

年代効果を受けた粘土の非排水強度特性

Undrained strength characteristics of clay subjected to aging effect

はん ざわ ひで お
半 沢 秀 郎*きし だ たか お
岸 田 隆 夫*

1. ま え が き

沖積層に分類される粘土層は、堆積後現在に至るまで数百年～数千年も経過しており、この間に、1)二次圧密、2)セメンテーション、3)リーチング、4)乾燥応力、などの様々な作用を受けてきた。これらの作用は年代効果と呼ばれており、粘土の強度、圧密特性に及ぼすその重要性について古くから多くの研究者により指摘されてきた。しかし、複雑な年代効果を実験室で再現することは不可能であり、このことが多かれ少なかれ年代効果を受けている現実存在する粘土地盤の特性の把握を妨げてきた最大の原因である。しかし、第7回ランキンレクチュアにおいて、Bjerrum (ベールム)¹⁾ が粘土の圧密特性に及ぼす年代効果の影響について詳細な報告をして以来、この分野について幾つかの成果が得られてきた。半沢は、年代効果を受けた粘土の原位置における非排水強度 (S_{uf}) を求める方法として、Bjerrum²⁾ の方法に立脚した修正 Bjerrum 法を提案し³⁾、更に、実際に破壊したあるいは破壊に近い状態で施工された構造物の安定解析に適用し、その有効性を実証している^{4), 5) 6)}。修正 Bjerrum 法では粘土の S_{uf} は下記の方法により求められる。

「採取した不かく乱試料をその地中での応力状態で再圧密した後、強度試験に供し S_{uf} を求める。再圧密時間は、過剰間隙水圧がほぼ消散するまで (三軸試験について)、または、一次圧密が完了するまで (一面せん断、単純せん断試験について)、とする」。

一方、現在に至るまで、アラビア湾、東京湾に分布する海成粘土について、修正 Bjerrum 法により膨大な K_0 圧密非排水試験が行われてきた。その結果、年代効果を受けた粘土の、1) 応力-ひずみ特性、2) K_0 値、3) 強度の異方性、4) 過圧密比、などの重要な特性が判明してきた。本文は、年代効果を受けた粘土の上記の特性について、年代効果を受けていない粘土の特性と比較しながら報告するものである。以下、本文では年代効果を受けた粘土を aged 粘土、受けていない粘土を young 粘土と称し、更に、堆積後現在に至るまで上載圧の除去を受けたことがない aged 粘土を正規圧密 aged 粘土と称する。なお、本文は、筆者らにより既に発表された論文⁷⁾ よりかなりのデータを引き

用していることをはじめにお断りしておく。

2. 正規圧密 aged 粘土の特性

土の状態を表示する方法として最も普遍的なものに、 $e-p$ 曲線による表示法があげられる。しかし、aged 粘土の状態は $e-p$ 曲線によって適切に表示し得ず、実はこの点が、現実存在する粘土地盤の理解を妨げてきた最大の原因でもある。aged 粘土について $e-p$ 曲線を用いることがなぜ不適当なのか、さっそく図-1を用いて説明しよう。

図-1に示すA, B, C, Dの4点は、それぞれ下記のような粘土を示したものである。

A点: まさに堆積したての粘土で処女圧密曲線上にプロットされる。年代効果は受けておらず、その過圧密比 (OCR) は1.0である。このような粘土を以下正規圧密 young 粘土と称する。

B点: 堆積完了後間隙比 (e) 不変のもとでセメンテーションを受けた粘土。 e 不変のため、処女圧密曲線上にプロットされる。

C点: 堆積完了後、二次圧密 (有効土かぶり圧 (p_0) 一定のもとで e が減少する現象) 作用を受けた粘土。

D点: 二次圧密作用と同時にリーチング作用を受け、極めて不安定な構造を有する quick clay に分類される粘土。

上記の四つの粘土が荷重を受けた後の $e-p$ 曲線は、同じく図-1に示すように、それぞれ全く異なる。

では、正規圧密 aged 粘土の状態をどのような方法で表示したらよいだろうか。いま、その非排水強度 (S_u) に着目し、図-1に示した四つの粘土の「 S_u-p 」関係について

