

III-58 過圧密粘土の先行荷重について

神戸大学工学部 正員 〇軽部大蔵

大隅常之

この報告は、粘性土のセン断過程が圧密履歴にどのように影響されるかを調べる一連の研究¹⁾の一部である。今回は、乱さないちゅう積層粘土を用いて 1) 室内試験によって与えた圧密履歴が、それに続くセン断過程におよぼす影響および 2) 自然地盤内での圧密と室内試験による圧密の差異を一面セン断試験によって調べた。

試料 大阪大正港の地表面下17~18mから薄肉サンプラーで採取したもので、土質試験の結果は表-1に示すようである。試料ⅠとⅡは同一とみなして以下の試験に使用した。

試料	Ⅰ	Ⅱ
Gs	2.65	2.65
w %	53	58
w _L %	75	79
w _p %	24	32
粘土分 %	46	48
γ_u kg/cm ³	0.8	0.9
P_0 kg/cm ²	1.6	1.7

試験機 在来型一面セン断試験機を用いたが、垂直荷重載荷板や上部ポーラスストーンがセン断箱と摩擦をおこさないように、載荷板とポーラスストーンを一体化し、また載荷板のカイトを確実にした。但試体の寸法は直径6cm厚さ1.2cmである。セン断は等体積状態で、セン断変位の速さは毎分0.7mmとした。

圧密等体積試験 試料土の強度定数を求めるために行った。図-1のアロットは、セン断に先立つ圧密中の、応力と圧縮量の関係を示している。圧密応力は一度に所定の値を載荷せず、まず0.2 kg/cm²のもとでポーラスストーンと試料の表面を密着させ、その後、荷重増加率を4以下におさえて所定の応力に達するまで段階的に載荷した。一次圧密は約6分で終ることにあらかじめわかっていたので、圧密時間は中間の荷重段階で15分(このときの沈下量は図中のⅠの範囲で示されている)、最終段階で1時間とした。

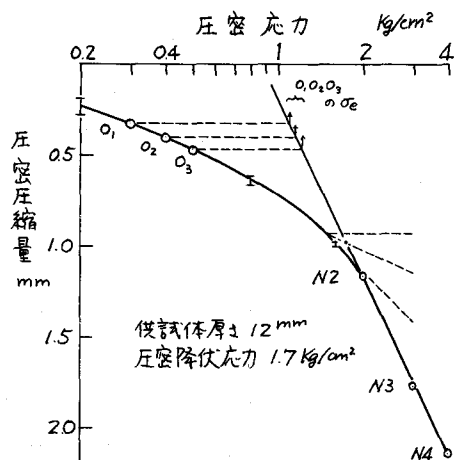


図-1 圧密曲線および供試体名

図-2は、等体積セン断中のセン断面上の応力経路を示している。最大セン断応力は、セン断変位 $\Delta h = 2.0 \sim 2.8$ mmの間にあらわれた。このときの応力による強度定数は、 $\phi' = 26^\circ$, $c' = 0.14$ kg/cm²であり、セン断変位7mmにおける強度定数

