

漸増荷重による圧密沈下について

大原 資生*・田中 実**・永田 洋文*

On Consolidation due to Gradual Increased Loading

Sukeo ŌHARA, Minoru TANAKA and Hirofumi NAGATA

Abstract

In general consolidation test, the application of load is instantaneous. But in the construction, the application of load requires a considerable time.

The settlement analysis in such case is carried out by Gilboy's approximate method, generally.

Lately, the consolidation tests due to gradual increased loading are carried out in our laboratory.

The water is used for load and the loading period is depended upon the water volume flowed in the lower tank, during a unit time, as shown in Fig. 2

In present tests, the loading period (T) are set at T=5 min. and T=30 min., and clay preconsolidated in the cell as shown in Fig. 1 is used in these tests.

These experimental results are compared with the settlements obtained by Gilboy's method and Terzaghi's theoretical solution.

It is seen that our experimental results are more equal to Terzaghi's theoretical solution than Gilboy's approximate method.

1. 緒 言

軟弱粘土層の圧密沈下の状況を知るための圧密試験は JIS 1217 に規定されているように、瞬間的な荷重を段階的に増して載荷する方法が用いられる。しかし、実際の工事などにおいては瞬間な載荷でなく、荷重が連続的に漸増するのが実状である。そこで、この漸増載荷方法による圧密試験結果を、瞬間的な載荷による沈下曲線をもとにして漸増荷重の場合の沈下曲線を求める方法として、現在、多く用いられている Gilboy の図解法と Terzaghi の漸増荷重による圧密の理論式の計算値と比較、検討することをこころみたものである。

2. 試料および実験方法

この実験に用いる試料としてはできるだけ均質なものであることが必要であるので、実験室においてつぎのようにして作ったものを用いた。宇部港付近の沖積

粘土層の深さ10mの所より採取した暗青色で少量の貝殻を含む粘土を気乾燥し、乳鉢でほぐし、フルイにより貝殻などを除去する。さらにこれを数日間浸水した後、攪拌機を用い液状とする。これを Fig. 1 に示す試料作成装置のゴムスリーブ内に気泡を残さないように入れ、24時間以上(2~3日)放置する。上澄液を除去した後、上蓋をかぶせ、これに Fig. 1 に示す水圧塔を連結し、ゴムスリーブを介して一定の水圧を加え10日間放置する。その結果、水圧によって先行圧密された粘土試料が作られる。

以上のようにして作られた粘土試料から、同時に2個の圧密試料を成形し、一つで瞬間載荷、もう一つで漸増載荷の圧密試験を行なったが、瞬間載荷の場合は JIS 1217 の規定通りである。また、漸増載荷を行なう方法はつぎのとおりである。

Fig. 2 に示すように、圧密試験機のレバーに容量 18l の容器を下げる。この容器の中に上部におかれている溢流タンクの水をホースによって規定された一定量の水を流し込む。