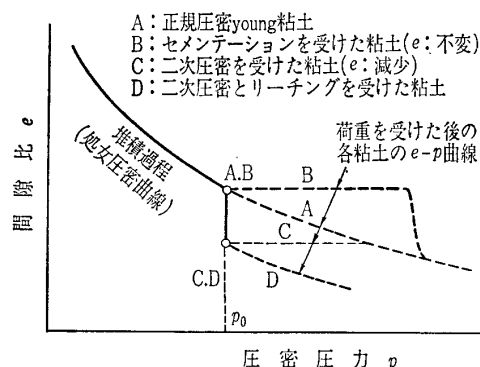
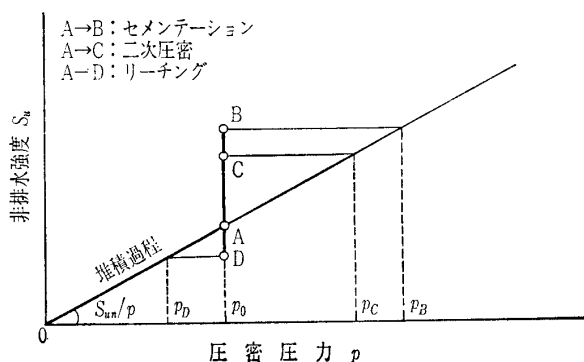


図-1 いろいろな年代効果を受けた粘土の「 $e-p$ 」関係

*東亜建設工業株式会社 技術研究所土質研究室



図—2 正規圧密 aged 粘土の非排水強度と圧密圧の関係

検討してみよう。図—2はこの関係を示したものであり、図に示す各軌跡はそれぞれ下記のように説明できる。

O→A：堆積過程における S_u - p 関係で、 p の増加とともに S_u は増加する。この直線の勾配は、正規圧密 young 状態における強度増加率(S_{un}/p)である。

A→B：セメンテーションによる S_u の増加過程

A→C：二次圧密による e の減少に伴う S_u の増加過程

A→D：リーチングによる S_u の減少過程

B, C, D 各点の S_u に対応する p を正規圧密 young 粘土の S_u - p 線上に求めると、それぞれ p_B , p_C , p_D が得られる。B, C, D 点で示される粘土にある圧密圧を加えた時、この圧力が上記の p_B , p_C , p_D に到達すると粘土は正規圧密 young 粘土となる。すなわち、 p_B , p_C , p_D は、それぞれの粘土の圧密降伏圧力(p_c)にほかならない。したがって、二次圧密、セメンテーション、リーチング、といったそれぞれメカニズムの異なる年代効果を圧力として統一的に評価することができる。いま、この圧力を Taylor (テラー)⁹⁾ の呼称にならない内部圧圧力(p_i)として評価すると(本文で用いる p_i の定義は Taylor の定義と異なるものであるが)、 p_i は下記のように表示できる。

$$p_i = p_c - p_0 \dots\dots\dots(1)$$

p_i : 年代効果により粘土内に形成された構造に等価な圧力

p_c : 圧密降伏圧力

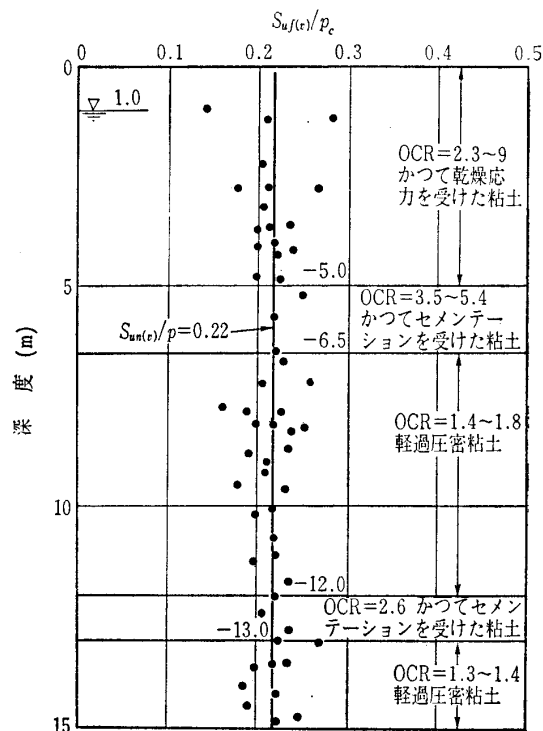
p_0 : 有効土かぶり圧

一方、図—2に示す関係より、正規圧密 aged 粘土の下記のような特性が得られる。

1) 正規圧密 aged 粘土の S_{uf}/p_c 比は、年代効果の種類、大きさにかかわらず同一粘土については一定値をとり、この値は正規圧密 young 粘土の強度増加率に等しい。Mesri (メスリ)⁹⁾ は、SHANSEP 法¹⁰⁾への痛烈な批判を展開した論文の中で同じことを指摘している。