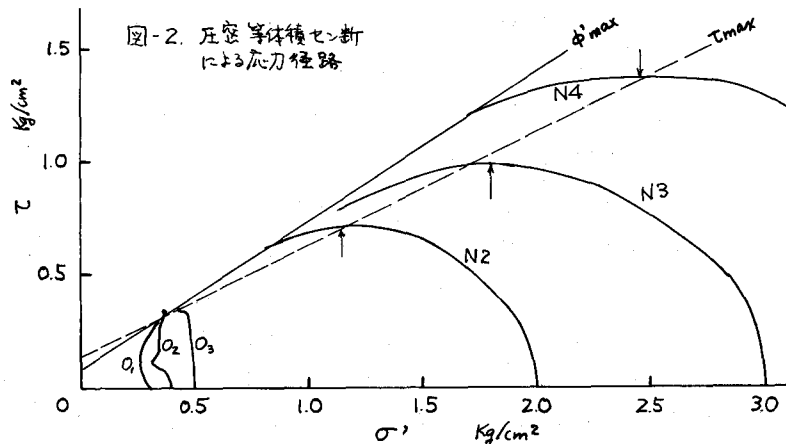


図-2 圧密等体積セン断による応力経路

は、 $\phi' = 32^\circ$, $c' = 0.08 \text{ kg/cm}^2$ である。な

お全応力表示の強度定数（正規部分）

は $\phi_{cu} = 19^\circ$, $c_{cu} = 0.04 \text{ kg/cm}^2$ である。

室内試験で与えた圧密履歴がセメント 過程に及ぼす影響について

セメント開始時の固けき比は同一であるが、圧密履歴がそれぞれことなっている。一連の圧密試験の等体積セメントを行なった。図-3および表-2に各試験体の圧密履歴を示す。

図4は、セメント中の応力の推移を示している。これらの図から1) 正規圧密試験体(N3)の応力は、セメント変化が大きくなって、過圧密試験体の応力よりかなり大きい。(これはセメント後も構造が同一とならないことを示しているのであらう) 2) 同一の最大圧密圧力を受けた試験体(B'およびC)はセメント開始時のσからな

っているにもかかわらず、セメント変化の増加とともに同一のσに近づく。3) セメント開始時のσが同じ試験体(B, B')(C, C')を比べると、セメントの終局には再圧密試験料(B'C')の応力が小さくなっている。図-4をセメント面上の応力経路に整理すると図-5が得られる。経路上のプロットは、出発点から順にセメント変化0.05, 1.2, 2, 7 mmにおける応力を示している。

変化2 mmにおいてセメント力は最大となっているので、このプロットを結ぶ線(図中の実線)はHvorslevの破壊包絡線と一致するはずである。したがって図-5から4) Hvorslevの破壊包絡線は圧密履歴に影響される。すなわち、再圧密試験体の包絡線は単に「最大圧密応力→除荷」という履歴を持つ試験体のそれより外側にあらわれることがわかる。また5) 再圧密試験体はセメント中に膨張する動きを示さないこともわかる。

自然地盤内の圧密と室内試験による圧密の差異について

自然界で堆積した地盤は、長年月の間に土粒子にセメント物質が沈着して、見かけの先行荷重を持つようになるといわれている。図-6は、このような地盤から乱さない試料を採取し、それを室内で圧密試験した場合の想像図である。図中の直線a-aは、セメント作用が存在しないとすの正規圧密曲線

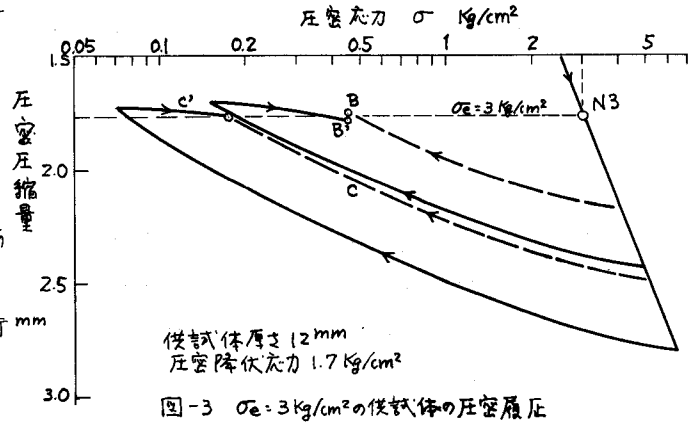


図-3 $\sigma_c = 3 \text{ kg/cm}^2$ の供試体の圧密履歴

表-2 供試体の圧密履歴

供試体	最大 圧密応力 kg/cm²	膨浦圧力 kg/cm²	セメント 開始時 σ kg/cm²	過圧密比	最終 圧縮量 mm
N3	3	—	3	1	1.76
B	4	—	0.45	8.9	1.75
B'	4.8	0.15	0.45	10.7	1.78
C	4.8	—	0.175	27.5	1.76
C'	6.4	0.07	0.175	36.6	1.77

