

ノルウェー・オンソイ粘土の工学的性質

Engineering Characteristics of Onsøy Clay in Norway

田中政典 Masanori TANAKA ((独) 港湾空港技術研究所地盤・構造部)
 渡部要一 Yoichi WATABE ((独) 港湾空港技術研究所地盤・構造部)
 亀井健史 Takeshi KAMEI (島根大学総合理工学部)
 富田龍三 Ryuzo TOMITA (興亜開発(株) 関東支店)

ノルウェーOnsøy(オンソイ)地区において、サンプリングおよび原位置ベーンせん断試験を行った。サンプリング試料に対して物理試験、室内ベーンせん断試験、一軸圧縮試験、一面せん断試験および圧密試験を行った。また、鉱物組成および堆積年代を調べ堆積環境の検討を行い、オンソイ粘土の地盤工学的性質について我が国の海成粘性土との比較を行った。この結果、オンソイ粘土は粘土分含有率が75~90%と著しく高く、塑性図においてA線よりもかなり上方に分布しており、一般的な塑性指数と液性限界の関係よりも塑性指数が液性限界より相対的に大きなことが明らかとなった。また、原位置ベーンせん断試験はオンソイ粘土に対しても有効な調査方法であることが認められた。

キーワード：せん断特性、圧密特性、ベーンせん断試験、年代測定 (IGC : C06, D06)

1. はじめに

我が国の港湾域に堆積している地盤は火山の噴火による降灰の影響を、一方、北欧地域の地盤は氷河の影響を強く受けており、これらの地域の土の工学的性質は大きく異なることが予測される。また、欧州標準化委員会(CEN)では、限界状態設計法の導入に伴い、地盤調査と室内試験方法に関しても標準化の動きが見られる。CENによってこの基準が採択されると、この基準がウィーン協定の合意に従って国際標準化機構(ISO)に採用される可能性が高く、我が国への影響は計り知れないほど大きなものになると考えられる。このような流れを受け、筆者らは国際技術基準と地盤の地域特性に基づいた合理的な地盤調査方法および設計定数の決定法に関する研究を行っている。この研究の一環として、ノルウェー、Onsøy(オンソイ)野外実験場で地盤調査を行う機会を得たのでその工学的性質について報告する。

オンソイ野外実験場はオスロ市から南東に約100km離れたFredrikstad(フレドリクスタッド)市、オンソイ地区にあり、ノルウェー地盤工学研究所(NGI, Norwegian Geotechnical Institute)が長年にわたって野外実験場として使用してきた箇所である^{1),2)}。調査位置を図-1に示す。オンソイ粘土は氷河の後退によって堆積した海成粘土である。しかしながら、その後の地殻変動によって地盤は陸化し、軟弱な地盤が厚く、かつ均一に堆積した地盤となった。

筆者らはこの地盤に対して、土のサンプリングおよび原位置ベーンせん断試験を行った。そのサンプリング試料に対して、物理試験、室内ベーンせん断試験、一軸圧縮試験、一面せん断試験および圧密試験を行った。また、堆積環境を明らかにするために鉱物組成および堆積年代の測定を

行った。

本論文では、本実験から得られた工学的特性について我が国の港湾域の粘性土との比較を行い、その特徴について検討する。

2. 試料の採取方法と原位置試験方法

2.1 サンプリング

サンプリングは日本から水圧式サンプラーを現地に持ち込み、JGS1221「固定ピストン式シンウォールサンプラーによる土試料の採取方法」に準じて実施した。ボーリングマシンを写真-1に示す。ボーリングマシンはロッドの

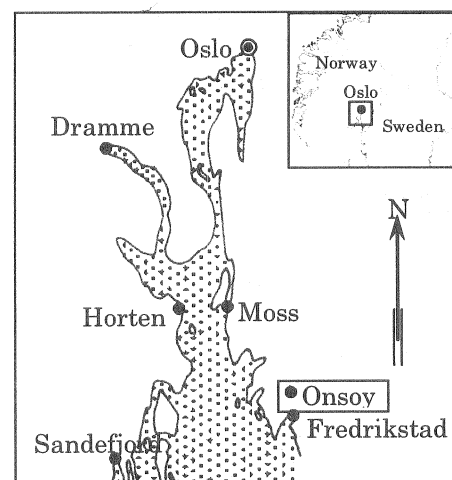


図-1 調査位置

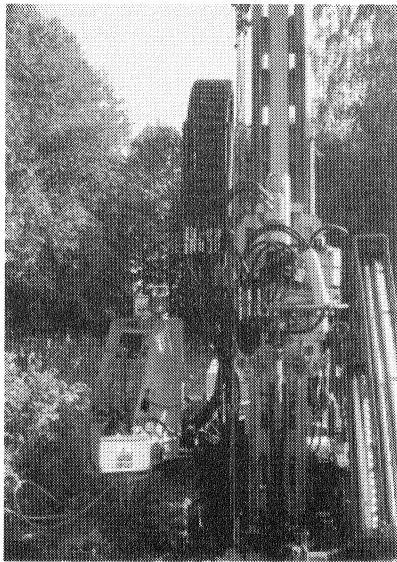


写真-1 ポーリングマシン

着脱まで全自動で行えるようになっており、一人でボーリング・サンプリングを行うことが可能である。しかしながら、この装置はエクステンションロッド式サンプラーによるサンプリングを想定して製作されており、ボーリングポンプが小型であることや採取したサンプラーをロープ等で吊り上げる機能が備わっていなかった。このため、試料採取後、30kg 以上にもなる水圧式サンプラーを人力で取り扱う必要があり、非常に大変な作業を余儀なくされた。

