NO. 3

計測による盛土の沈下予測

大内 茂
村竹 誠

1 まえがき

Terzaghiの圧密理論は実験室内での沈下データには非常によく一致したが、実際の軟弱地盤の盛土による沈下の時間的経過に関しては、近年現場の沈下解析のデータが積み重ねられるにしたがって、理論値と実測値の間に大きな食い違いを生じることが問題となっている。このTerzaghiの圧密理論と実際の現象との食い違いは、圧密理論が簡略すぎること、及び、圧密方程式を解くための条件

① 初期条件　　間隙水圧の分布等
② 境界条件　　排水条件，排水距離，終局沈下量等
③ 方程式の係数　　圧密係数 C_v 等

を正確に与えることが困難であるためである。例えば計算沈下量は終局沈下量に圧密度を乗じて求める為，計算値と観測値が合わないのは終局沈下量の予測間違いか，それとも，圧密度の予測間違いか判明しない，etc…

しかし一方，最近軟弱地盤上にますます大型化してきた構造物を建設する機会が多くなっており，構造物の安全に沈下が大きな影響を与えるケースも出現しており沈下の実用可能な時間的経過予測の必要性が高まっている。

ここでは前出の理論的な面での沈下予測を扱うのではなく，沈下計測結果を用いて以後の沈下状況を予測する手法 ①双曲線法 ②星埜法 ③減周法 について述べる。

2 沈下予測手法

1) 双曲線法

沈下曲線の一定の規則性として「沈下の平均速度は双曲線的に減少する」という仮定に立って次式により算定する。

$$S_t = S_a + \frac{t - t_a}{\alpha + \beta(t - t_a)} \quad \text{------} (1)$$

$$S_f = S_a + \frac{1}{\beta} \quad \text{------} (2)$$

ここに　S_t：時間t時の沈下量
S_f：終局($t=\infty$)沈下量
S_a：検討始点 $t_a=0$ における初期沈下量
t：載荷後の時間
α, β：係数

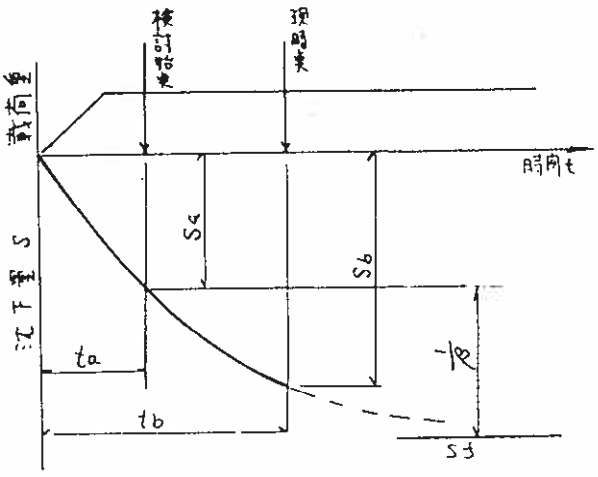


図-1

式(1)を次の様に変形する.

$$\frac{t-t_a}{S-S_a} = \alpha + \beta(t-t_a) \quad \text{——(3)}$$

この式は $(t-t_a)/(S-S_a)$ と $(t-t_a)$ が直線関係にあることを示している. したがって t_a 以下の適当な時点について $(t-t_a)$, $(t-t_a)/(S-S_a)$ を計算し, 図にプロットし図上から求めることが出来る.

2) 星埜法

星埜は 実測沈下曲線に合う式として 次式を提案している.

$$S = S_i + S_t + \frac{A \cdot K\sqrt{t}}{\sqrt{1+K^2 t}} \quad \text{——(4)}$$

$$S_f = S_i + A \quad \text{——(5)}$$

ここに S: 載荷後の経過時間 t での全沈下量

S_f: 終局 $(t=\infty)$ 沈下量

S_i: 載荷直後に生ずる瞬間沈下量

S_t: 時間の経過とともに増加する沈下量

t: 載荷後の経過時間

A, K: 係数

(4)式を変形すると

$$\frac{t}{(S-S_i)^2} = \frac{1}{A^2K^2} + \frac{1}{A^2}t \quad \text{——(5)}$$

となり $t/(S-S_i)^2$ と t が直線関係にあることを示している. 試行錯誤 S_i を設定し $t/(S-S_i)^2$ と t を図にプロットし, 図上から A, K を決定する

3) 浅岡法

浅岡は一次元圧密方程式より, 沈下予測手法を提案した.

