

静荷重による粘土層の沈下に関する一実験

最 上 幸 夫

I. まえがき

粘土層に静荷重が作用した場合の沈下については、すでに各種の研究や実験が行われており、理論的にも Terzaghi の圧密理論が発表され、さらに2次圧密を考慮した解析も行われているが、これらはいずれも粘土層が水で飽和された場合であつて脱水作用が沈下現象の主因をなしていると考えられる。ここに述べる実験は従来の圧密理論が適用されないような範囲すなわち粘土粒子が水で飽和されたと考えられないような含水量のきわめて低い粘土層に関して静荷重による沈下現象を取扱つた。したがつてこの場合の粘土層の特性はむしろ一般の自然土や乾燥した砂質土ないし砂利層といった基礎に近い性質を示し、圧密沈下のように著しいクリープ現象は認められない程度である。一口に粘土層基礎といつてもその含水量の多少によつて基礎としての特性が甚だしく変化することは注目すべきことである。静荷重試験と並行して動荷重試験も行う予定であるが、本文においてはすでに行つた静荷重試験の一部について述べる。

II. 実験要領

本実験においては採集した粘土試料を砕いて粉末状とし、一週間程度自然乾燥状態とし、この試料をコンクリート床面上に敷き、表面積、高さを種々変化せしめ、四周の斜面は試料の安息角による自然勾配とした。実験に用いた粘土層は第1表のとおりである。

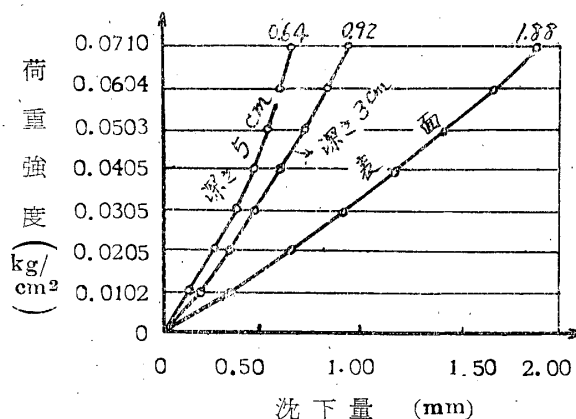
第1表 粘土層形状寸法

表面寸法	高さ	安息角
35 × 35 cm	5 cm	37° ~ 40°
〃	10	36 ~ 38
〃	15	35 ~ 37
45 × 45 cm	5 cm	37 ~ 40
〃	10	36 ~ 38
〃	15	35 ~ 37
50 × 50 cm	5 cm	37 ~ 40
〃	10	36 ~ 38
〃	15	35 ~ 37

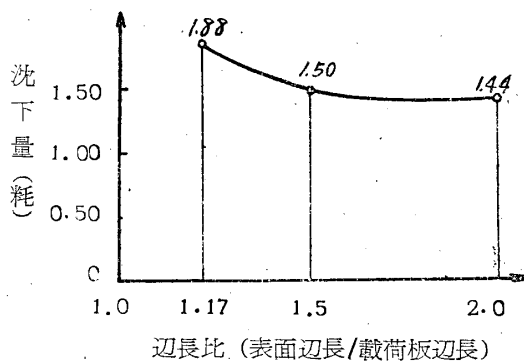
これらの基礎上に静荷重としてモルタルブロック (30cm × 30cm × 5 cm, 重量9 kg 前後のもの) を載荷し、載荷後沈下が進行して若干時間 (3分間程度) 経過して沈下がほぼ一定状態に達したとき、その沈下量を光学的挺子によつて測定し、つぎのブロックを載荷して同様の要領で沈下を測定した。時間経過中における沈下の進行状態は一部測定を行つたが、測定装置が不十分なため正確な結果はえられなかつた。なお同一状態の実験は4~5回程度繰り返し、一応その平均値によつて結果を代表せしめた。

III. 実験結果

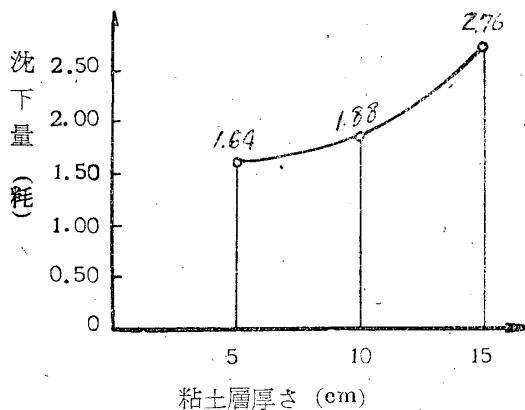
上述の要領によつてえた実験結果の一例を示す。(第1図~第3図)