2) したがって、正規圧密 aged 粘土の S_{uf} , OCR は、次式によって求めることもできる。

$$\left. \begin{aligned} S_{uf} &= S_{un}/p \times p_c = S_{un}/p \times OCR \times p_0 \\ OCR &= S_{uf}/S_{un} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

図—3 複雑な年代効果を受けた Khor Al-Zubair 粘土の $S_{uf(v)}/p_c$ 値の分析

図—3は、アラビア湾に分布する Khor Al-Zubair (コールアルズベール) 粘土の現場ベーン強度($S_{uf(v)}$)値を圧密試験より得られた p_c 値で除した値、 $S_{uf(v)}/p_c$ 値を深度に対しプロットしたものである。 $S_{uf(v)}/p_c$ 値は、粘土の性質が、1) 乾燥応力を受けた粘土、2) セメンテッド粘土、3) 軽過圧密粘土、とかなり異なるにもかかわらず、ほぼ一定値($S_{uf(v)}/p_c=0.22$)を示しており、(2)式の有効性を示している。なお、この値($=0.22$)は、正規圧密 young 状態におけるベーン強度に対応する強度増加率である。

上記の検討により、正規圧密 aged 粘土の強度は、外力として粘土に作用している有効圧力、すなわち有効土かぶり圧によって形成された強度と年代効果により形成された強度の両者により構成されることが分かる。本文では非排水強度をとりあげ、前者を S_{un} 、後者を S_{ua} と称する。図—2および(2)式に示す関係より、正規圧密 aged 粘土の S_{uf} , S_{un} , S_{ua} は次式によって表示できる。

$$\left. \begin{aligned} S_{uf} &= S_{un}/p \times p_c \\ S_{un} &= S_{un}/p \times p_0 \\ S_{ua} &= S_{un}/p \times p_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

いま、この粘土にある圧密圧 Δp が加わった場合について検討してみよう。圧密が完了した時点で外力として粘土に作用している有効圧力は $p_0 + \Delta p$ となり、内部圧圧力は $p_i - \Delta p$ に減少する。したがって、この時点での S_{uf} , S_{un} , S_{ua} は、次式によって表示できる。

$$\left. \begin{aligned} S_{uf} &= S_{un}/p \times p_c \\ S_{un} &= S_{un}/p \times (p_0 + \Delta p) \\ S_{ua} &= S_{un}/p \times (p_i - \Delta p) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

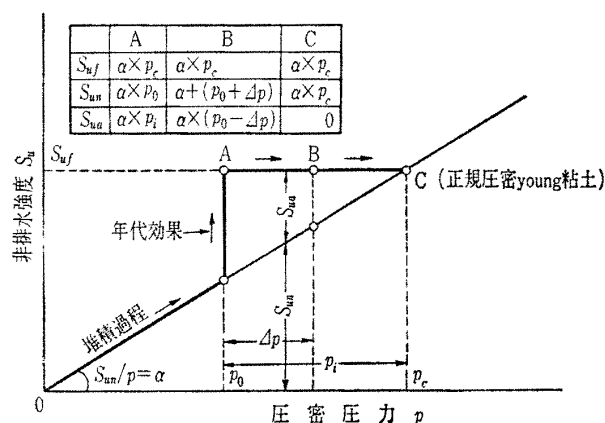


図-4 正規圧密aged粘土の強度形成過程と圧密圧を受けた後のその変化

すなわち、 S_{uf} は不変であるが S_{un} が増加し、その分だけ S_{ua} が減少する。 Δp が増加し、 $\Delta p = p_i$ に達すると S_{ua} は完全に消滅し、この時点で粘土は正規圧密 young 粘土となる。 Δp が加わることにより沈下が生じ間隙比が減少するので、(3)式および(4)式で表示される粘土の間隙比はそれぞれ異なる。しかし、この場合間隙比の減少は、年代効果によって形成された構造が破壊され、外力によって形成された構造に置き換えられることを意味しており、強度の増加には寄与しないのである。以上の検討で示した正規圧密 aged 粘土の強度変化の過程を図-4 に示す。