2.2 原位置ベーンせん断試験

原位置ベーンせん断試験は JGS 1411「原位置ベーンせん断試験方法」に基づいて実施した。ベーンせん断試験機は押し込み式を使用した。ベーンシャフトには保護管との摩擦を極力なくするために、ボールベアリング付きのセンターライザーが取り付けられている。用いたベーンの直径は 4cm、高さは 8cm である。ベーンの回転速度は 6°/min とするよう手動で回転を与えた。トルクはトルクリングの読み値から求めた。試験終了後、ベーンを急速に 10 回転させ、乱した地盤のベーンせん断強さを求めた。

3. 室内試験方法

3.1 室内ベーンせん断試験

室内ベーンせん断試験は、試料をサンプリングチューブに入れたままの状態ベーンを 7cm 押し込み、JGS 1411「原位置ベーンせん断試験方法」に準じて行った。室内ベーンせん断試験装置を写真-2 に示す。同装置は試料押し抜き装置に室内ベーンせん断試験用の機器を取り付けたものである。今回用いたベーンの直径は 1.5cm、高さは 3cm である。ベーンの回転速度は 6°/min である。トルクは荷



写真-2 室内ベーンせん断試験装置

重計による方法から求めた。試験終了後、原位置ベーンせん断試験と同様にベーンを急速に 10 回転させ、乱した状態で室内ベーンせん断強さを求めた。

3.2 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験は JIS A 1216「土の一軸圧縮試験方法」によった。供試体寸法は直径 3.5cm、高さ 8cm である。

3.3 一面せん断試験

一面せん断試験は JGS 0560「土の圧密定体積一面せん断試験方法」に基づき実施した。なお、圧密は有効土被り圧 (σ'_{v0}) で載荷し、一次圧密終了までとした。

3.4 圧密試験

圧密試験は、JIS A 1227「土のひずみ速度載荷による圧密試験方法」に従った。ひずみ速度は 0.02%/min、背圧は 98kPa とした。

4. 試験結果および考察

4.1 物理特性

物理試験結果を図-2 に示す。土粒子密度 (ρ_s) は 2.76~2.79g/cm³ に分布しており、我が国の海成粘性土の ρ_s の平均値 2.68g/cm³ よりも大きな値を示している³⁾。我が国の海成粘性土の ρ_s 値が小さい理由の一つとして、我が国の海成粘性土には珪酸殻を持つ珪藻遺骸が多く含まれていることが挙げられる⁴⁾。粒度組成については、砂分は含まれておらず、5 μ m 以下の粘土分が 75~90%程度を占めており、粘土分の卓越した地盤である。液性限界 (w_L) は深度-7~-15m まで 76~88%に分布しており、僅かではあるが深