* 土木工学教室

** 萩工業高校土木科

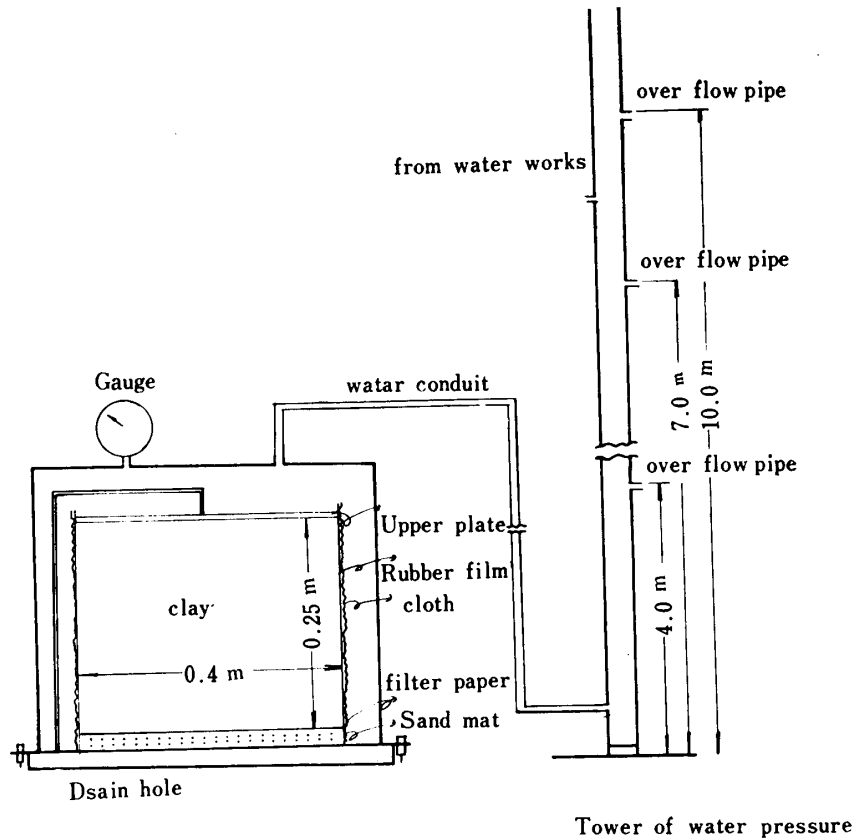


Fig. 1 Apparatus for Preconsolidation.

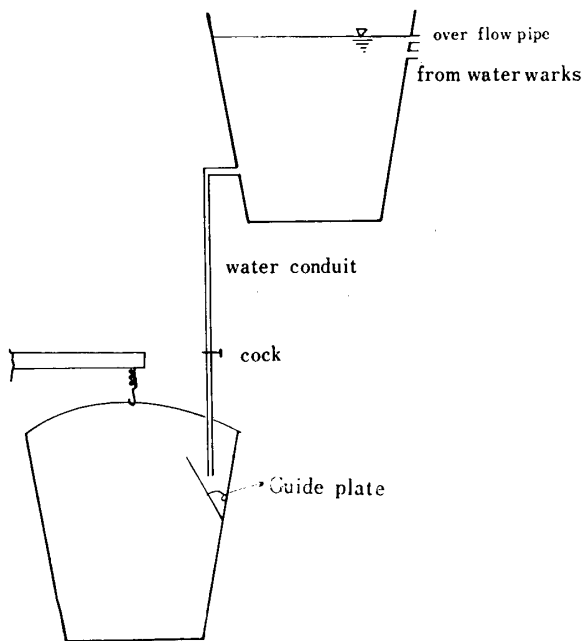


Fig. 2 Tank

その場合、コックを加減して単位時間当りの流量を一定にする。このようにして、漸増時間および全載荷重を適当に変えて実験を行なった。

瞬間載荷による試験結果より、この試料の C_v を求め \sqrt{t} 法によって圧密度 90% のときの洗下量を求めて、これより圧密度一時間曲線を求める。この圧密度一時間曲線から Gilboy の近似法による漸増荷重における圧密度一時間曲線を作図する。

また、Terzaghi の漸増荷重の場合の圧密理論式を数値計算して、実験の場合に相当する圧密度一時間曲線を求め、それらと漸増載荷による実験結果を比較した。

漸増載荷による実験結果を圧密度一時間曲線で示す際には載荷重の漸増が終了した時刻から瞬間荷重の \sqrt{t} 法で求められた圧密度 90% となる時刻 t_{90} と同じ時間だけ経過した時刻を漸増載荷の際の t_{90} と考えた。

