多段載荷における沈下量計算について

福井工業大学工学部　正員　松並仁茂

１．まえがき　　軟弱地盤を改良する最も基本的な工法として直接載荷工法がある。施工法としては、地盤の崩壊をさけるため、載荷は１回だけで済ませるより、多数回に分けて載荷する多段載荷のほうが一般的である。この場合、計算条件が同一ならば、算出される圧密沈下量の合計は、載荷回数に関係なく一定でなければならない。しかし、計算法によってはかなり異なる値を示すことがあるので、注意する必要がある。　わが国における軟弱地盤の圧密沈下量の算定は、JIS A 1217－1980に規定されている圧密試験の結果を用いて行なわれる。すなわち、

$$s=(e_0-e)/(1+e_0)\cdot H \qquad \cdots(1)$$

$$s=Cc/(1+e_0)\cdot H\cdot \log_{10}((p_0+\Delta p)/p_0) \qquad \cdots(2)$$

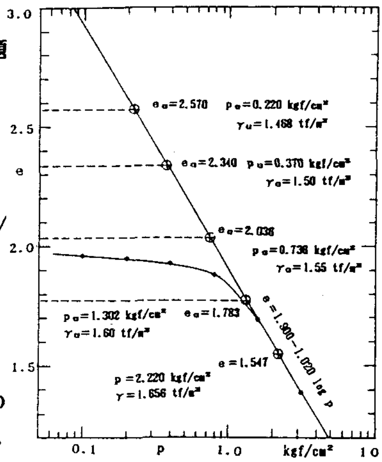
$$s=mv\cdot\Delta p\cdot H \qquad \cdots(3)$$

ここに、s：圧密沈下量(cm)、H：載荷前の層厚(cm)、Cc：圧密係数、mv：体積圧縮係数(cm^2/kgf)、e_0, p_0：それぞれ土層中央深さにおける載荷前の間隙比および有効土被り圧(kgf/cm^2)、e, p：それぞれ土層中央深さにおける載荷後の間隙比および有効土被り圧(kgf/cm^2)、Δp：増加鉛直応力(kgf/cm^2)。

さて、圧密沈下量を算定するとき、一般的に式(2)や式(1)を用いること（以後、e－log p 法という）が多いが、一方、港湾や漁港の分野では、式(3)によること（以後、mv 法という）が多いようである。これらの３式は、理論上、同一の結果をもたらすはずであるが、実際の場合、mv 法が e－log p 法と比較して、非常に異なる結果を示すことがある。

その原因としては、１つは、mv の値は載荷前と載荷後の平均有効土被り圧だけによって決められるのではなく、土被り圧と増加応力の両方によって決定されるものであること。他の１つは、JIS の圧密試験法において、土層厚を載荷前の土層厚と載荷後の土層厚との平均値を用いて mv 値を算出しているのに対し、式(3)の層厚は載荷前のものを用いている点で、両者の間に理論上の相違が認められること。この２点をあげることができる。

２．e－log p 法による圧密沈下量　　このような問題点を解明するためには具体的な方法が好ましい。ここでは、国内に広く分布していると思われる横須賀市久里浜産の粘土（図－1）を用いることにした。また、計算条件としては、比較検討を容易にするため、できるだけ同一条件に揃えるとともに、粘土層内は均質で、初期層厚はすべて 300cm、全載荷圧力はすべて 2kgf/cm^2 とすることにした。



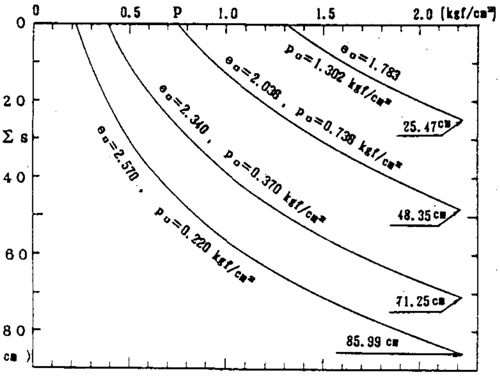
図－1　e－log p

圧密沈下計算を行なうにあたって、e_0 の値の決定は極めて重要なことである。ここでは、まず、粘土の自重のみによって生成された仮想の粘土を取り扱うことから、層中央の飽和粘土について、土粒子比重 Gs＝2.76 を用いて初期間隙比を推算した。その結果、e_0＝2.570 を得、また、これに対応する土被り圧 p_0＝0.220 kgf/cm^2、単位体積重量 γ_0＝1.468 tf/m^3 を得た。ただ、この粘土は超軟弱な仮想の土であると思われるので、実際に存在する粘土として γ_0＝1.50 tf/m^3、γ_0＝1.55 tf/m^3 および γ_0＝1.60 tf/m^3 の３種類の過圧密粘土についても検討することにした。これらの初期間隙比 e_0 を推算すると、それぞれ 2.340、2.036 および 1.783 となり、また、初期土被り圧 p_0 は、それ