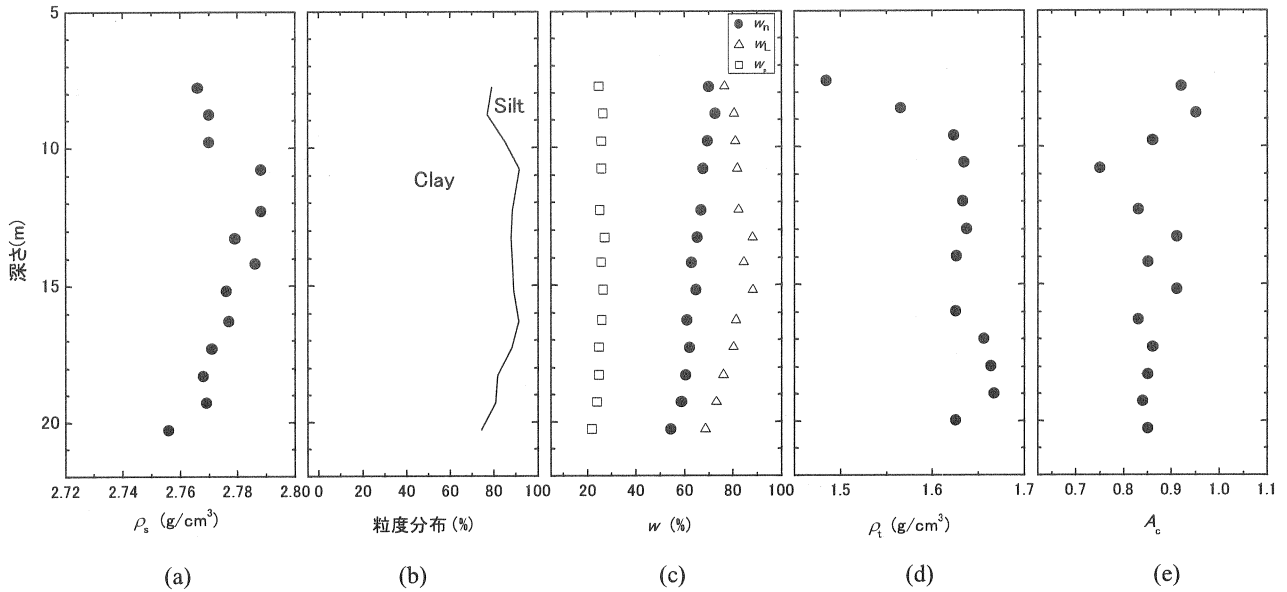


図-2 物理試験結果

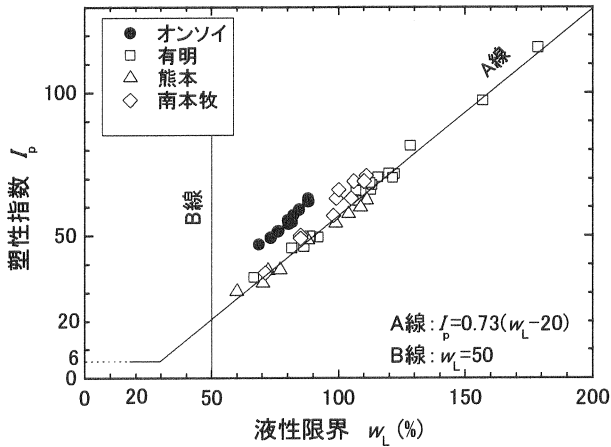


図-3 塑性図

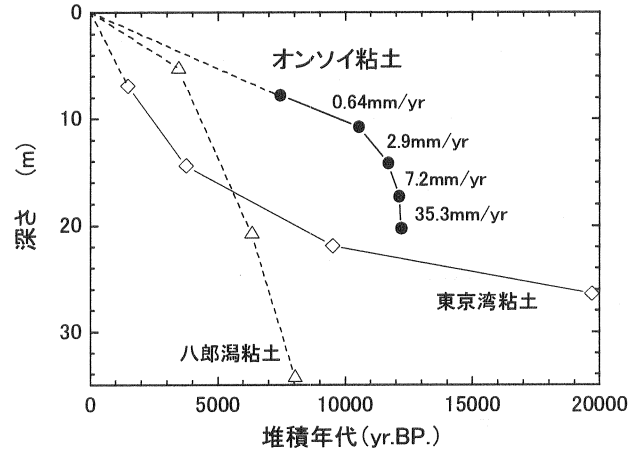


図-4 堆積速度

さの増大に伴って増加する傾向が見られる。-15m 以深においては、 w_L 値は減少傾向を示す。塑性限界(w_p)は 22~27%に分布しており、深度によらずほぼ同じ値を示している。この結果、塑性指数(I_p)は 47~63 を示し、深度-15m 付近で大きな値を示す。自然含水比(w_n)は深度-7~-20m にかけてほぼ一様に減少する傾向が見られる。土の単位体積質量(ρ)は、深度-7~-10m にかけて増大する傾向にあるが、-10m 以深の ρ 値は 1.62~1.67g/cm³ とそれほど大きなばらつきは見られない。活性度(A_a)は 0.75~0.95 に分布しており、普通の活性度に分類される。これはオンソイ粘土の主要粘土鉱物がクロライトとイライトであり、我が国の海成粘性土に多く含まれているスメクタイトがほとんど含まれていないためである。なお、地下水位は深度-1m にある。

図-3 にオンソイ粘土の塑性図を我が国の代表的な海成粘性土である有明粘土、熊本粘土および南本牧粘土の結果と併せて示す。オンソイ粘土は A 線より上側に分布しており、(CH)に分類される。我が国の 3 種類の粘性土は、その

多くが(CH)に分類されているが、それらのデータは A 線付近に分布している。オンソイ粘土はここに示した 3 種類の粘性土と比較すると同じ w_L 値に対して I_p 値は大きく現れている。この理由としてオンソイ粘土の粘土含有率(CC)が我が国の粘性土のそれと比較して著しく高いこと³⁾、また、我が国の粘性土には珪藻遺骸が多く含まれており、珪藻含有量の増加に伴い w_L 値は I_p 値よりも増加割合が大きなことなどが考えられる⁴⁾。

図-4 に放射性炭素法(¹⁴C)から得られた年代測定結果を東京湾粘土および八郎潟粘土のデータと併せて示す。深度-14~-20m のオンソイ粘土の堆積速度は 7.2~35.3mm/yr を示しており、非常に速い堆積環境であったことがわかる。その後、堆積速度は 0.64~2.9mm/yr と比較的ゆっくりとしたスピードに変化していく。この地域においては地殻変動による隆起が生じており、これによって陸化が進行していったため、堆積速度が遅くなっていったものと考えられる。また、この地域でも約 10,000 年前を境に海水準が上昇に