$$\left.\begin{aligned} S_{tj} &= \beta_0 + \beta_1 \times S_{tj-1} \\ t_j &= \Delta t \times j, \quad j = 1, 2 \cdots \end{aligned}\right\} \quad \text{——(6)}$$

$$S_f = \beta_0/(1-\beta_1) \quad \text{——(7)}$$

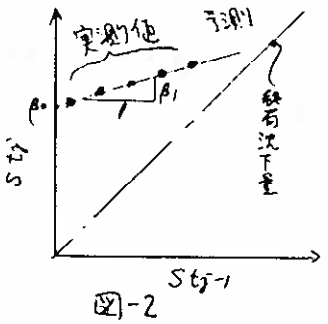


図-2

ここに S_{tj}: 載荷後の経過時間 t_j $(\Delta t \times j)$ 後の沈下量

S_{tj-1}: 載荷後の経過時間 t_{j-1} $(\Delta t \times (j-1))$ 後の沈下量

Δt: 時間間隔 (5日～3ヶ月の間で選択)

S_f: 終局 $(t=\infty)$ 沈下量

β_0, β_1: 係数

(6)式より、Δt=30日とすると

[S(30日), S(0日)], [S(60日), S(30日)]・・・・・・・・[S($\Delta t \times j$)], S($\Delta t \times j-1$)]

の j 組の組み合せが作られる。この各組を図化プロットし、図上から β_0, β_1 を決定する。

3 計算例

東京湾および御坂港での圧密沈下観測資料をもとに沈下予測を行った。

東京湾での盛土後300日のデータによる沈下予測値をみると、最終沈下量では、星埜法で178.1cm, 双曲線法で134cm, 浅岡法で128cmとなった。また、盛土後680日のデータによる場合では、最終沈下量は星埜法で186.7cm, 浅岡法で172.1cm, 双曲線法で158.9cmとなった。又、図-3より盛土後300日での沈下予測値よりも盛土後680日での沈下予測値が、実際の沈下状況に似ている。

御坂港での最終沈下予測値をみると、星埜法で19.1cm, 双曲線法で14.7cm, 浅岡法で12.5cmとなった。

これらの予測値より、以下のことが言えよう。

① 星埜法による予測沈下量が最も大きい。

② 沈下初期時での沈下予測は、双曲線法、浅岡法は精度が良くないが星埜法では、近似の程度が前者に比べ良い。

③ 沈下予測値は計測データが増えるほど精度が良くなる。

表-1 計算結果 (東京湾：盛土後300日のデータによる)

	係数		相関係数 R	最終沈下量 Sf (cm)	備考
双曲線法	α=0.611	β=0.0075	0.997	134.1	
星埜法	A=178.1	K=0.044	0.975	178.1	Si=0
浅岡法	β_0=21.8	β_1=0.768	0.998	128.0	

Rが1.0に近いほど近似が良いことを示す。

表-2 計算結果 (東京湾：盛土後680日のデータによる)

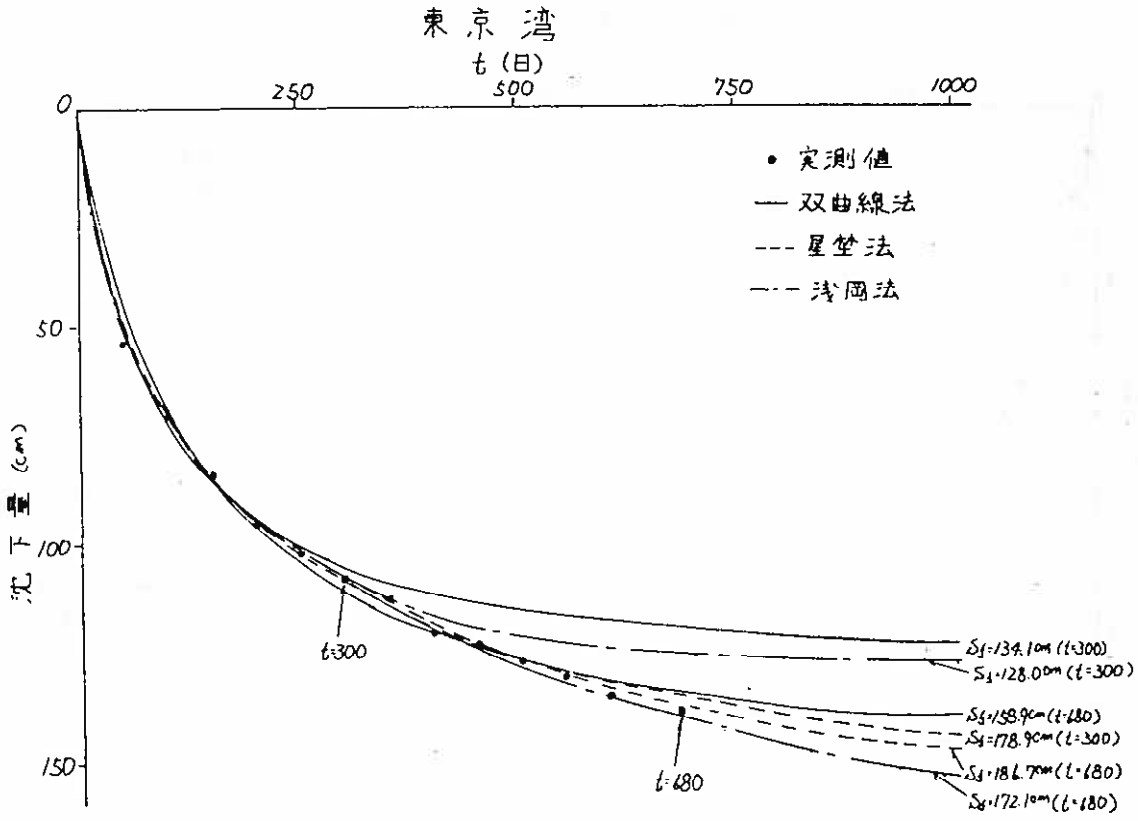
	係数		相関係数 R	最終沈下量 Sf (cm)	備考
双曲線法	α=0.797	β=0.0063	0.997	158.9	
星埜法	A=186.7	K=0.042	0.993	186.7	Si=0
浅岡法	β_0=14.87	β_1=0.914	0.980	172.1	