粘土のせん断強度についての代表的研究として、Hvorslev (ボシュレフ)¹¹⁾や Henkel (ヘンケル)¹²⁾の研究があげられる。彼らは人工的に再圧密して形成した粘土(年代効果を受けていない young 粘土)を用いて実験を行い、その結果、粘土のせん断強度を間隙比と外力として粘土に作用している応力の二つの要因によって説明している。しかし、本節での検討で示されたように、aged 粘土のせん断強度は、間隙比の変化や外力として作用している有効応力の大小では適切に説明できないのである。ここに aged 粘土のせん断強度の理解の難しさと誤解の原因がある。誤解の典型的な例として SHANSEP 法による強度決定法が挙げられる。

正規圧密 aged 粘土は年代効果により形成された強度 S_{ua} を有するため、現在に至るまで上載圧の除去を受けたことがないにもかかわらず通常過圧密状態にある。本節で検討したように、正規圧密 aged 粘土の特性は、同じく過圧密状態にある過圧密 young 粘土（正規圧密 young 粘土が上載圧の除去を受けたことにより過圧密状態にある粘土）と全く異なるものであり、例えば、両者の S_{uf} には下記のような違いがある。

$$\left. \begin{aligned} S_{uf} &= S_{un}/p \times p_0 \times \text{OCR}(\text{正規圧密 aged 粘土}) \\ &= S_{un}/p \times n \times p_0 \times \text{OCR}(\text{過圧密 young 粘土}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

n : 上載圧の除去による膨張に伴う強度減少比

両者の強度の比較については半沢により詳細な報告がなされているのでここでは割愛^{4), 6)}、本文の第3節、第4節では、正規圧密 aged 粘土の 1) 応力-ひずみ特性、2) K_0 値、などの実際問題への適用上極めて重要な特性について、過圧密 young 粘土のこれらの特性との比較を含めて報告する。

3. 正規圧密 aged 粘土の応力-ひずみ特性

アラビア湾の西端、Tigris (チグリス) 川, Euphrates (ユーフラテス) 川河口部はらん原には、複雑な年代効果を受けた Khor Al-Zubair 粘土が広く分布している。この粘土の特性については既に筆者らにより詳細に報告されており^{4), 6), 7)}, 更に図—3 にも示したが、ここで簡単に再整理してみよう。

- 1) GL 0 m ~ - 5 m に分布する粘土はかつて乾燥応力を受けた粘土であり、その強度は上部が高く、下部につれて減少しており、OCR は 2.3 ~ 9 の範囲にある。
- 2) GL - 5 m ~ - 6.5 m, - 12 m ~ - 13 m にはかつて気象変化に伴う海面低下時に生じたセメンテーション作用を受けたやや硬質な粘土層が分布しており、その OCR は 3.8 ~ 5.4 (GL - 5 m ~ - 6.5 m), 2.6 (GL - 12 m ~ - 13 m) の値を示す。
- 3) GL - 6.5 m 以深の粘土層は、上記のセメンテーションを受けた部分を除き 軽過圧密状態 (OCR = 1.3 ~ 1.8) にある。この部分の粘土が過圧密状態にある原因は、主として二次圧密によるものと推察される。

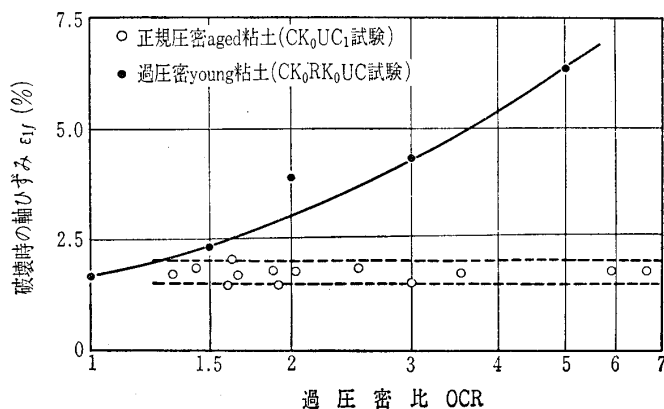
上記のように、Khor Al-Zubair 粘土は、典型的な正規圧密 aged 粘土に分類される粘土である。

以下本文の第3節，第4節では，この粘土について実施した一連の K_0 圧密三軸試験結果に基づき，正規圧密 aged 粘土の応力-ひずみ特性， K_0 値について過圧密 young 粘土のこれらの特性との比較を含めて報告する。