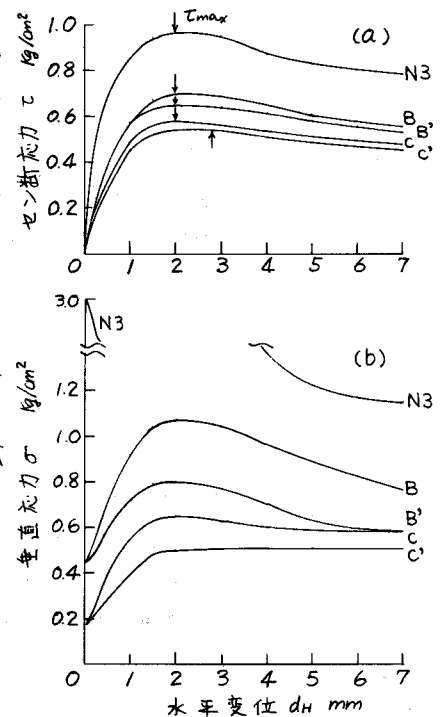


図-4 $\sigma_c = 3 \text{ kg/cm}^2$ における
応力～変位関係

であり、 α - α 上の点Iは、地盤内の一稜の土塊が、セメント作用を受けずに圧密平衡状態に達したときの間ギキ比を示している。土塊がこの間ギキ比のまま、強 Δ のセメント作用を受けるとするとその後の土塊の挙動は、あたかも点Iの先行荷重を受けたものようになるであろう。土塊が乱な状態では取り除かれ、側方拘束状態で圧密試験されると、土塊内の有効応力は矢印のように変化し、圧密応力がI'の応力を越えたと

土粒子間にすべりが起るのでセメント作用は消失し、圧密曲線はやがて直線 α - α に一致するであろう。以上のような圧密履歴を受ける土塊の土粒子の配列を考えれば、I, I' IIおよびIVは正規圧密状態であるので基本的に同じ配列であろう。またIIとIVはともに過圧密状態の再圧密過程であるのでセメント作用を除けば、同じ配列であろう。

さて、状態II, IVは、同一間ギキ比であるので、それを等体積セリ断すると、一定間ギキ比面内で等セリ断変化線が得られる。この等セリ断変化線のこう配を $\tan \phi_m$ 、 τ 軸の切片を C_m であらわせば、これはセリ断の進行とともに図8.9のように推移

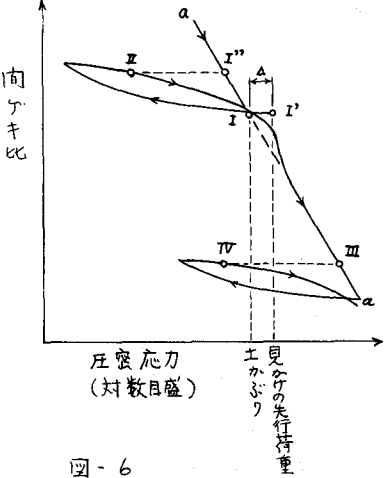


図-6

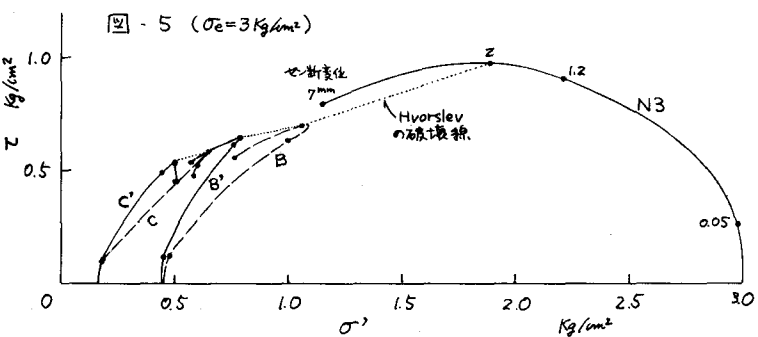


図-5 ($\sigma_e = 3 \text{ kg/cm}^2$)