第1図 荷重強度一沈下曲線
粘土層 35cm × 35cm × 10cm

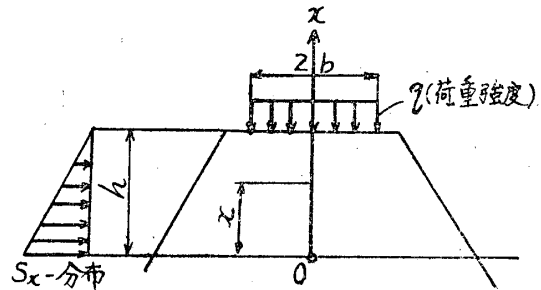


第2図 表面寸法と沈下との関係
粘土層厚さ 10cmの場合



第3図 粘土層厚さと沈下との関係
表面寸法 35cm × 35cm
荷重強度 0.071kg/cm²

$$w_x = \int_0^x \int_0^t \beta_x e^{-\nu x(t-\tau)} \{ \sigma_x(\tau) - S_x(\tau) \} d\tau dx \quad (3)$$



第4図 粘土層載荷状態

III. 実験に対する一考察とその適用

本実験に用いた粘土層基礎においては、沈下現象は間隙率の減少によつて生ずるとする圧密理論は適用されないと考えられ、このときの沈下現象は主として粘土粒子間の空隙率の減少ならびに粒子相互間に作用する摩擦応力の変化によるものと解するのが妥当と思われる。しかしこの場合の厳密解をうることは現在の土質工学発展の過程においては不可能といえる。したがつてここに取り扱つた方法も近似解であることはいふまでもない。いま粘土層基礎を一つの工學材料とみなすとき、その示す性質は弾、粘、塑性の領域におよぶ複雑なものであるが、簡単のためにその力學的性質を Bingham Solid のモデル⁽¹⁾によつて表わされるものと仮定する。しかれば粘土層内任意の一点における応力一歪の関係は2次的に次式で表わされる。

$$\epsilon_x(t) = \beta_x \int_0^t e^{-\nu_x(t-\tau)} \{ \sigma_x(\tau) - S_x(\tau) \} d\tau \quad (1)$$

ただし、 $\beta_x = 1/\eta_x$, $\nu_x = K_x/\eta_x$ (2)

ここに、 $\epsilon_x(t)$ = 任意点、任意時間における歪
 $\sigma_x(t)$ = 同上応力、 $S_x(\tau)$ = 同上摩擦応力、 η_x = 任意点における粘性係数、 K_x = 任意点におけるバネ常数。

いま粘土層の載荷状態は第4図を参照して、

$\epsilon_x(t) = 0$ となる点の深さを h とし、この点に座標の原点を採り、上方に x 軸を採れば、任意の点 x における変位 w_x は、

静荷重のときは $S_x(\tau)$ は近似的に時間に無関係な一定値とみなしうる。いま時間に無関係な一定荷重が載荷された場合は $\sigma_x(\tau) = \sigma_x$ となり、

$$w_x = \int_0^x \beta_x (\sigma_x - S_x) (1 - e^{-\nu x t}) dx \quad (4)$$

となる。式(1)において $\epsilon_{x=0}(t) = 0$ となる条件から $\sigma_{x=0} = S_{x=0}$ が成立する。ここで σ_x は近似的に基礎を弾性体とみなした場合の応力値を用いれば、(塑性変形は応力値に無関係なものと仮定すれば、このような取扱いが可能である。) $\sigma_x = \sigma_{ex}$ となる。ただし σ_{ex} = 弾性体としての x に生ずる応力。なお任意点について考察することはきわめて煩雑であるから、応力、変位の最も大きい載荷板重心鉛直軸上における応力一歪の関係のみを取扱うことにする。

本実験においては、載荷板は剛性板とみなしうるから、上述の立場から近似的に、

$$S_{x=0} = \sigma_{x=0} = \frac{qb^2}{2(b^2+h^2)} \left(3 - \frac{2b^2}{b^2+h^2} \right) \quad (5)$$

また粘土層表面は最初なら突き固めを行わない状態で実験を行つたので、表面では近似的に $S_h = 0$ と考えられ、摩擦応力の分布は第4図のように三角形分布と仮定しうる。もちろん厳密には台形に近い curve をなすものと思われるが土質工学の現段階では不明であるから一応最も簡単な三角形分布を仮定した。