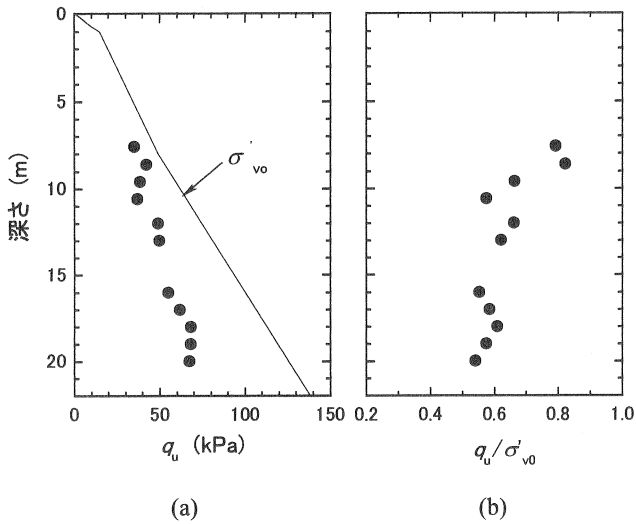


図-5 一軸圧縮試験結果

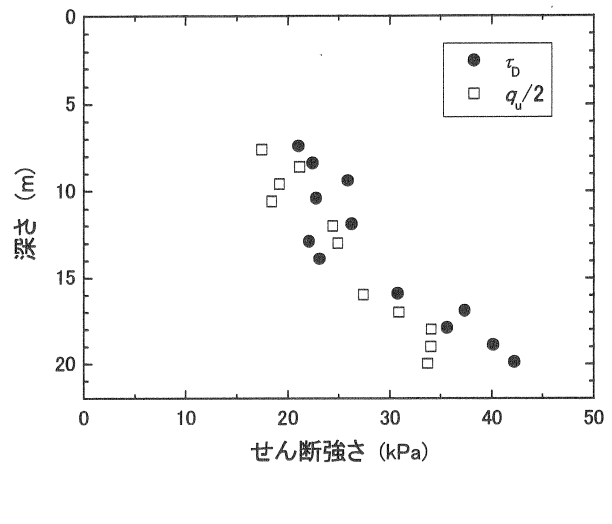


図-6 一面せん断試験結果

転じていたが、地盤の隆起速度はこれを上回っていた²⁾。このことは深度-10m を境に塩分濃度が地表面に向かって30%から8%へと減少していることから堆積環境に変化があったことが確認できる²⁾。一方、東京湾では完新世における堆積速度は、およそ2.3mm/yrではあるが、5,000年より新しい時期に堆積した層の堆積速度が早くなっている。八郎潟ではおよそ4.3mm/yrで単調に堆積していたようである。過去においても八郎潟は閉鎖的な環境であり、陸域からの土砂が堆積しやすくなっていたようである。堆積年代については、堆積環境を知る上で重要な手がかりとなるが、地域によって堆積環境は大きく異なっているため、年代測定などの理学情報を検討する必要がある。

4.2 せん断特性

a) 一軸圧縮試験

図-5(a)に一軸圧縮強さ(q_u)の深度分布を示す。 q_u 値は深さ方向におおむね増大しており正規圧密地盤の様相を呈している。図-5(b)に q_u/σ'_{v0} 値の深度分布を示す。 q_u/σ'_{v0} 値はおよそ0.5~0.8の範囲に分布している。小川・松本³⁾によれば、我が国の正規圧密粘性土の q_u/σ'_{v0} 値は0.68程度であることが示されており、オンソイ粘土の q_u/σ'_{v0} 値については我が国の正規圧密粘性土のそれとほぼ同様であることがわかる。前節で深度-10m を境に堆積環境が変化していることを示したが、 q_u/σ'_{v0} 値がこの深度を境にどのように変化しているのか見てみる。深度-10m以浅の q_u/σ'_{v0} 値は0.66~0.82を示しており、-10m以深のその0.54~0.66と比較すると明らかに大きな値を示している。この結果は堆積環境によって q_u/σ'_{v0} 値は変化する。すなわち、 q_u/σ'_{v0} 値を知ることによって堆積環境を推定できることを示唆している。しかしながら、海水中に堆積したと考えられる-10m以深のオンソイ粘土の q_u/σ'_{v0} 値は0.54~0.66であり、我が国の海成粘性土から得られたその平均値0.68³⁾よりやや小さな値を示している。 q_u/σ'_{v0} 値は、海水中に堆積したということ以外にも鉱物組成や堆積速度など

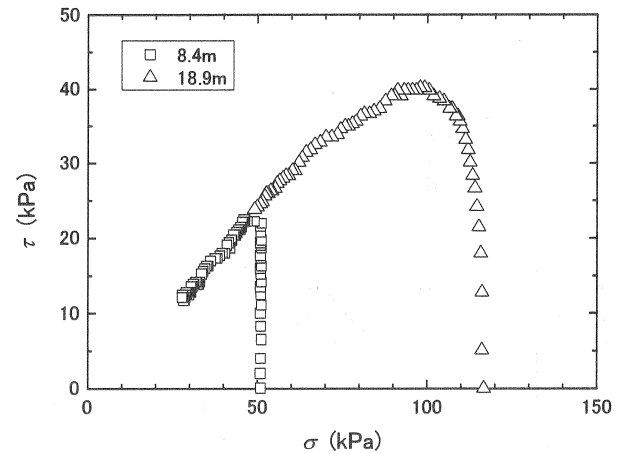


図-7 応力経路

の影響も大きく受けるものと考えられる。 q_u/σ'_{v0} 値から堆積環境を推定するためには、さらに粘土鉱物、有機物含有量やpHなどの物理化学的な観点からの検討が必要となる。

b) 一面せん断試験

図-6に一面せん断強さ(τ_b)の深度分布を $q_u/2$ の深度分布と併示す。 τ_b 値は概して深さ方向に増大しており、正規圧密粘性土の様相を示している。 τ_b 値と $q_u/2$ 値を比較すると、 τ_b 値はほとんどの深度で $q_u/2$ 値よりもやや大きな値を示している。また、 $q_u/2$ 値の上限が τ_b 値とほぼ一致するような傾向が見られる。この理由として、一面せん断試験は土中の応力状態を再現できる試験であり、精度良く土のせん断強さを測定することのできる試験である。一方、一軸圧縮試験は、地中の残留有効応力を保持していることが試験の前提条件になっているものの、サンプリングによる乱れのため、試料の残留有効応力が若干失われることがある。この結果、乱れの小さいサンプリング試料では、 τ_b 値と $q_u/2$ 値はほぼ一致し、やや乱れのあるサンプリング試料では、 τ_b 値は $q_u/2$ 値よりも大きな値を示すことになる。 τ_b 値については、さらに注意深く観察すると、深度-10m