Khor Al-Zubair 粘土より採取した不かく乱試料について、下記の 2 種類の K_0 圧密三軸圧縮試験を実施した。

- 1) CK_0UC_1 試験：採取した不かく乱試料をその地中での応力で再圧密した後、圧縮試験に供する。本文のはじめに説明した修正 Bjerrum 法にのっとり試験で、この試験より得られる特性は、正規圧密 aged 粘土の特性を示すものである。
- 2) CK_0RK_0UC 試験：採取した不かく乱試料をその p_c よりも大きな圧力のもとで K_0 圧密し（この時点で $OCR=1.0$ ）、次いで K_0 状態を保ちながら任意の OCR のもとで膨張させた後、圧縮試験に供する。SHANS EP 法にのっとり試験で、この試験より得られる特性は、過圧密 young 粘土の特性を示すものである。

図一5は、上記の二つの圧縮試験より得られた破壊時の軸ひずみ(ϵ_{1f})を試料のOCR に対しプロットしたものである⁷⁾。なお、試験に供した試料のOCR は、下記の方法か



図—5 K_0 圧密三軸圧縮試験より得られた正規圧密 aged 粘土と過圧密 young 粘土の破壊時の軸ひずみと過圧密比の関係⁷⁾

ら求めたものである。

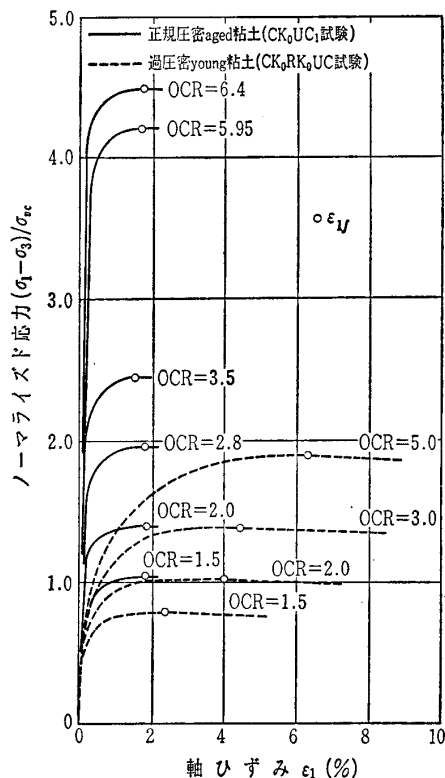
OCR= p_c/p_0 (圧密試験より)……CK₀UC₁ 試験について

= σ_{vc}/σ_{vr} ……CK₀RK₀UC 試験について

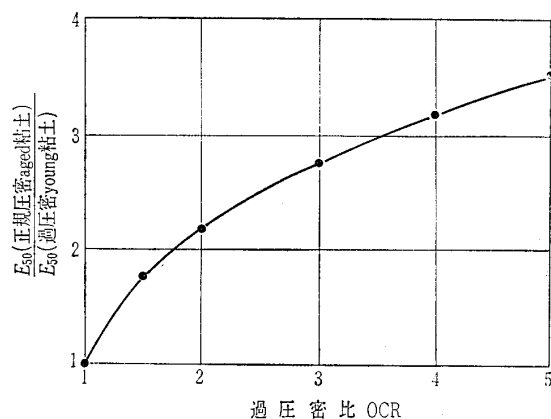
σ_{vc} : CK₀ 状態における鉛直圧密応力

σ_{vr} : RK₀ 状態における鉛直膨張応力

図—5 に示したように、過圧密 young 粘土の ϵ_{1f} 値は OCR とともに増加しており、このことは実験的にもよく知られた事実である^{10),13)}。一方、正規圧密 aged 粘土の ϵ_{1f} 値は、OCR の大小にかかわらず一定値を示している。正規圧密 aged 粘土と過圧密 young 粘土の S_{uf} には(5)式で示されるような違いがあり、図—5 に示す ϵ_{1f} の違いから、両者の応力-ひずみ曲線は大きく異なることが容易に推察



