

III - 157

施工段階を考慮した圧密時間沈下量の一計算方法

竹中技術研究所 正員 ○ 寺田邦雄 高幣喜文
大下俊之

1. はじめに

沖合人工島で直接基礎構造物の沈下特性を検討する時、当該建設地の沖積粘土層が過去にどの様な載荷履歴を受けて現在に到ったかの調査が必要である。基本的には前田等¹⁾と同じ考え方で、施工段階を考慮した圧密時間沈下量をマイコン(NECのPC98Vm)で計算する方法を開発し、実プロジェクトで適用した。その結果、本方法はかなりよい計算値を示し、实用に供しうることが判ったので報告する。

2. 近似計算方法

ポートアイランドや六甲アイランドの埋立の現状を考えると、ほぼ次の基本的条件が考えられる。(1)1辺の長さが1~2kmに及ぶ載荷平面に対して、圧密層厚は数10m程なので、一次元圧密の考えが適用できる。(2)海底面下の粘土は軟らかく、最終沈下量が数mに及ぶので、荷重の段階載荷毎に土層条件を変更する必要がある。(3)盛土した後、次に盛るまでに、粘土層はかなり沈下しているので、盛土厚さはこの沈下量を考慮する必要がある。(4)盛土完了後は盛土の水上部分が水中に沈下することによる盛土荷重の減少を考慮する必要がある。(5)埋め立ては海岸側から沖合へ向かって行われているので、載荷条件は帯状荷重が考えられる。ポートアイランドの南端での埋立事例²⁾を用いて、これらのこと考慮した計算方法を以下に述べる。

a) 基本式: Terzaghi の一次元圧密理論を用いる。

b) 盛土の単位体積重量: $\gamma_t = 1.9 \text{ tf/m}^3$ とする

c) 地中応力の計算: ブシネスクの等分布帶状荷重の解を用いる。

d)荷重の載荷位置: 埋立経歴を図-1に示す。埋立は1967年6月に始まり、No1からNo11の段階盛土のうち、No10は除荷である。段階載荷での新規の荷重の載荷面はその前の載荷の天端面として、載荷面以下の層による荷重分散があるものとした。No6において破線より上部は計画

上の盛土高さで、破線より下部は前の盛土の沈下によって増加した載荷盛土高さである。e)沖積粘土層:粘土層上面をKP-12.3m,下面をKP-28.0mとする。湿潤単位体積重量 γ_w はKP-20m以上の時0.45tf/m³、以下の時0.55tf/m³とし、圧密係数Cv=100cm²/dayとした³⁾。体積圧縮係数m_vと圧密圧力Pの関係は式(1)を設定した。その際の圧密圧力は式(2)で計算した。そして、平均圧密度Uは式(3)で計算する。

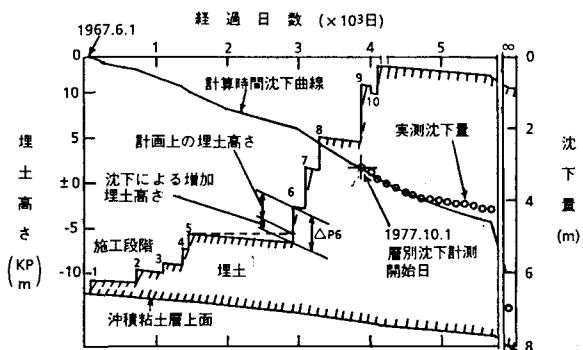


図-1 埋土経歴及び圧密時間沈下曲線

$$m_{vn} = 0.16(P_n)^{-1} \quad \dots \dots (1) \quad P_n = P_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_i + q_{zn}/2 \quad \dots \dots (2) \quad U = \frac{1}{M^2} \sum_{m=0}^{50} \exp(-M^2 T_v)/M^2 \quad \dots \dots (3)$$

但し、 m_{vn} : 第n次載荷における体積圧縮係数、 P_n : 第n次載荷による平均圧密圧力、 P_0 : 先行圧密圧力(有効土被り圧)、 q_{zn} : 第n次載荷による増加圧力、 $M = n(2m+1)/2$ 、 m : 正の整数、 $T_v = C_v t/H^2$ 、 T_v : 時間係数、 C_v : 圧密係数、 H : 排水距離

$\sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_i$: (第(n-1)次載荷までの増加圧密圧力)