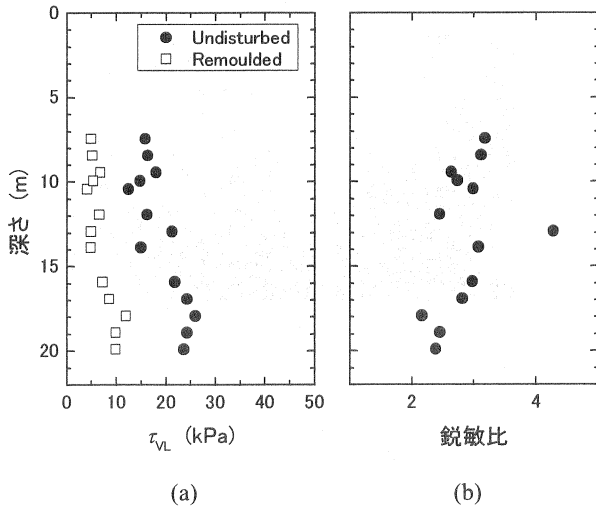


図-8 室内ベーンせん断試験結果

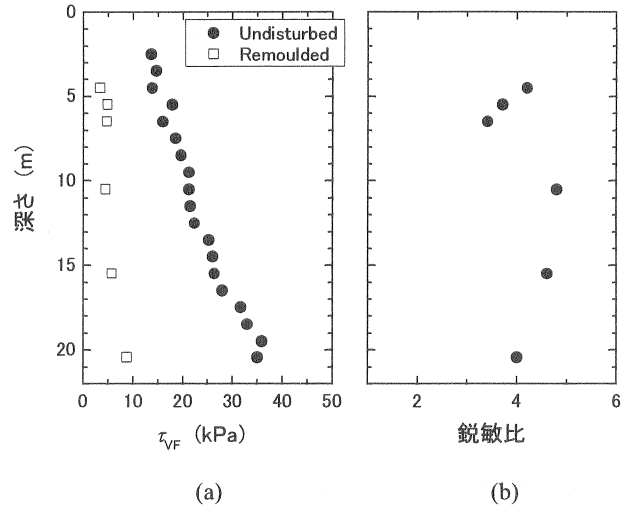


図-9 原位置ベーンせん断試験結果

を境にその分布が異なっているようにも見えるので、地盤を-10m 以浅の層とそれ以深の層に区別し、さらに検討を行うこととする。

図-7に深度-8.4mおよび-18.9mから得られた試料の応力経路を示す。深度-8.4mから得られた試料の応力経路においては、せん断応力(τ)が増加していても垂直応力(σ)はほとんど変化せず、 σ 値がやや減少した段階で τ 値はピークを迎え、その後、 τ 値および σ 値は破壊基準線に沿って減少している。この結果は過圧密試料の挙動を示しており、-10m 以浅の地盤は過圧密地盤であることが示唆される。深度-18.9mから得られた試料の応力経路は、せん断開始と共に、 σ 値がやや減少しながら τ 値が増加しており、 σ 値が大きく減少し始めた段階で τ 値はピークを迎えている。その後、深度-8.4mの試料と同様に τ 値および σ 値ともに破壊基準線に沿って減少していく。深度-18.9mから得られた応力経路の結果は正規圧密粘土の挙動を示しており、深度-10mを境に正規圧密地盤と過圧密地盤とに区分できることがわかる。

c) 室内ベーンせん断試験

試料をシンウォールチューブから押し出す前に室内ベーンせん断試験を行った。図-8(a)に室内ベーンせん断強さ(τ_{vL})の深度分布を示す。不攪乱状態の τ_{vL} 値は深度方向に増加する傾向を示しており、その値は12~26kPaに分布している。攪乱状態の τ_{vL} 値についても深度方向に増加する傾向があり、その値は4~12kPaに分布している。図-8(b)に鋭敏比の深度分布を示す。鋭敏比は不攪乱状態の τ_{vL} 値を攪乱状態の τ_{vL} 値で除して求めた。鋭敏比は深度と共に小さくなる傾向にあり、その値はおよそ2~4を示している。

d) 原位置ベーンせん断試験

原位置ベーンせん断試験結果を図-9に示す。図-9(a)に原位置ベーンせん断強さ(τ_{vF})の深度分布を示す⁶⁾。不攪乱状態の τ_{vF} 値は深度が増大するのに従ってほぼ一様に増加

していき、その値は14~36kPaに分布している。この結果はLunneら²⁾が示した τ_{vF} 値とほぼ一致している。攪乱状態の τ_{vF} 値についても深度の増大に伴って、その値は僅かではあるが増加する傾向が見られ、3~6kPaに分布している。図-9(b)に鋭敏比の深度分布を示す。鋭敏比は3.4~4.6に分布しており、我が国の海成粘性土で得られた鋭敏比とほぼ同様な値を示した。しかしながら、Lunneら²⁾が示したベーンせん断試験結果によれば、当地区の鋭敏比は5~10であり、筆者らが行ったそれから得られた鋭敏比よりも大きな値が得られている。不攪乱状態の τ_{vF} 値は、両者ともにほぼ同様な結果を得ているが、攪乱状態の τ_{vF} 値は大きく異なった。この結果は攪乱試料の τ_{vF} 値を求める方法(回転数)が両者で異なっていることを示唆している。本試験では攪乱試料の τ_{vF} 値を求めるにあたり、練返し回転数を10回としたが、10回転では試料が十分に攪乱されていなかったものと考えられる。このような要因を取り除くため、攪乱状態の τ_{vF} 値を求める試験方法の基準化、特に練返し回転数について検討を行う必要がある。

次に、不攪乱状態の τ_{vF} 値と τ_{vL} 値を比較すると、 τ_{vF} 値はすべての深度において τ_{vL} 値よりも20~30%程度大きな値を示している。一方、攪乱状態の τ_{vF} 値と τ_{vL} 値はほぼ同じ値である。この結果は不攪乱試料の品質、すなわち、採取試料に乱れのあることを示唆している。しかしながら、試料採取方法は地盤工学会基準によったこと、あるいは τ_{vL} 値はある程度試料が乱されていても乱れの少ない試料と同等な結果が得られること⁷⁾が確認されていることから、 τ_{vF} 値と τ_{vL} 値がこのように大きく異なったことについては特別な理由があるものと考えられるので、さらに検討を行うこととする。

田中⁷⁾によれば τ_{vL} 値は、試料が乱れていても図-10に示すように、乱れの少ない試料と同様なベーンせん断強さが得られると報告されている。図中に示したJPN(L)は日本の固定ピストン式シンウォールサンプラーから得られた

