

名古屋大学 正員 浅岡 顕

名古屋大学 学生員 ○ 野津 光夫

1. はじめに

砂杭その他による軟弱粘土地盤の改良は、対象とする地盤全体から見ると、部分的な領域である事が多い。そこで、このマクロ的に見て不均質な地盤の圧密（特に沈下）の挙動を、Biotの弾性圧密理論をもとに考察する。数値計算は有限要素法によった。

2. 圧密変形を支配する基礎方程式

一定荷重のもとでの地盤の圧密挙動は、変位ベクトル（ここでは沈下）を u 、過剰間隙水圧を p と書くと、 u と p に関しては独立に次式で支配される。¹⁾

$$u(x)_j = \beta_0(x) + \sum_{s=1}^n \beta_s u(x)_{j-s} \quad (1)$$

$$p(x)_j = 0 + \sum_{s=1}^n \beta_s p(x)_{j-s} \quad (2)$$

ここに、 x : 地盤内の任意点、 $u(x)_j$: $\Delta t \times j$ 時間での変位ベクトル、 $p(x)_j$: 同様の過剰間隙水圧、 β_s , $s=1, \dots, n$: 変位および水圧に共通でしかも場所 x によらない、つまり対象とする地盤全体に固有の定数係数。式

(1)は不均質地盤でも成立する。 u をどこで測っても $(u_j, u_{j-1}, \dots, u_{j-n})$ は互いに平行な相空間内の超平面上にプロットされる。式(1)と式(2)に共通な特性方程式 $R^n - \beta_1 R^{n-1} - \beta_2 R^{n-2} - \dots - \beta_n = 0$ の根 R_s は互いに相異なり、0と1の間にあ

る。また変位 $u(x)_j$ に関する式(1)の一般解は、

$$u(x)_j = \beta_0(x) \cdot 1 - \sum_{s=1}^n \beta_s + \sum_{s=1}^n G(x)(R_s)^j \quad (3)$$

で与えられ、右辺第一項は、 $u(x)_j$ の $j \rightarrow \infty$ における最終変位量を表わす。

3. 解析結果と考察

最初に1次元状態と2次元状態での圧密挙動の推移を比較してみる。計算にあたりサンドドレーン(SDと略称)による排水効果を模擬する目的も兼ねて、改良区域では鉛直方向の透水係数を他より大きくした。

まず、図-1(a)に示すように1次元圧密の変形モードしかもたない地盤を想定し、改良区域をそれぞれ変えて無処理地盤(NI)、上半分を改良した地盤(UI)、全域改良地盤(FI)と

する。なお計算に用いた地盤の土質定数、排水条件、変位の拘束条件は図に示す通りである。盛土荷重は 10 tf/m^2 とし、40日間盛土した。各地盤の地表面での有限要素解による変位 u と時間の関係を図-2に示し、さらにこの3地盤の変位を (u_j, u_{j-1}) の2次元に差分化された相空間(以下差分図と呼ぶ)にプロットしたのが図-3である。ここでこの差分図の見方としては次の点に注意する。例えば図-4において (u_j, u_j) で定められたA点は、次の Δt 時間後には、 (u_j, u_{j+1}) で規定されるB点へ移行する。すなわち、直線の勾配がゆるい方が圧密が速く進み、

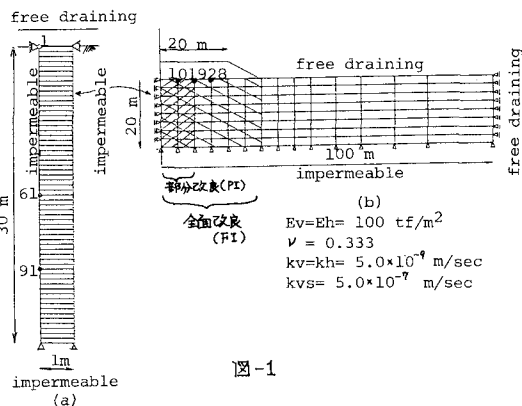


図-1

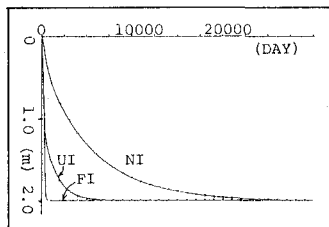


図-2

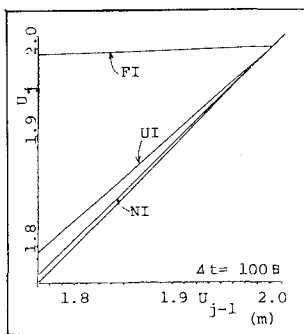


図-3

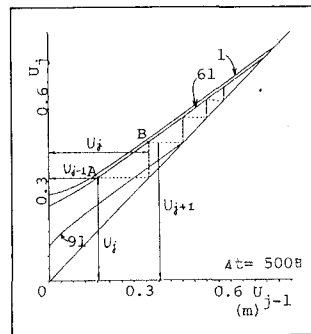


図-4

45度線に近いものほど圧密の速度が遅いのである。図-3では、3本の線の勾配の違いから、圧密の速度はFIが最も速くNIが最も遅いのがわかる。またUIはNIよりは改良されているが、FIほどではない。