この考え方については問題があるが、今回は一応このようにした。

今回の実験においては漸増時間は 30 分、5 分とし、各々 5 個の試料により実験した。

3. Terzaghi の漸増荷重による圧密理論式

粘土層が一様増加の分布荷重をうける場合の圧密度と時間の関係はつぎのようになる。

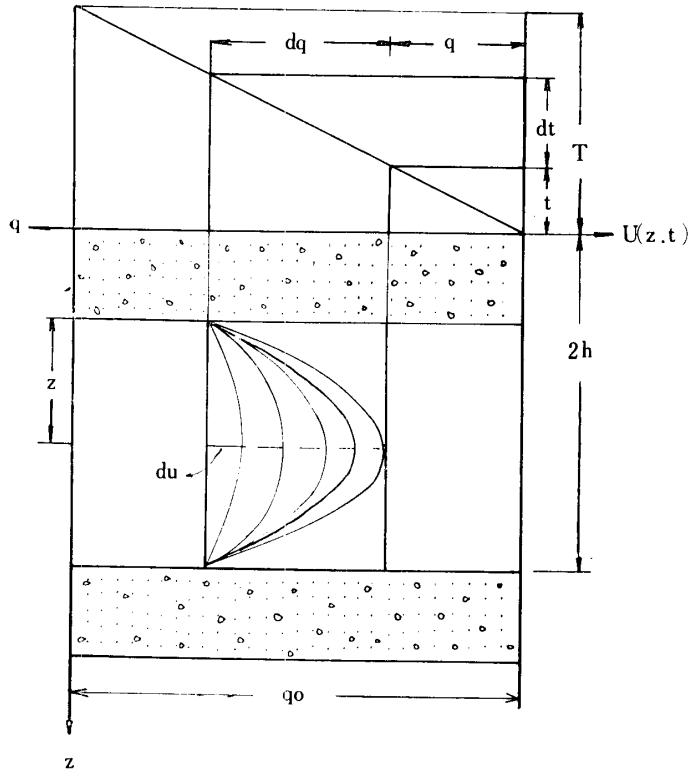


Fig. 3 Progressing of Consolidation.

Fig. 3に示すように、全載荷重を q_0 とし、載荷重の増加は一様とすると、時間を t とし、載荷重の漸増時間を T とすると

$t=T$ において $dq=q_0 dt/T$ なる荷重が $(T-t)$ 時刻から dt 時間内に荷重面に作用する。この dq によって粘土層内に生じる間げき水圧の変化は圧密方程式の解として次式のように示される。

$$du = \frac{\pi}{4} q_0 \frac{dt}{T} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m} e^{-m^2 M(T-t)} \cdot \sin \frac{(2m-1)\pi z}{2h} \quad (1)$$

ゆえに漸増荷重による間げき水圧は (1)式を $t=0$ より $t=T$ まで積分することにより求められる。

$$u(z, t=T) = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{q_0}{MT} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^3} (1 - e^{-m^2 vMT}) \sin \frac{m\pi z}{2h} \quad (2)$$

$t/T=v$ として深さ z , $t=vT$ における間げき水圧を求めると、

$v \leq 1$ の場合

$$u(z, vT) = \frac{\pi}{4} \frac{q_0}{T} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m} \sin \frac{m\pi z}{2h} \int_0^T e^{-m^2 M(vT-t)} dt$$

$$\therefore u(z, vT) = \frac{\pi}{4} \frac{q_0}{MT} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^3} (1 - e^{-m^2 vMT}) \sin \frac{m\pi z}{2h} \quad (3)$$

$v \geq 1$ の場合

$$u(z, vT) = \frac{\pi}{4} \frac{q_0}{T} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m} \sin \frac{m\pi z}{2h} \int_0^T e^{-m^2 M(vT-t)} dt$$

$$\therefore u(z, vT) = \frac{\pi}{4} \frac{q_0}{MT} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^3} (e^{-m^2 (v-1)MT} - e^{-m^2 vMT}) \sin \frac{m\pi z}{2h} \quad (4)$$