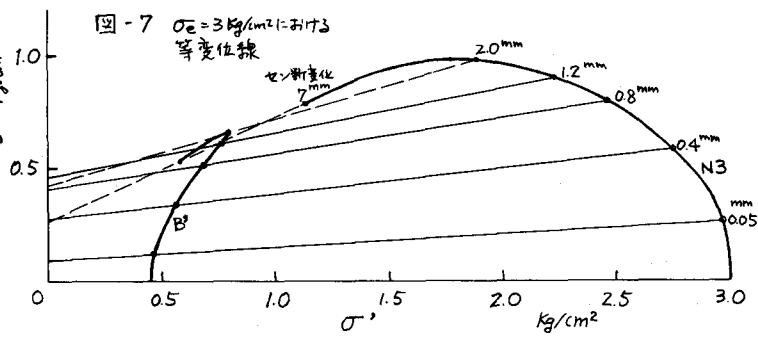


図-7 $\sigma_e = 3 \text{ kg/cm}^2$ における等変位線

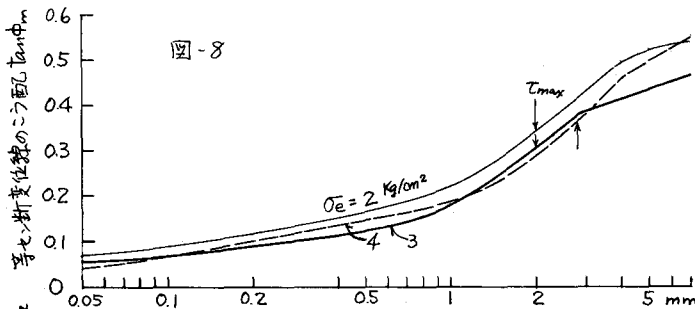


図-8

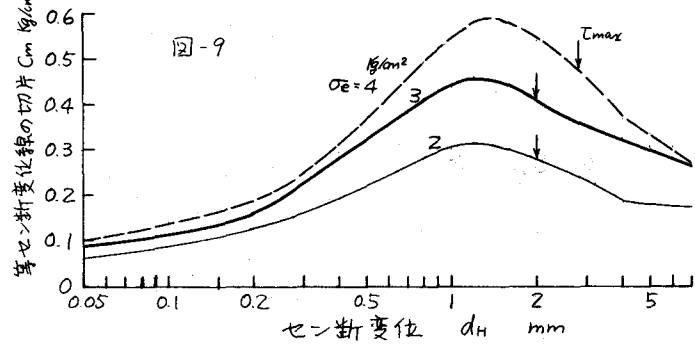


図-9

ある。これらの図において、 σ_e とは、図-6の状態Ⅲにおける圧密圧力を示している。図-8によれば、 $\tan \phi_m$ は σ_e には無関係のようである。しかし、図-9から明らかなように C_m は σ_e に影響される。

Hvorslevは、有効粘着力 $C_e (= C_m \text{ at failure})$ を $C_e = \alpha \sigma_e + \beta$; (α, β は定数) の形で与えている。そこで $C_m = \alpha' (\sigma_e + \beta')$; (α' はせん断変位の関数, β は定数) とおき、 $\beta' = 0.4 \text{ kg/cm}^2$ と仮定して、せん断変位と $\alpha' = C_m / (\sigma_e + \beta')$ の関係を求めてみると、図-10のような α' はせん断変位だけの関数となることがわかる。