したがつて

$$S_x = \sigma_{x=0} \frac{h-x}{h} \quad (6)$$

つぎに鉛直軸上に任意点における σ_x は

$$\sigma_x = \frac{qb^2}{2\{b^2+(h-x)^2\}} \left\{ 3 - \frac{2b^2}{b^2+(h-x)^2} \right\} \quad (7)$$

式(6), (7)を(4)に代入すれば,

$$w_x = \frac{qb^2}{z} \int_0^x F(x) \beta_x (1 - e^{-v_x t}) dx \quad (8)$$

ここに

$$F(x) = \frac{1}{\{b^2 + (h-x)^2\}} \left\{ 3 - \frac{2b^2}{b^2(h-x)^2} \right\} - \frac{1}{(b^2 + h^2)} \left(3 - \frac{2b^2}{b^2 + h^2} \right) \frac{h-x}{h} \quad (9)$$

式(8)の関係から粘土層基礎の示す特性函数 β_x の分布は次式により求められる。

$$\beta_x = \frac{2}{qb} \frac{1}{F(x)} \frac{d(w_x)t=\infty}{dx} \quad (10)$$

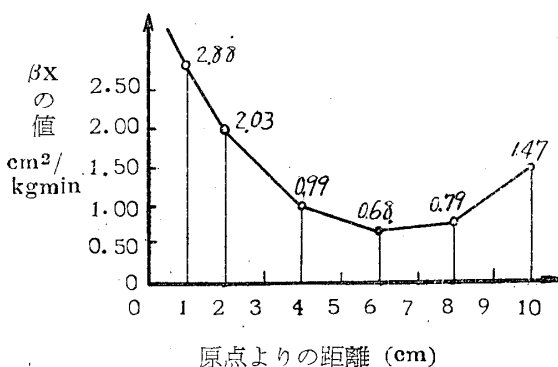
また K_x の分布を近似的に表面において K_0 (この値は実験的に求めることができる。) とした台形分布と仮定すれば⁽²⁾, λ を常数として

$$K_x = K_0 \{1 + \lambda(h-x)\} \quad (11)$$

式(11)を式(8)に代入すれば,

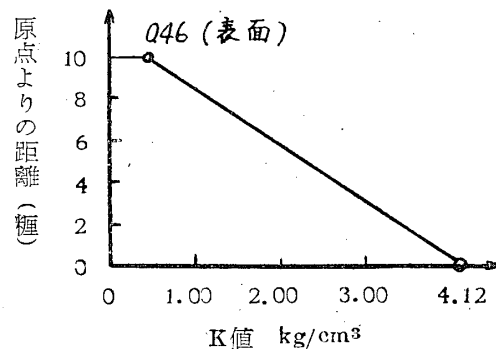
$$w_x(t) = \frac{qb^2}{2} \int_0^x F(x) \beta(x) \left[1 - e^{-K_0 \{1 + \lambda(h-x)\} \beta_x t} \right] dx \quad (12)$$

種々の深さにつき $w_x(t)$ の値を実験的に測定すれば, 式(12)を用いて K_0, λ の値が求められ K_x の分布状態がわかる。本実験で第2図の場合について β_x, K_x を上式の関係から求めた結果を図示すれば, 第5図, 第6図となる。



第5図 β_x 一分布

粘土層 35cm × 35cm × 10cm



第6図 K値一分布

粘土層 35cm × 35cm × 10cm

V. むすび

本実験に用いた粘土試料のごとき基礎では, いわゆる Hereditary 特性を有する材料とみなすことができ, 一般に応力-歪の関係は式(1)によつて表わせば, 沈下(弾性沈下を含む。)の現象が比較的都合よく説明することができる。また適当に内部摩擦応力分布の形, 地盤係数分布の形を仮定すれば, 上述の諸式と一部の実験結果を用いてこれらの値を求めることができる。現在のところ実験設備の関係から直接これらの値を実験的に把握しうる方法がないので, 上述の解析法の妥当性を確認しうるまでには至らなかつたが, 今後さらに検討を進めたいと思う。さらに動荷重による沈下ならびに圧密理論を考慮する場合の動的沈下などについても研究を行う予定である。なお本実験の測定については学生堀山明, 長尾昭治両君の助力をえた, ここに附記して謝意を表する。

参考文献

- (1) 榎木義一, 得丸英勝 “Hereditary 特性を有する非弾性体の動力的挙動に対するモデル的考察” 材料試験 [第2巻 第5号 P33.]
- (2) K_x 分布の横方向について求めた例は 後藤尚男 “橋脚地盤の基礎係数値分布に関する実験的研究” 土木学会誌 [39巻 6号。] では三角形分布となつてゐるが, 縦方向については現在ところ正確な測定法がない。