Hitoshige MATSUNAMI

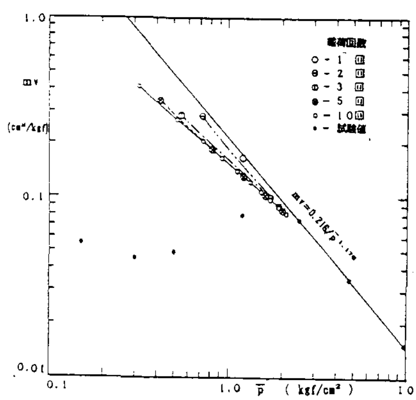
ぞれ 、0.370 kgf/cm²、0.736 kgf/cm² および 1.302 kgf/cm² と算定されたが、これらを図－1に示した。

式(1)と式(2)を含めて e－log p 法としたが、それは、ここでは、Cc=一定としているので、両式による沈下量の算定結果が載荷回数に関係なく等しい結果を与えるからである。これらの計算条件を用いて、全載荷圧力 2.0kgf/cm² を加えた全土被り圧 2.22 kgf/cm² について圧密沈下量をもとめると、図－2のようになる。



図－2 e－log p 法による圧密沈下量

3．mv 法による圧密沈下量　　　圧密沈下計算に必要な mv 値は図－3の実線に示したが、一般に、平均圧密圧力 $\overline{p}$ と mv 値は両対数紙において直線関係にあるとされている。この mv 値を用いて上述の計算条件に従って沈下量を求めると図－4の実線ようになる。これと e－log p 法の結果と比較すると、1回載荷では、いずれも、ほぼ 1.2 倍となっているのに対し、多段載荷では1.2～1.5 倍であり、その差はかなり大きいものとなっている。一方、載荷回数による全沈下量の変化はγ_0=1.60 tf/m³のやや硬い粘土では僅かな値となっているが、軟弱な粘土ほど変化の程度は大きくなっている。さらに、載荷回数が10回以上では、ほぼ一定の値を示しているが、実用上重要な10回以下の、特に、回数の少ない範囲での算定結果の変化が大きいのは問題が大きいといよう。



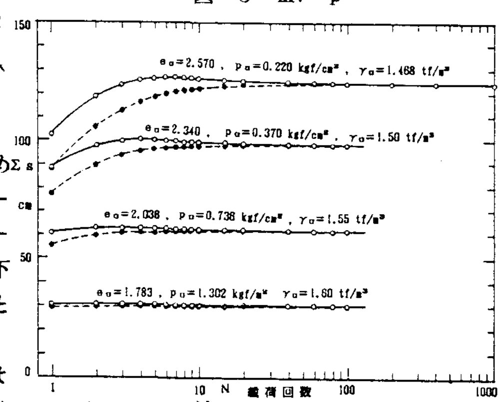
図－3 mv～$\overline{p}$

一般に、mv 法は式(3)によって定義されているが、JIS の試験法によれば $s=m_v\cdot\Delta p\cdot\overline{h}$ となっているので、代りにHを用いてつぎの式(4)のように整理することができる。

$$s=m_v\cdot\Delta p\cdot H/(1+m_v\cdot\Delta p/2)\cdots(4)$$

この式に従って沈下量計算をすると、結果は図－4の破線のようになって、若干改善された結果となっているが両者の差はやはり大きい。すなわち、e－log p 法と較べて、1回載荷では軟弱なほうから、それぞれ 1.02 倍、1.08 倍、1.14 倍および 1.15 倍なっているが、載荷回数の増加に従って従来の mv 法の値に漸近し結局は、両者の差は大きくなっている。

さきに、mv 値は$\overline{p}$ではなくpとΔpによって定められると述べたが、上述の各載荷段階に従って、e－log p 曲線よりそれぞれの mv 値を求めると、図－3のようになる。式(4)に、この mv 値を用いて沈下量計算をすると、当然のことながら e－log p 法と等しい結果をもたらす。



図－4 mv 法による圧密沈下量

4．結び　　　(1) mv 値は平均圧密圧力によって一義的に求められるものではなく、載荷前と載荷後の有効な圧密圧力によって決定されるものである。 (2) JIS の圧密試験法で求めた mv 値で沈下計算するときは式(4)によらなければならない。 (3) 圧密沈下計算は式(1)と式(2)によるほうが好ましい。