

広島大学 正 吉 国 洋
 広島大学 正 中 堂 裕 文

1. まえがき

盛土工事などによる圧密荷重は通常不規則な漸増荷重となるが、このような任意の載荷速度に対する圧密過程の厳密解は得られない。そして、このような荷重のもとでの圧密過程を解析する場合、Terzaghi の図解法を用いて近似的な計算を行なうが、差分法を用いて数値計算を行なうが、あるいはいくつかのケースのもとで厳密解を求めておいてそれらを適当に重ね合わせで用いるという方法が考えられる。ここでは最後の方法の立場にたつて解析を行なう場合に便利な形で厳密解を表示し、どのように重ね合わせればよいかということについて述べた。

2. 定率漸増荷重による圧密の厳密解

1) 1次元圧密 Schiffman の定率漸増荷重による1次元圧密の解は整理し直して次式で示される。

$$\frac{\bar{p}'}{R} = \frac{P}{R} - \frac{U}{R} = T - \frac{32}{\pi^4} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^4} [1 - \exp\{-\frac{\pi^2}{4} m^2 T\}] \quad \dots (1)$$

ここに、 U : 平均間隙水圧、 $\bar{p}'$: 有効応力 P : 全応力、 R : 載荷速度で、 $R = P/T$

2) Vertical Drain による圧密 Schiffman は定率漸増荷重による圧密の解として、Barron の近似的式を用いて次式で示している。

$$\frac{\bar{p}'}{R} = T - \frac{F(n)}{8} \{1 - \exp[-(8/F(n))T]\} \quad \dots (2)$$

ここに、 $F(n) = \frac{\pi^2}{\pi^2 - 1} \ln(n) - \frac{3\pi^2 - 1}{4\pi^2}$ 、 $n = de/dw$

しかし、図-(2)に示すように単位荷重が載荷された場合の厳密解と近似解と比較すると、小さな n 値に対して圧密初期における差は無視できず、漸増荷重の場合でも同様なことと予想された。そこで単位荷重のもとでの厳密解を重ね合わせるにより漸増荷重の厳密解として次式を得た。

$$\frac{\bar{p}'}{R} = T - \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{U_0^2(d_m)}{d_m^4 m^2 (\pi^2 - 1) \{ \pi^2 U_0^2(d_m \cdot \pi) - U_0^2(d_m) \}} (1 - e^{-\frac{\pi^2}{4} m^2 T}) \quad \dots (3)$$

ここに、 $d_m: J_0(d)Y_0(d) - Y_0(d)J_0(d) = 0$ の根。

$$U_0(d) = J_0(d)Y_0(d) - Y_0(d)J_0(d), U_0(d \cdot n) = J_0(d \cdot n)Y_0(d \cdot n) - Y_0(d \cdot n)J_0(d \cdot n).$$

(1) 式及(2)式の計算結果がそれぞれ図-1と図-4に示されている。縦軸は無次元化された有効応力 $\bar{p}'/R$ 、横軸は時間係数 T で、Vertical Drain の場合は $n = de/dw$ をパラメータに描かれている。図-3には近似解(2)と厳密解(3)を $n=2.5$ のケースについて比較したもので、図解法により求めた値も記入されている。近似式による解(2)式は、単荷重の解で予想したよりも厳密解との差は意外小さい。これは圧密初期における

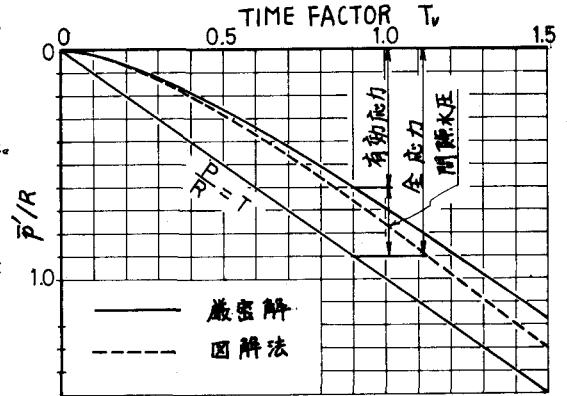


図 - 1

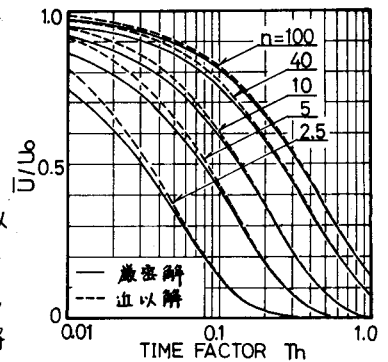


図 - 2

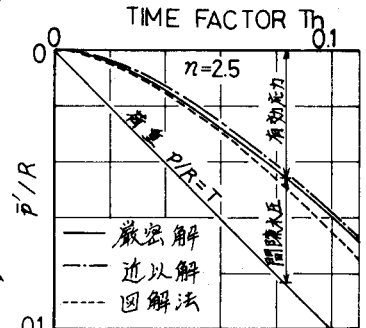


図 - 3

厳密解との差が積分することにより分散して表われる
ためと思われる。図-3に示したものは $n=2.5$ で、
両解の差が最も大きく出るケースであり、 n が大き
くると(2)式の近似性はもとより良くなる。図解法は T
が小さければ近似はいいが、 T が大きくなると誤差は
顕著になる。