これによって $v \leq 1$, $v \geq 1$ に対しての圧密度 U_R を求める。

$v \leq 1$ の場合

$$U_R = v - \frac{1}{2q_0 h} \int_0^{2h} u(z, vT) dz \quad (5)$$

$v \geq 1$ の場合は(5)式の第1項を $v=1$ とおけばよい。いま、(5)式の $u(z, vT)$ に(3), (4)の結果を代入し積分すると、

$v \geq 1$ の場合

$$U_R = v \left\{ 1 - 8/\pi^2 \cdot 1/vMT \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^4} \cdot (1 - e^{-m^2 vMT}) \right\}$$

$v \geq 1$ の場合

$$U_R = 1 - 8/\pi^2 \cdot 1/MT \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^4} (e^{-m^2 (v-1)MT} - e^{-m^2 vMT})$$

$$\text{ただし、} M = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{C_v}{h^2}$$

4. 考 察

以上の実験結果をGilboyの近似法およびTerzaghiの理論解と比較してみると Fig. 4 (漸増時間5分), Fig. 5 (漸次時間30分)となる。

これより実験値は Gilboy の図解法の結果よりも、Terzaghi の漸増荷重の理論式の結果により近似的であることがわかる。

そこで、Terzaghi の漸増荷重の圧密理論式について、漸増時間が5, 10, 15, 20, 25, 30分のそれぞれの場合を計算してみた。

その結果が Fig. 6である。このときの圧密係数 $C_v = 1.51 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ である。これはこの実験に用いた粘土試料の C_v の平均値である。