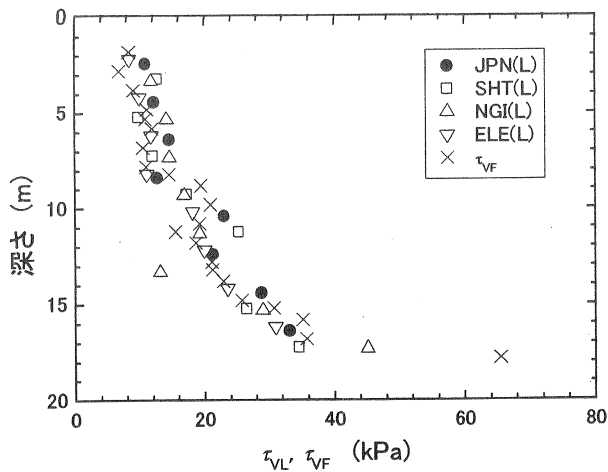
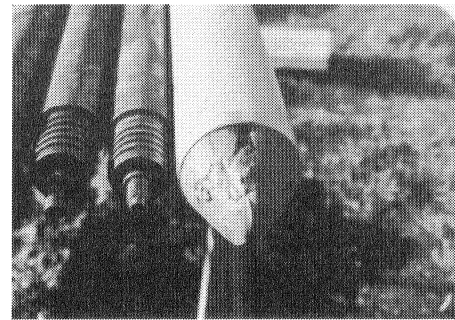


図-10 室内ベーンせん断試験の適用性(田中⁷⁾)

試料の τ_{VL} 値を示す。SHT(L)はシェルビーチューブ、NGI(L)はNGI サンプラー、ELE(L)はイギリスのサンプラーから得られた試料の τ_{VL} 値を意味している。これらのサンプラーから得られた試料の q_u 値は、 $JPN > NGI > SHT > ELE$ の順に小さくなっていき、ELE から得られた試料の q_u 値は、JPN から得られた試料のその約半分の大きさであることが指摘されている。図-10 は q_u 値には大きな差があっても、 τ_{VL} 値はそれほど変わらないという結果を示したものである。室内ベーンせん断試験では、サンプラーから試料を押し抜く必要がないので、サンプラーから試料を押し抜く時の乱れの影響や応力解放を受けないため、乱れの少ない試料がそのサンプラー内に存在しているという考え方に依っている。

そこで、オンソイにおける試料採取の状況をもう一度振り返ってみよう。一般に、サンプラーを地中に押し込んだ後、サンプラーと地盤とを切り離す際、サンプラー先端部(刃先側)には大きな力が働き、不攪乱試料を採取すると図-11(a)に示すように下に凸の試料として得られる。この状況を模式的に図-11(b)に示す。しかしながら、オンソイの試料採取においては、試料地盤とサンプラーとを切り離す際に予測できないほどの大きな力が働いていたものと考えられ、凸に出張った試料がいつもより長いように感じられた。サンプラーの刃先側をパラフィンでシールした時、図-11(c)のように試料とサンプラーとの間に僅かではあるが隙間が認められた。このため、この影響が強度的にどの程度であったのかを確認するため、刃先から一番目と二番目の試料を使用して一軸圧縮試験を行った。

図-12 に刃先から一番目および二番目の試料の一軸圧縮試験結果を示す。試験は9m 付近(3-3 試料)と15m 付近(3-9 試料)の2 深度に対して行った。図中の3-3-1 および3-3-2 は、深度9m から得られた試料で、それぞれ刃先から一番目および二番目に得られた試料を示す。3-9 試料についても同様な表記法とする。3-3-1 試料の σ 値の最大(q_u)は33.28 kPa、3-3-2 試料から得られた q_u 値は39.8 kPa である。また、3-9-1 試料の q_u 値は39.5kPa であり、3-9-2 試料の q_u



(a)

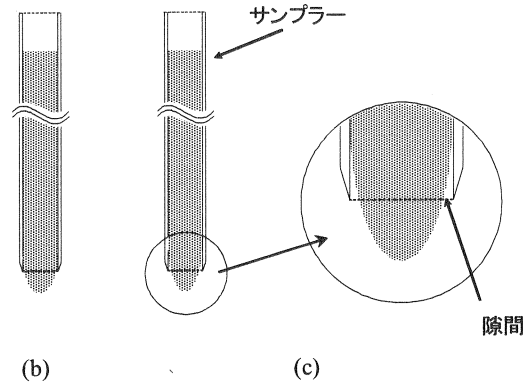


図-11 採取試料の模式図

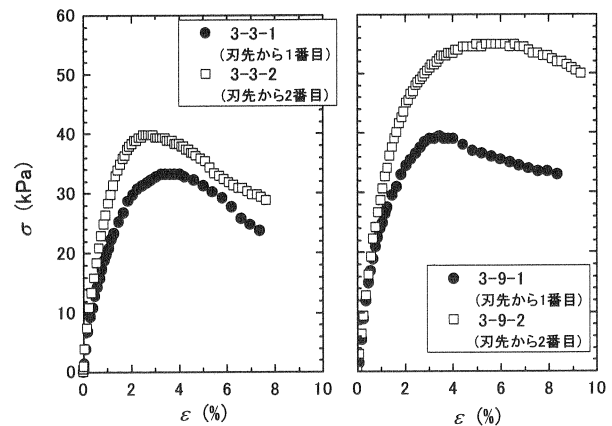


図-12 刃先から一番目と二番目の試料の応力-ひずみ曲線

値は54.9kPa であった。両試料ともに刃先から一番目の試料の q_u 値は刃先から二番目の試料のそれと比較して約20~30%小さなことがわかる。この結果は τ_{VL} 値が τ_{VF} 値よりも20~30%程度小さく測定された結果とほぼ一致している。この原因については、図-2 や図-3 に示したようにオンソイ粘土は粘土含有率が75~90%と我が国の粘性土のそれよりも著しく高いこと³⁾や I_p 値が w_L 値に対して相対的に大きな値を示していることから、地盤とサンプラーを切り離す際、刃先付近に大きな力が働き、刃先付近の試料が乱されてしまったものと考えられる。このことから、土の種類あるいは試料の採取状況によっては室内ベーンせん断試験の適用性に問題のあることがわかった。