3. 解の適用方法について

2. で求めた解を今 $F(T)$ と置くと、時刻 T に
おける平均有効応力は $\bar{p}' = R \cdot F(T)$ として求めり
それに対応する沈下量が計算できる。

沈下過程を計算する方法を説明するために、図-5
に示すような荷重がなされる場合を考える。 $T=T_1$
から荷重速度 R_1 で荷重が増加し、 $T=T_2$ で一定荷重に
なるものとす。上記の方法で R_1 に対応する沈下量は
求められ、これを曲線①とする。 $T=T_2$ で仮想
的に $R_2 = -R_1$ の速度で荷重が開始されるものと見え
これに対応する沈下を②とする。求める沈下曲線は
曲線①と②を重ね合わせたもので、即ち $T \leq T_2$ では①
 $T > T_2$ では①と②の差として得られる。

荷重速度が不規則に変化する場合は圧密過程の計算
も同様の考え方で行うことが出来る。図-6のよう
な荷重がなされた場合、荷重速度の変化する時刻を T_i 、荷重速度の变化
量を R_i とすると、時刻 T における有効応力は次式で得られる。

$$\bar{p}'(T) = \sum R_i \cdot F(T - T_i) \quad \dots \dots (4)$$

従ってそれに対応する沈下量を計算できる。

図-7は実験値とこの方法により求めた計算値と比較したものである。
ここで $\kappa = de/dw = 2.5$ 、 $C_h = 1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ である。ただし沈下
量は115日の実験値にフィットさせてある。この例は曲線の形が非常に
よく合っている。

4. あとがき

この研究は不規則な増加荷重による圧密過程と解析する目的のために
いくつかのケースの解をできるだけ簡潔な形に表示し、その適用法につ
いて述べたものである。そして実験値とよく合うことを示した。このよ
うにかなり簡潔な計算によって沈下過程の説明がつかうケースがあると思
われる。ここに示した方法はそのような解析に便利に使用できるものと思う。

なお、この研究は昭和49年度文部省科学研究費(一般研究B)の援助を受けて行なわれたものであり、謝意
を表す。

参考文献

- 1) Schiffman, R.L. (1958): Consolidation of Soil Under time Dependant Loading and Varying Permeability, Proc. HRB, 584
- 2) Barron, R.A. (1948): Consolidation of Fine Grained Soils by Drain Wells, Trans. Am. Soc. Civ. Engrs., 113-718
- 3) Takagi, S. (1957): Determination of the Process of Consolidation by Sand Drains Under Variable Loading, Proc. 4th Int. Conf. SMFE.

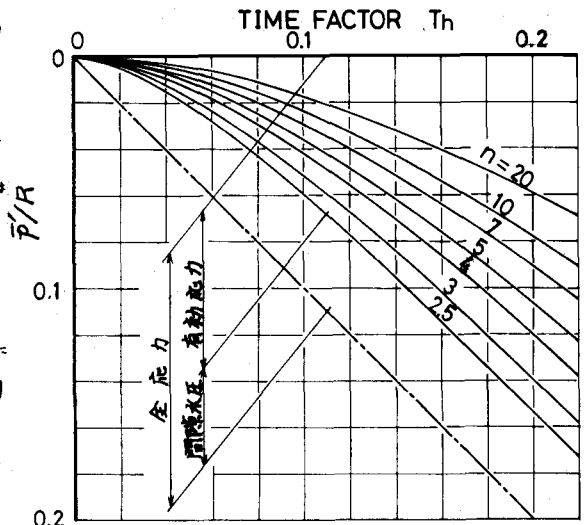


図 - 4

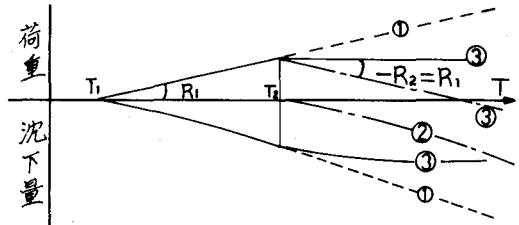


図 - 5

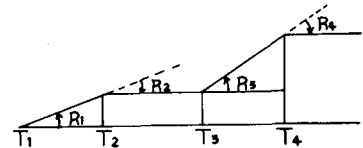


図 - 6

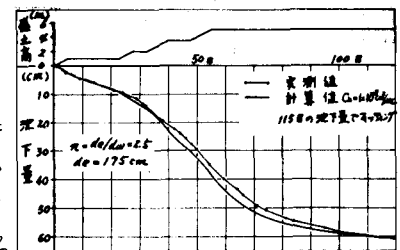


図 - 7