しかし、Fig. 4, Fig. 5でもわかるように実験

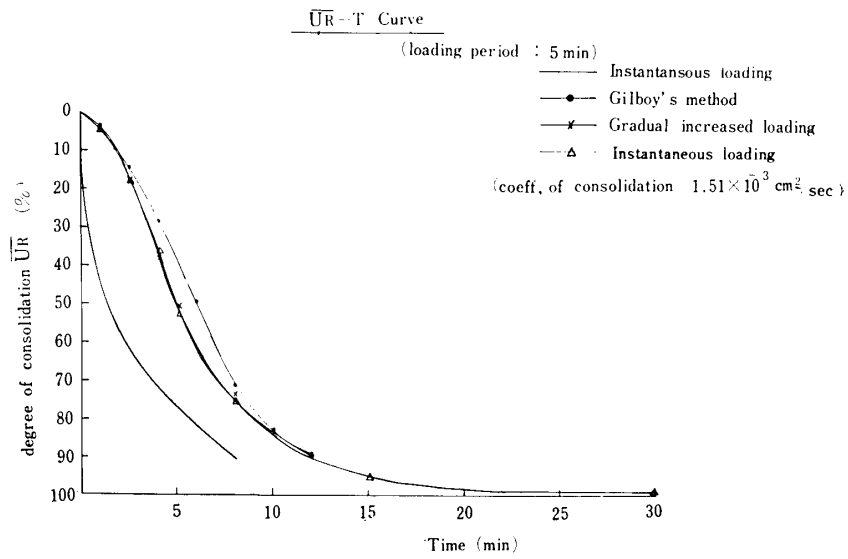


Fig. 4

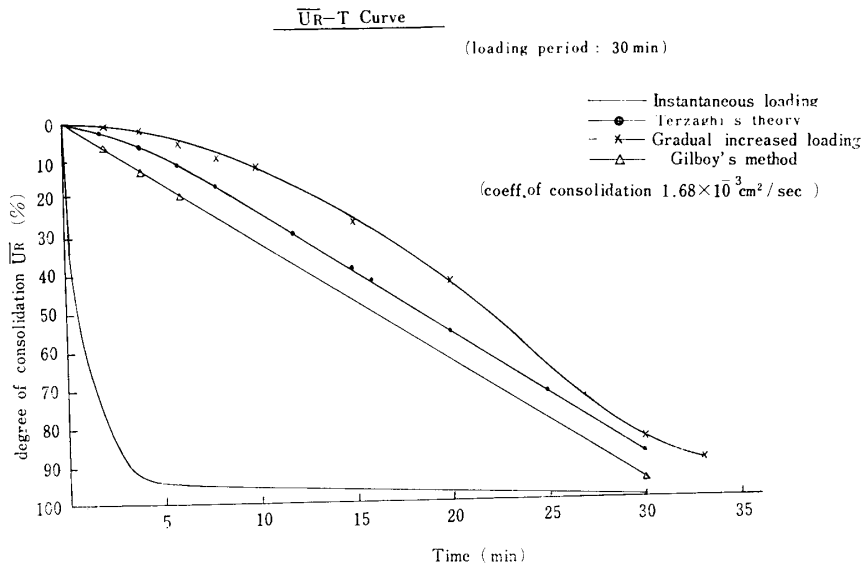


Fig. 5

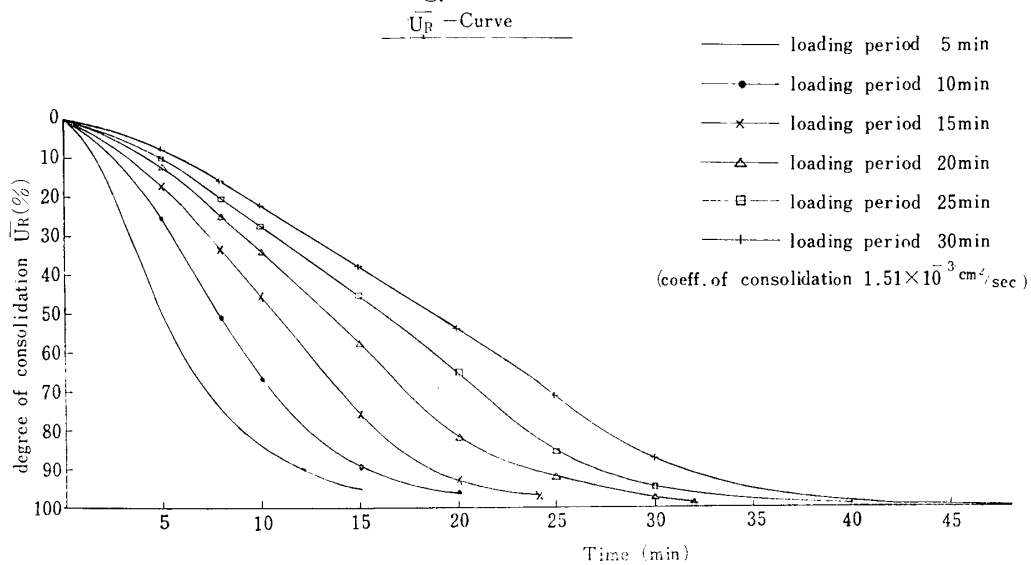


Fig. 6

値はTerzaghi の理論式に完全に一致したものとはならない。とくに Fig. 5 についてはその差異が大きい。これは漸増荷重の実験において t_{90} の値を漸増時間に瞬間荷重の t_{90} の値を加えたものと考えたことも一つの原因と思われる。

この漸増の場合の t_{90} の値は Fig. 6 に示されるように、漸増時間に瞬間の場合の t_{90} を加えたものでなくて、漸増時間により異なり、漸増時間が大きくなるにしたがって、漸増終了時から t_{90} までの時間は小さくなることが明らかである。

その関係は次表のとおりである。

漸増時間 T(分)	5	10	15	20	25	30
t_{90} (分)	11.9	15.8	18.5	23.5	26.9	31.0

この表の値を採用して実験の圧密度一時間曲線を求めれば、実験曲線は Terzaghi の理論曲線にさらに接近することが考えられる。

しかし、それでもなお、圧密度50%付近での両者の差は残る。そこで間げき水圧による漸増荷重における t_{90} の値を決定づけること、実験中の C_v の変化を考慮した実験を準備、計画中であるので、その結果とあわせて後日、この点についての原因について報告したい。

参 考 文 献

- 1) 堀 武男訳：テルツァギーフレーリツヒ粘土層の沈下，コロナ社。
- 2) Taylor : Fundamentae of soil Mechanics

(昭和41年6月15日受理)