や炭酸塩の化合物、鉄・アルミナ化合物、その他)と寄与し易いためである。一面せん断試験結果のピーク及び残留の各強度を τ_p 、 τ_r とし図-3に示す。不攪乱試料における内部摩擦角 ϕ_p 、 ϕ_r は、

41~43°であるのに対して、締固め試料における内部摩擦角 ϕ_p 、 ϕ_r は、33~34°を得た。この相違は、せん断面の破壊形態の違いによるものと考えられる。すなわち不攪乱試料における珪藻土は、軟岩状を呈しているため殆ど薄い1枚のせん断面を生じて破断し、塑性化域は供試体体積の極一部に限られるが、締固め試料においては、進行性破壊の現象が生じピーク時の強度は低下するためである。不攪乱試料においてダイレイタンスが圧縮から膨張に移行する点はピーク応力の直前、ないしほぼ同時であることから推察できる。低圧の垂直応力下では、セメンテーションの性質に強く依存するが垂直応力の増大とともにセメンテーションが破壊される。これは、セメンテーションの効果が急激に消失するのではなく、軟岩の性質から粒状体の性質に徐々に移行していくものと考えられる(図-1)。不攪乱試料においてピークおよび残留強度の各粘着力 c_p 、 c_r は、 $c_p=0.64$ kgf/cm²、 $c_r=0.17$ kgf/cm²と c_p が低下している。これは、多孔質の組織を維持していたボンドの影響が c_p に関与し、せん断変形が進行するにつれてボンド破壊がなされたために c が減少したものと考える。締固めたピークおよび残留強度の各粘着力 c_p と c_r は、0.30~0.38 kgf/cm²と一様な値を示す。不攪乱と締固め試料における c_r の相違は、前述したせん断面の破壊形態の違いによるものであり、特に不攪乱試料における c_r は、せん断変形が進行するにつれて微細なクラックが徐々に発生し、滑らかなすべり面が形成されるためである。

3. あとがき

珪藻土は、せん断変形において比較的明瞭な降伏応力を有し、脆性的な材料である。また、高含水比・高間隙比にもかかわらずせん断強度は大きく、締固めて密度を増大し、間隙比を減少させても強度・変形性が著しく劣化する。このような極めて多孔質の珪藻土では、粒子間を結合するセメンテーションによる強度成分が支配的なことが特徴である。セメンテーションのボンドを破壊すると、正規堆積土の強度・変形関係である密度依存型の力学的特性に移行する性質があることが明らかになった。このような性質は、弾性的・塑性的・粘性的性質が内在し、これが珪藻土の力学的挙動を複雑にしていると考えられる。今後、せん断強度特性をより一層明確化するため破壊基準の確立へ発展させる予定である。日頃よりご指導戴いている九州大学名誉教授山内豊聡博士(現九州産業大学教授)に深謝致します。尚、本研究の一部は、昭和62年度文部省科学研究費補助金(奨励研究(B))によるものである。

参考文献

- 1) 山内豊聡 監修 土質工学会九州支部編：九州・沖縄の特殊土、九州大学出版会、243pp、1983。
- 2) 立石・落合・林・坂井：大分県玖珠郡九重産珪藻土の工学的性質、土木学会西部支部研究発表会 第3部門、pp.340-341、1986。
- 3) 立石・落合・林：珪藻土の締固め特性、土木学会西部支部研究発表会 第3部門、pp.482-483、1987。
- 4) Bjerrum, L.: Engineering geology of Norwegian normally-consolidated marine clays as related to settlements of buildings, Geotechnique, 1967。
- 5) 宮北・前川・宮本・小川：三軸応力下における珪藻質軟岩の工学的性質、第16回土質工学研究発表会、pp.1329-1332、1981。
- 6) 前川晴義・宮北啓：珪藻質軟岩の力学的特性、土木学会論文報告集、No.334、pp.135-142、1983。
- 7) 吉中・山辺・宮崎・渡辺：シルト質軟岩の破壊形態と応力-ひずみ曲線との関係、第16回土質工学研究発表会、pp.605-607、1982。
- 8) 吉中龍之進：軟岩の変形・強度に関する2~3の特性、土と基礎、22-6、pp.7-12、1974。

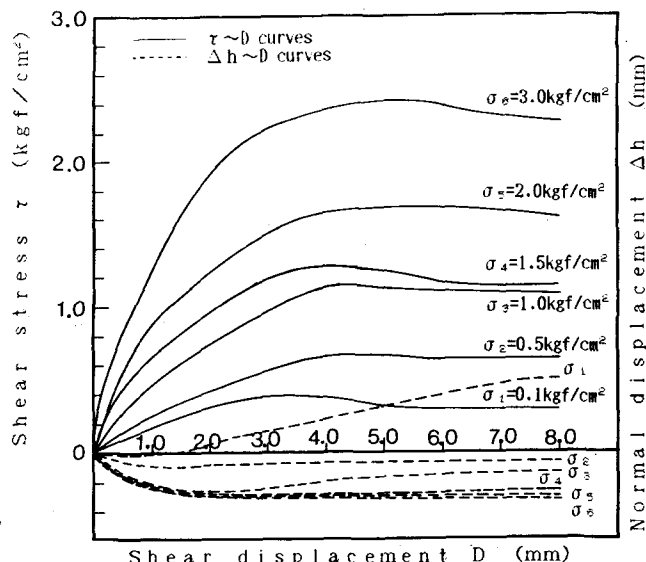


図-2 締固め試料の $\tau \sim D$ 曲線と $\Delta h \sim D$ 曲線

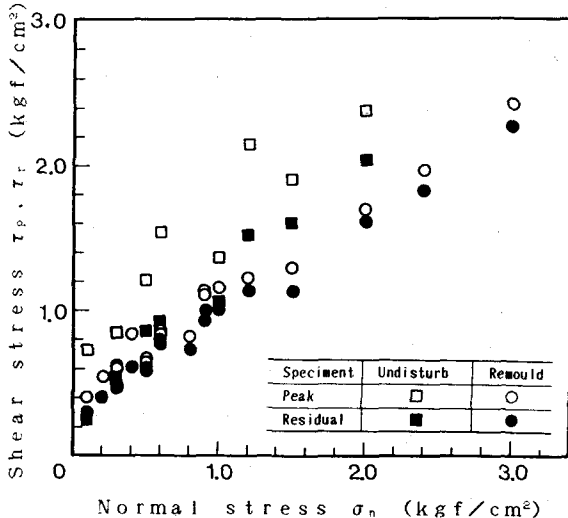


図-3 $\tau_p \sim \sigma_n$ 及び $\tau_r \sim \sigma_n$ の関係