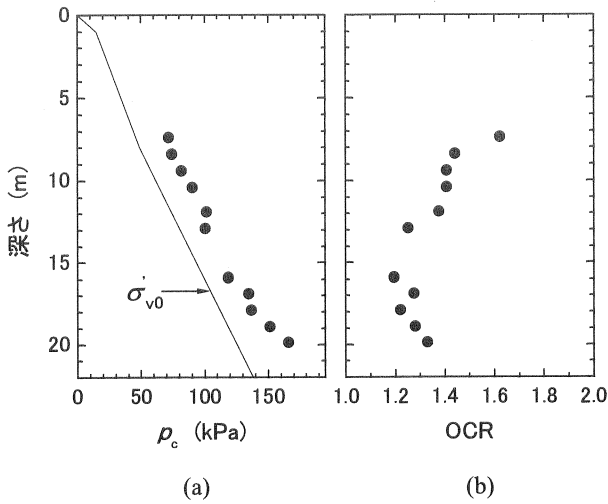


図-13 圧密降伏応力と OCR 値の分布

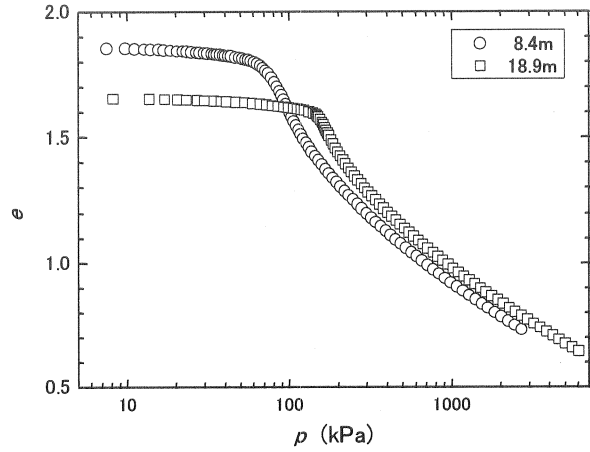


図-14 e-log p 曲線

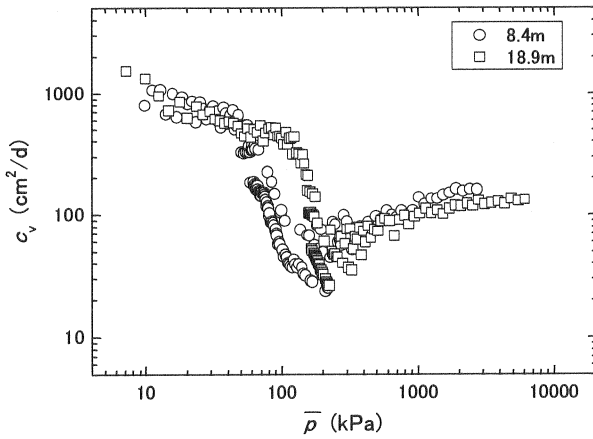


図-15 log c_v ~ log \bar{p} 曲線

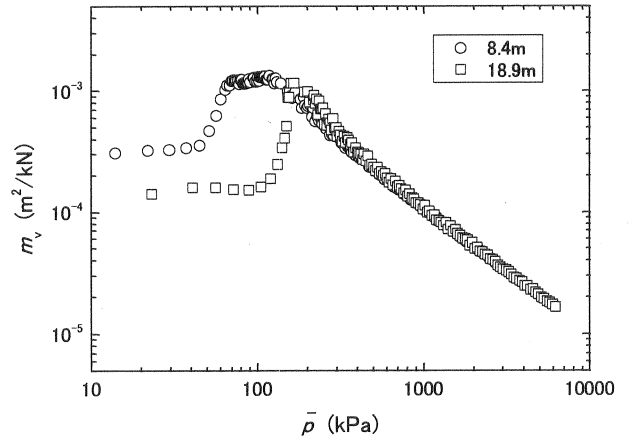


図-16 log m_v ~ log \bar{p} 曲線

4.3 圧密特性

図-13にCRSから得られた圧密降伏応力(p_c)の分布を σ'_{v0} と併せて示す。 p_c 値は σ'_{v0} 値の1.2~1.6倍を示している。我が国の正規圧密地盤における p_c/σ'_{v0} 値(以下、OCRとする)は1.1~1.3程度を示すことが多く、本地盤は正規圧密地盤あるいはやや過圧密な地盤と考えることができる。-10m以浅のOCR値は1.4~1.6であり、それ以深のOCR値は1.2~1.4を示しており、深度-10mを境に正規圧密地盤と過圧密地盤とに区分できそうである。

次に、圧密特性について-10m以浅のデータとそれ以深のデータに分けて検討を行う。図-14にe-log p曲線を示す。深度-8.4mの試料から得られたe-log p曲線では、圧密圧力(p)が p_c 値に到達するまで、 p 値の増加に伴って間隙比(e)は少しずつ減少していく。 p 値が p_c 値を越すと e 値は急激に減少を始め、さらに圧密が進行して p 値が400kPaを越した領域ではe-log p曲線はほぼ一定の勾配になる。e-log p曲線の最急勾配における圧縮指数(C_c)は1.3である。深度-18.9mから得られた試料のe-log p曲線では、圧密初期の段階において、 p 値の増加に伴う e 値の変化はほとんど認め