ところで、図-8の $\tan \phi_m$ とせん断変位の関係は、セメント作用が消失したと思われる圧密圧力(図-6のⅢとⅣの粗合わせ)のえとで求め

られたものであるが、もともと ϕ_m は有効内部摩擦角 ϕ_e の拡張されたものであるからセメント作用の影響を受けず、したがって見かけの先行荷重以下の圧密圧力を受けていて、セメント作用が存在している状態(Ⅱに相当)の供試体にも適用できるはずである。図-11は、以上の考察にもとづいて、図-1および図-2の過圧密供試体 O_1, O_2, O_3 の試験結果から C_m を逆算した結果を示している。計算の手順はまず図-8の $\tan \phi_m$ がすべての σ_e について同一であると考えて、 ϕ_m の平均値を求め、次に、 O_1, O_2, O_3 の応力経路上に「平均 $\tan \phi_m$ 」のこの配をもつ線群を引いて軸との交点を求めると、これが C_m と等しいわけである。図-11のたて軸 $C_m / (\sigma_e + 0.4)$ の

計算に必要な σ_e は図-1のようにして求めた。図-11の2本の曲線は図-10の3本の曲線の存在範囲を示している。 O_2, O_3 のプロットは T_{max} に至るまではほとんど図-10の曲線範囲より上オにあり、セメント作用の存在をうかがわせる。図-12は、せん断変位1.2mm(このとき C_m は最大)における C_m と σ_e の関係を示している。 O_2, O_3 の C_m は、圧密降伏応力以上の応力を受けた供試体から計算した $C_m \sim \sigma_e$ 関係より大きいことがわかる。

(参考文献) 1) 軽部「有効応力からみた粘性土のフリー現象」京大防災研年報11号、543、ほか

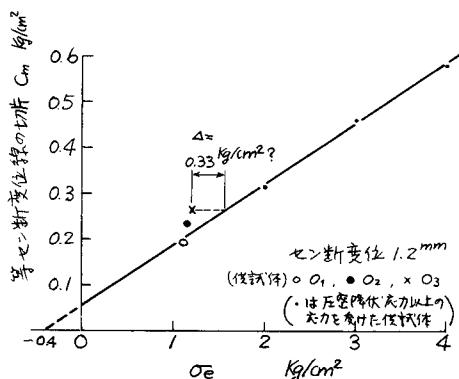
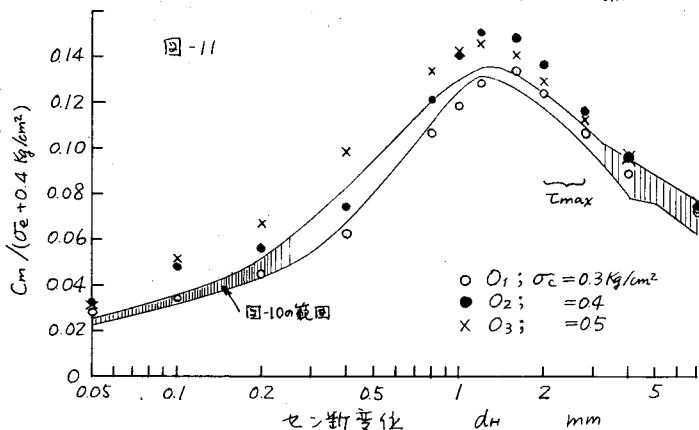
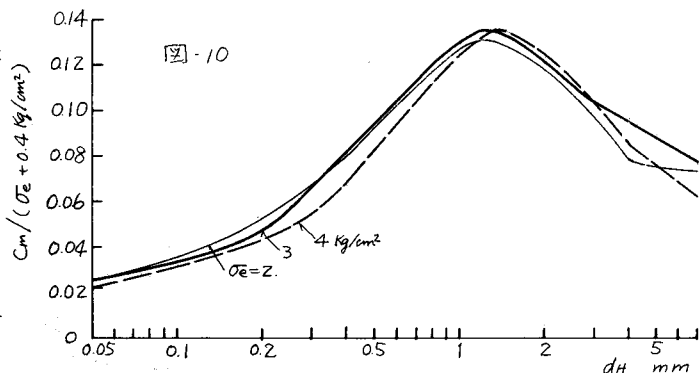


図-12 乱さな試験料のセメント作用