図—6 K_0 圧密三軸圧縮試験より得られた正規圧密 aged 粘土と過圧密 young 粘土の応力-ひずみ曲線の比較

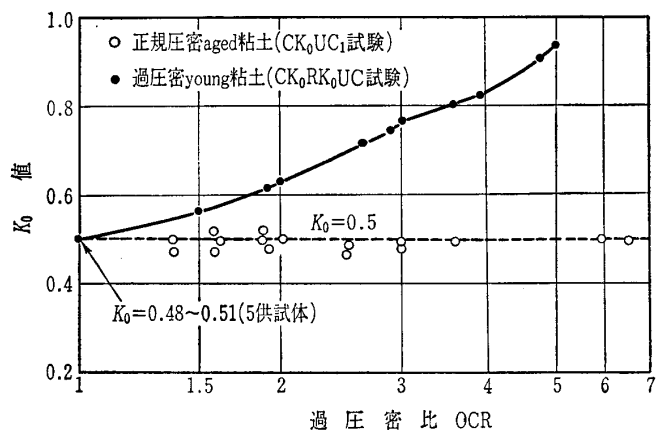


図—7 K_0 圧密三軸圧縮試験より得られた正規圧密 aged 粘土と過圧密 young 粘土の変形係数 (E_{50}) の比較

される。図—6 は、CK₀UC₁, CK₀RK₀UC 試験より得られた二つの粘土の代表的応力-ひずみ曲線をまとめたものであり、図—7 は二つの試験から得られた変形係数 (E_{50}) の比を OCR に対しプロットしたものである。筆者らは⁶⁾、「対象とする粘土のせん断特性を適切に把握するうえで最も大事なことは、まず地質史的観点よりその応力履歴を正しく把握し、aged 粘土であるか young 粘土であるかを決定することである」、ことを既に指摘した。図—5, 6, 7 に示した正規圧密 aged 粘土と過圧密 young 粘土の応力-ひずみ特性における大きな相違は、上記の指摘の重要性を示すものにほかならない。

4. 正規圧密 aged 粘土の K_0 値について

図—8 は、CK₀UC₁ および CK₀RK₀UC 試験より得られた Khor Al-Zubair 粘土の K_0 値を OCR に対しプロットしたものである⁷⁾。前節で述べたように、CK₀UC₁ 試験より得られる K_0 値は正規圧密 aged 粘土の K_0 値を、CK₀RK₀UC 試験の RK₀ 状態で得られる K_0 値は過圧密 young 粘土の K_0 値を示している。図に示すように、過圧密 young 粘土の K_0 値は OCR とともに増加しており、このことは実験的にもよく知られた事実である^{10),13),14)}。しかし、正規



図—8 三軸試験による K_0 圧密試験より得られた正規圧密 aged 粘土と過圧密 young 粘土の K_0 値と過圧密比の関係⁷⁾

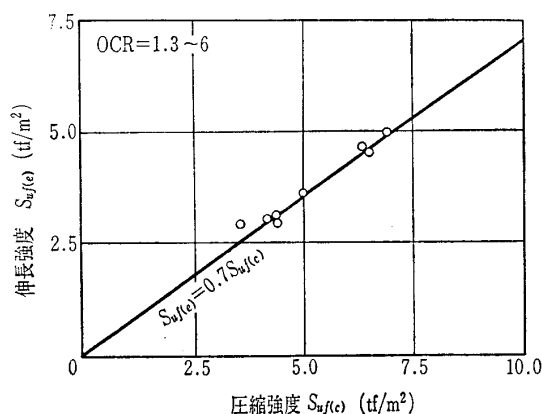


図-9 K_0 圧密三軸圧縮および伸長試験より得られた正規圧密 aged 粘土の原位置における圧縮強度と伸長強度の比較⁷⁾

圧密 aged 粘土の K_0 値は OCR の影響を受けずほぼ一定値を示し、かつ正規圧密 young 状態における K_0 値にほぼ等しい値を示している。

ところで、 K_0 値が OCR に関係なく一定値をとるとすれば、せん断中の主応力の回転に起因する強度の異方性 (stress induced anisotropy) も、OCR に関係なく一定値を示すと考えられる⁷⁾。図-9 は、修正 Bjerrum 法にのっとって実施した K_0 圧密三軸圧縮および伸長試験より得られた Khor Al-Zubair 粘土の原位置における圧縮強度 ($S_{uf(c)}$) と伸長強度 ($S_{uf(e)}$) の関係を示したものである⁷⁾。図に示すように、実験に用いた試料の OCR は 1.3~6 と大きく異なるにもかかわらず、 $S_{uf(e)} = 0.7 S_{uf(c)}$ なるユニークな関係が得られた。OCR 値に関係なく図-9 に示すようなユニークな関係が認められたことは、正規圧密 aged 粘土の K_0 値は OCR の影響を受けないことを示す有力な証左である。