られないが、 p 値が p_c 値を越すと e 値は急激に減少する。その後、圧密の進行に伴いe-log p曲線はほぼ一定の勾配になる。深度-18.9mから得られた試料の C_c 値は1.4である。小川・松本³⁾は我が国の港湾域における C_c と e の関係を式(1)として示した。

$$C_c = 0.54e - 0.16 \quad (1)$$

式(1)に深度-18.5m試料の初期間隙比1.65を代入して C_c 値を求めると、 $C_c = 0.73$ となり本実験結果から得られた C_c 値1.4よりも小さな C_c 値が得られる。すなわち、オンソイ粘土は e 値が小さい割に C_c 値が大きいことを意味しており、我が国の海成粘性土と比較すると圧縮性が大きくなるものと考えられる。

図-15にlog c_v ~ log \bar{p} 曲線を示す。いずれの試料のlog c_v ~ log \bar{p} 曲線においても、 \bar{p} 値が p_c 値に到達するまでは c_v 値はやや減少傾向を示し、 \bar{p} 値が p_c 値より大きくなると \bar{p} 値の増加に伴ってその値は急激に小さくなる。 \bar{p} 値が200kPa付近で c_v 値は最小となる。さらに圧密が進行して、

\bar{p} 値が大きな領域では c_v 値はやや上昇に転ずる。一般に設計に用いる c_v 値は正規圧密領域の平均値を取るため、深度-8.4m の試料から得られた試料の c_v 値は $84\text{cm}^2/\text{d}$ 、深度-18.9m の試料から得られた試料のそれは $69\text{cm}^2/\text{d}$ となる。これらの c_v 値は我が国の港湾域で得られる平均的な大きさを示している³⁾。

図-16 に $\log m_v \sim \log \bar{p}$ 曲線を示す。いずれの試料の $\log m_v \sim \log \bar{p}$ 曲線においても、 \bar{p} 値が p_c 値に到達するまで m_v 値はやや増加傾向を示し、 \bar{p} 値が p_c 値より大きくなると \bar{p} 値の増加に伴ってその値は小さくなっていく。 \bar{p} 値が 200kPa を越すと両者の $\log m_v \sim \log \bar{p}$ 曲線は一致する。 \bar{p} 値が $1,000\text{kPa}$ における m_v 値は $1.09 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{kN}$ である。 \bar{p} 値が $1,000\text{kPa}$ 程度の領域では、 m_v 値についても我が国の海成粘性土のそれとほぼ同等の値を示している³⁾。

5. まとめ

ノルウェー Onsøy(オンソイ) 地区でサンプリングおよび原位置ベーンせん断試験を行った。そのサンプリング試料に対して物理試験、室内ベーンせん断試験、一軸圧縮試験、一面せん断試験および圧密試験を行った。また、鉱物組成および堆積年代を調べ堆積環境の検討を行った。これらの試験結果からオンソイ粘土の工学的性質について我が国の海成粘性土との比較を行った。本検討結果から得られた知見を以下に述べる。

- 1) オンソイ粘土は粘土分含有率が 75~90%と著しく高く、塑性図において A 線よりも上方に分布しており、液性限界(w_L)に対して塑性指数(I_p)が相対的に大きなことが明らかとなった。
- 2) 原位置ベーンせん断試験はオンソイ粘土に対しても有効な調査方法であったが、室内ベーンせん断試験はサンプリングの影響によって、不攪乱状態のせん断強さを過小評価した。室内ベーンせん断試験の適用につ

いては、試料採取の状況を詳細に把握する必要のあることがわかった。

- 3) オンソイ粘土は我が国の海成粘性土と比較すると、間隙比(e)がやや小さいにもかかわらず、圧縮指数(C_c)は大きなことがわかった。このことから、オンソイ粘土は我が国の海成粘土よりも相対的に圧縮性が大きいものと考えられる。
- 4) 放射性炭素法(^{14}C)による年代測定結果から、この測定年代を有効に活用するためには、地盤の隆起などその地域の地質学情報を検討する必要がある。

参考文献

- 1) Bjerrum, L.: Geotechnical properties of Norwegian marine clays, *Géotechnique*, 4, pp.49-69, 1954.
- 2) Lunne, T., Long, M. and Forsberg, C. F.: Characterisation and engineering properties of Onsøy clay, *Proc. of Characterisation and Engineering Properties of Natural Soils*, pp.395-427, 2003.
- 3) 小川富美子, 松本一明: 港湾地域における土の工学的諸係数の相関性, 港研報告, Vol. 17, No.3, p.34, 1978.
- 4) Shiwakoti, D. R., Tanaka, H., Tanaka, M. and Locat, J.: Influences of diatom microfossils on engineering properties of soils, *Soils and Foundations*, Vol. 42, No. 3, pp.1-17, 2002
- 5) 中島美代子, 富田龍三, 田中政典: ノルウェー国 Onsøy 粘土の特性(その 1: 物理特性), 第 41 回地盤工学研究発表会, pp.187-188, 2006.
- 6) 深沢健, 田中政典, 富田龍三, 田中洋行: ノルウェー国 Onsøy 粘土の特性(その 2: 力学特性), 第 41 回地盤工学研究発表会, pp.189-190, 2006.
- 7) 田中政典: 地盤の調査方法が沿岸域に分布する土の物性評価に与える影響の研究, 港湾空港技術研究所資料, No.1068, pp.65-66, 2003.

(2006年7月18日 受付)