ここで、 C_v は一定値とし、 H は検討する粘土層の排水距離とする。そして、 t はある段階での盛土の載荷時間より、沈下計算をする時刻までの時間である。

f) 沈下計算: 各段階の載荷重を $\Delta P_1, \Delta P_2, \dots, \Delta P_n$ とし、現層厚を H_0 として、各盛土荷重に対する最終沈下量 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ を式(4)で計算する。つまり、第 n 次載荷での層厚は第 n 次載荷までの荷重による圧密沈下量を現層厚から差し引いた値を用いた。なお、各段階の載荷に対する圧密度を U_1, U_2, \dots, U_n とすれば、その時点における沈下量 δ は式(5)で算出される。

$$\delta_1 = m_{v1} \cdot \Delta P_1 \cdot H_0$$

$$\delta_2 = m_{v2} \cdot \Delta P_2 \cdot (H_0 - \delta_1)$$

$$\vdots$$

$$\delta_n = m_{vn} \cdot \Delta P_n \cdot (H_0 - \sum_{i=1}^{n-1} \delta_i) \quad \dots(4)$$

$$\delta = \delta_1 U_1 + \delta_2 U_2 + \dots + \delta_n U_n \quad \dots(5)$$

このようにして計算圧密時間沈下量を求め、図-1にプロットする。1977年10月1日の計算沈下量を初期値として、層別沈下計による沖積粘土層の実測圧密時間沈下量²⁾をプロットした。この実測値より双曲線法を用いて最終沈下量を求め、同図の $T=\infty$ 上にプロットした。

3. 適用事例

ポートアイランドの4つの場所(A: 1988年11月、B: 1986年10月、C: 1987年4月、そしてD: 1987年4月)で調査された沖積粘土層厚を図-2に示す。層厚は各場所で異なっている。沖積粘土層の基底等深線³⁾と海底面深度を同図にプロットする。これより埋立前の粘土層上面を KP-11.9m、下面を KP-25.0m、 γ_t は KP-19m 以上の時 0.45tf/m³、以下の時 0.55tf/m³ とし、圧密係数 $C_v = 70$

cm²/day とした。そして、他の条件は上記と同じとした。沖積粘土層厚を推定すると約13mとなり、A 点近傍では圧密沈下が生じていないことになる。今、図-2の I-I 断面での埋立経歴を図-3とし、上記の方法で圧密時間沈下量を計算して図-4にプロットした。図-4より1988年11月での圧密沈下量を求め、この値を埋立前の沖積粘土層厚(13m)より差し引いた。現時点(1988.11)での推定粘土層厚を図-2に示す。CやD点での計算値は実測値とほぼ似た値を示したが、AやB点では異なる値を示した。

4. あとがき

超軟弱な沖積粘土層を広い面積に渡って均一に圧密することは大変困難な事である。埋立地でプロジェクトが計画されると、現状の粘土層の状態を調べるだけでなく、敷地周辺の埋立経歴による粘土層の変化を検討することが必要である。また、上記の方法によればマイコン程度で計算できるので、中小のプロジェクトでも十分適用でき、実用的である。

<参考文献> ; 1) 前田進・小林正樹・早田修一:関西国際空港におけるサンドドレン改良地盤の施工管理、土木学会論文集、第391号、1988, pp.196~205. 2) 8. 臨海地盤の埋め立て工事、ケース2. 神戸ポートアイランド(プレローディング工法による地盤改良、土質工学ケースヒストリー(第1集)、土質工学会、pp.430~441. 3) 谷本喜一・末広匡基・田中泰雄:神戸港域の沖積粘土及び上部洪積粘土の分布と土質特性、建設工学研究所報告、No.29, 1987, pp.135~138

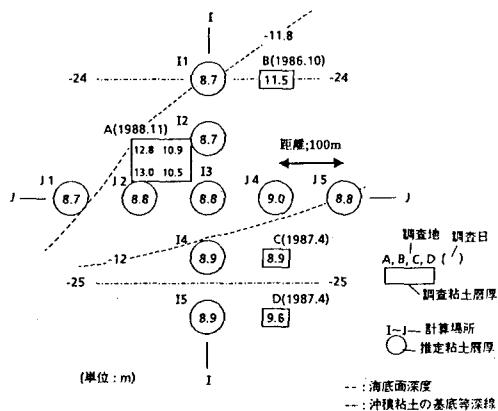


図-2 粘土層厚さの分布

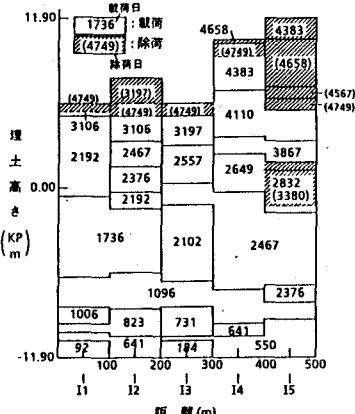


図-3 I-I断面での埋立経歴図

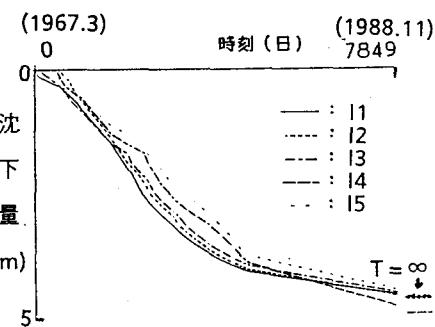


図-4 沖積粘土層の時間沈下曲線