一方、二次圧密の進行により、 K_0 値が顕著にふえる可能性を Lacerda (ラセダ)¹⁵⁾ が指摘している。以下この問題について簡単な考察を加えてみよう。この問題を検討するに際し、二次圧密の進行により、OCR がどの程度までに達するか、という検討が、実際的な方法として挙げられよう。Bjerrum²⁾ は、二次圧密の影響を OCR として評価し、沖積粘土層について図-10 に示すような関係を示している。二次圧密量は、粘土の層厚、堆積時期などにより変化するので、図に示すように単純に塑性指数 (I_p) と関係づけられるかどうか疑問が残る。また、Bjerrum の経験は主として低~中塑性粘土であり、図-10 に示す高塑性粘土の OCR と I_p の関係にはその信頼性に若干疑問がある。第7回ランキンレクチュアにおける Bjerrum のデーターを再チェックしてみると、 $I_p = 10 \sim 40\%$ の粘土に対し、OCR = 1.25 ~ 1.5 なる値が得られる。半沢は、アラビア湾および東京湾に分布する中塑性 ($I_p = 30\%$) ~ 高塑性 ($I_p = 40 \sim 60\%$) 海成粘土について二次圧密によりもたらされた OCR を推定し、OCR = 1.3 なる値を報告している^{3), 7)}。Choa (チョ

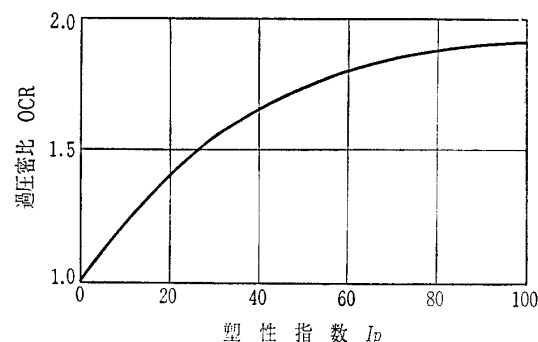


図-10 二次圧密作用による過圧密比と塑性指数の関係²⁾

ア) ほか¹⁷⁾は、シンガポール海成粘土の OCR は深度に関係なくほぼ一定値を示し、OCR = 1.2 なる値を報告している。更に、実際の地盤では二次圧密と同時にセメンテーションに代表される化学的結合作用が進行する場合があるが、この作用により形成された構造は、二次圧密の進行を妨げる作用をするだろう。

以上の考察より、沖積粘土層に関する限り、二次圧密の影響を OCR として評価すると、OCR = 1.5 程度が最大値と考えてよいだろう。もし仮に、二次圧密による K_0 値への影響が図-8 に示す過圧密 young 粘土と同程度であるとした場合、OCR = 1.5 に対応する K_0 値は 0.56 (増加量 0.06) となる。 K_0 値におけるこの程度の変化が、粘土のせん断強度、変形特性に実用上大きな影響を与えるとは考えられない。

5. 結 論

年代効果を受けた粘土、特に沖積層として最も普遍的な正規圧密 aged 粘土の特性について検討を加えた。その結果、下記のような重要な結論が得られた。

- (1) 年代効果を受けた粘土の状態は、通常用いられている $e-p$ 関係では適切に評価することができない。しかし、正規圧密 aged 粘土については S_u-p 関係を用いることにより、より適切にその状態を把握することができる。
- (2) 正規圧密 aged 粘土の S_{uf}/p_0 値は、年代効果の種類、大きさに関係なく、同一粘土については一定値を示す。この値は、正規圧密 young 粘土の強度増加率を示すものである。
- (3) したがって正規圧密 aged 粘土の S_{uf} 、OCR は次式によって求めることができる。

$$S_{uf} = S_{un}/p \times OCR \times p_0$$

$$OCR = S_{uf}/S_{un}$$

- (4) 正規圧密 aged 粘土は年代効果により形成された強度を有するため過圧密状態にあるが、その応力-ひずみ特性、 K_0 値などは、同じく過圧密状態にある過圧密 young 粘土の特性と下記のように全く異なるものである。

No. 1338

- i) 過圧密 young 粘土の強度試験における破壊ひずみは OCR とともに増加するが、正規圧密 aged 粘土の破壊ひずみは OCR の大小にかかわらずほぼ一定値をとる。その結果、両者の応力-ひずみ曲線、変形係数には大きな違いが認められる。
- ii) 過圧密 young 粘土の K_0 値は OCR とともに増加するのに対し、正規圧密 aged 粘土の K_0 値は OCR の大小にかかわらずほぼ一定値を示し、かつ正規圧密 young 状態における K_0 値にほぼ等しい。