次に、部分改良を施したUI地盤内の深さを変えた3点1, 61, 91について同様の作図をしたのが、図-4である(変位はいずれも盛土終了時を0とする)。図-4では図-3と異なり、3本の線は互いに平行すなわちその勾配が相等しい。(式(4)を参照、式(3)では R_L の項が卓越している。) このことはとりも直さず、UI地盤の地盤改良効果は、1と91点との沈下速度を比較したのでは見てとれないことを示している。

次に、地盤に2次元の変形モードまで許す場合の挙動について示そう。図-1(b)のように改良区域のそれぞれ異なる3つの地盤すなわち無処理(NI)、盛土直下と部分的に改良(PI)、盛土直下を全面的に改良(FI)を考えた。計算条件は、前述の1次元圧密の例と全く同じである。上記3地盤の中央部の変位 U と時間の関係を示すのが図-5で、さらにこの変位を差分図上にプロットしたのが図-6であり、どちらも1次元圧密の場合と同様のことがいえる。また、PI地盤(盛土直下の部分改良)中の3測点10, 19, 28について、差分図を画くと図-7となる。図中で曲線が交錯しているが、これは、

圧密速度の比較を図上でみやすくするため、盛立終了時の変位をゼロと置いてからである。沈下が終束する直前の約30cmの間は、3本とも互いに平行になっており、沈下速度は全く等しい。ただ図-4と異なり圧密の初期から平行な線(あるいは完全に共通なのだが)が検出できないのは、式(3)の右辺第二項以下の(R_L にかかる係数 $G(x)$ (場所 x によって決まる定数係数)の影響を受けているからである。しかしまか、場所を変えて測定した沈下速度からだけでは、PI(部分改良地盤)の地盤改良効果を十分に見てとれないのであり、図-6のような比較こそが基本でなければならない。

最後に別の事例を取り上げ、同様の解析を行った結果を示す。図-8に示すのは、道路盛土の縦断面を想定した地盤モデルであり、図中の斜線部分が地盤改良区域で、 $k_{vs}=100k_v$ (k_{vs} は改良区域の鉛直方向の透水係数)と定めた。また水平方向の透水係数も $k_h=100k_v$ にまで上げてある。図-9は、地表面の3点(64, 73, 82)についての沈下-時間曲線であるが、これによるとSD処理上と無処理上の測点は全く同時に下がり、その沈下量に有意差は認められない。この事は、図-10に示す差分図上でも明らかである。このように、水平方向の透水係数が卓越するような地盤では、図-7のような特長がさらに誇張されてあらわれることがわかる。

参考文献) 1) 浅岡・小土井: 第18回土質工学研究発表会

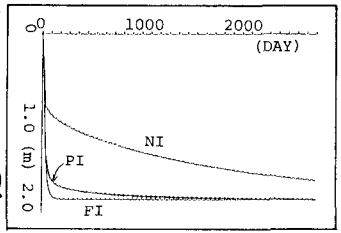


図-5

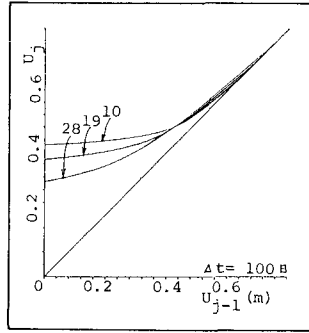


図-7

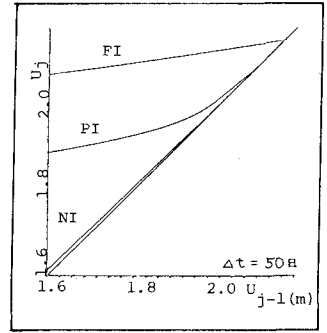


図-6

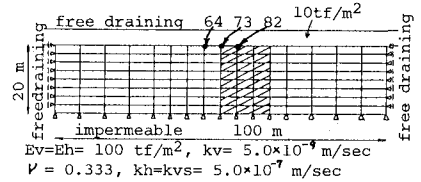


図-8

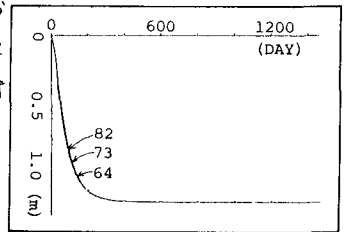


図-9

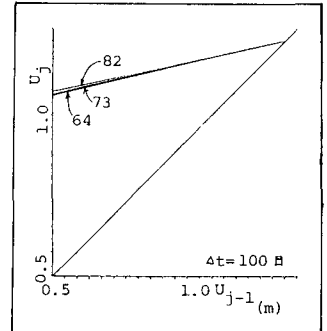


図-10