参 考 文 献

- 1) Bjerrum, L.: Engineering Geology of Norwegian Normally Consolidated Marine Clay as Related to Settlements of Buildings, 7th Rankine Lecture, Geotechnique, Vol. 17, pp. 83-118, 1967.
- 2) Bjerrum, L.: Problems of Soil Mechanics and Construction of Soft Clays and Constructually Unstable Soils (Collapsible, Expansive and Others), General Report, 8th ICSMFE, Vol. 3, pp. 111-159, 1973.
- 3) Hanzawa, H.: Undrained Strength Characteristics of an Alluvial Marine Clay in Tokyo Bay, Soils and Foundations, Vol. 19, No. 4, pp. 69-84, 1979.
- 4) Hanzawa, H. et al.: Stability Analysis and Field Behaviour of Earth Fills on an Alluvial Marine Clay, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 4, pp. 35-52, 1980.
- 5) 半沢秀郎: 安定解析結果の信頼性について、土質工学における確率・統計の応用に関するシンポジウム, 1982.
- 6) Hanzawa, H. and Kishida, T.: Determination of In-situ Undrained Strength of Soft Clay Deposits, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 2, pp. 1-15, 1982.
- 7) Hanzawa, H. and Kishida, T.: Fundamental Considerations on Undrained Strength Characteristics of Alluvial Marine Clays, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 1, pp. 39-50, 1981.
- 8) Taylor, D.W.: Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley, New York, 1948.
- 9) Mesri, G.: Discussion on New Design Procedure for Stability of Soft Clays, ASCE, 101, No. GT 4, pp. 409-412, 1975.
- 10) Ladd, C.C. and Foott, R.: New Design Procedure for Stability of Soft Clay, ASCE, Vol. 100, No. GT 7, pp. 763-786, 1974.
- 11) Hvorslev, M.J.: Physical Components of the Shear Strength of Saturated Clays, Proc., Conf. on Shear Strength of Cohesive Soils, pp. 169-273, 1960.
- 12) Henkel, D.J.: The Shear Strength of Saturated Remoulded Clay, Proc., Conf. on Shear Strength of Cohesive Soils, pp. 533-554, 1960.
- 13) 中瀬明男ほか: 膨張による粘土の強度変化について、港湾技術研究所報告, No. 4, pp. 2-1~23, 1971.
- 14) Brooker, E.W. and Ireland, H.O.: Earth Pressure at Rest related to Stress History, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 2, No. 1, pp. 1-15, 1965.
- 15) Lacerda, W.A.: Discussion on Main Session 1, 9th ICSMFE, Vol. 3, pp. 347-348, 1977.
- 16) Choa, V. et al.: Consolidation of Changi Marine Clay of Singapore using Flexible Drains, Proc., 7th European Conf. on SMFE, Vol. 3, pp. 29-36, 1979.

(原稿受理 1982.3.5)

土 質 工 学 会 図 書 案 内 (英文)

ENGINEERING PROBLEMS OF ORGANIC SOILS IN JAPAN

A 4 判 100ページ 会員特価 1,500円・定価 2,000円・送料 350円

PRESENT STATE AND FUTURE TREND OF PENETRATION TESTING IN JAPAN

レター判 36ページ 会員特価 1,000円・定価 1,300円・送料 300円

ROCK MECHANICS IN JAPAN VOLUME 2

A 4 判 225ページ 定価 1,500円・送料 350円

第 9 回国際土質基礎工学会議 プロシーディングス I. II. III

PROCEEDINGS OF THE NINTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING

レター判 Vol. 1: 801ページ, Vol. 2: 652ページ, Vol. 3: 583ページ 定価 50,000円(送料込)

SPECIALTY SESSION プロシーディングス

Specialty Session 2

SOIL SAMPLING(PAPERS) レター判 布クロス上製本 150ページ 定価 3,000円(送料込)

SOIL SAMPLING(DISCUSSIONS) レター判 布クロス製本 55ページ 定価 4,000円(送料込)

Specialty Session 9

CONSTITUTIVE EQUATIONS OF SOILS レター判 310ページ 定価 4,000円(送料込)

国際ソイルサンプリングシンポジウム プロシーディングス

STATE OF THE ART ON CURRENT PRACTICE OF SOIL SAMPLING-1979

レター判 布クロス上製本 220ページ 定価 5,000円(送料込)

申込先 社団法人 土 質 工 学 会

東京都千代田区神田淡路町 2 丁目 23 番地 菅山ビル 〒101 電話 03-251-7661(代) 郵便振替 東京 4-40786