Rが1.0に近いほど近似が良いことを示す。

表-3 計算結果 (御坂港)

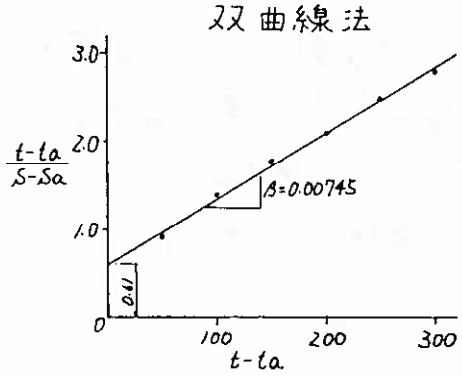
	係数		相関係数 R	最終沈下量 Sf (cm)	備考
双曲線法	α=2.325	β=0.068	0.994	14.7	
星埜法	A=13.43	K=0.029	0.023	19.1	Si=0
浅岡法	β_0=3.65	β_1=0.710	0.993	12.5	

Rが1.0に近いほど近似が良いことを示す。

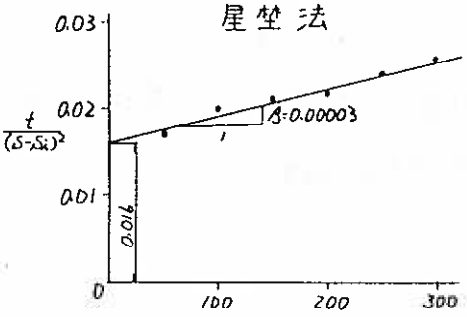


図－3

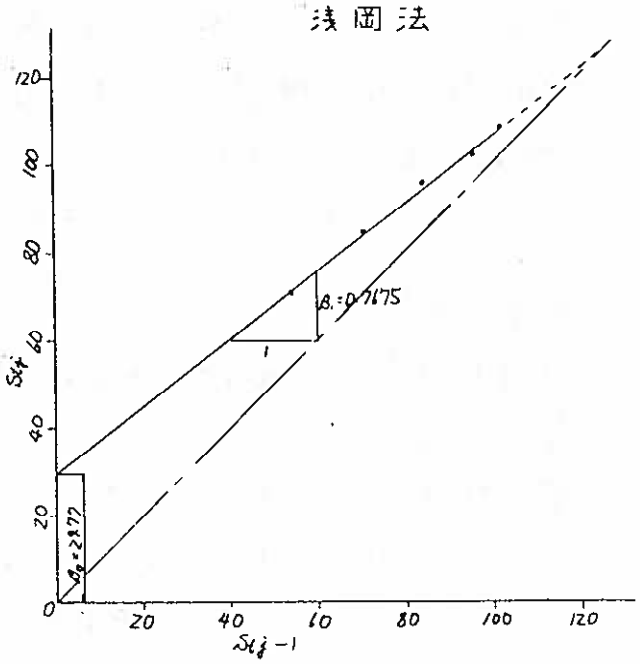
○盛土後300日のデータによる計算図



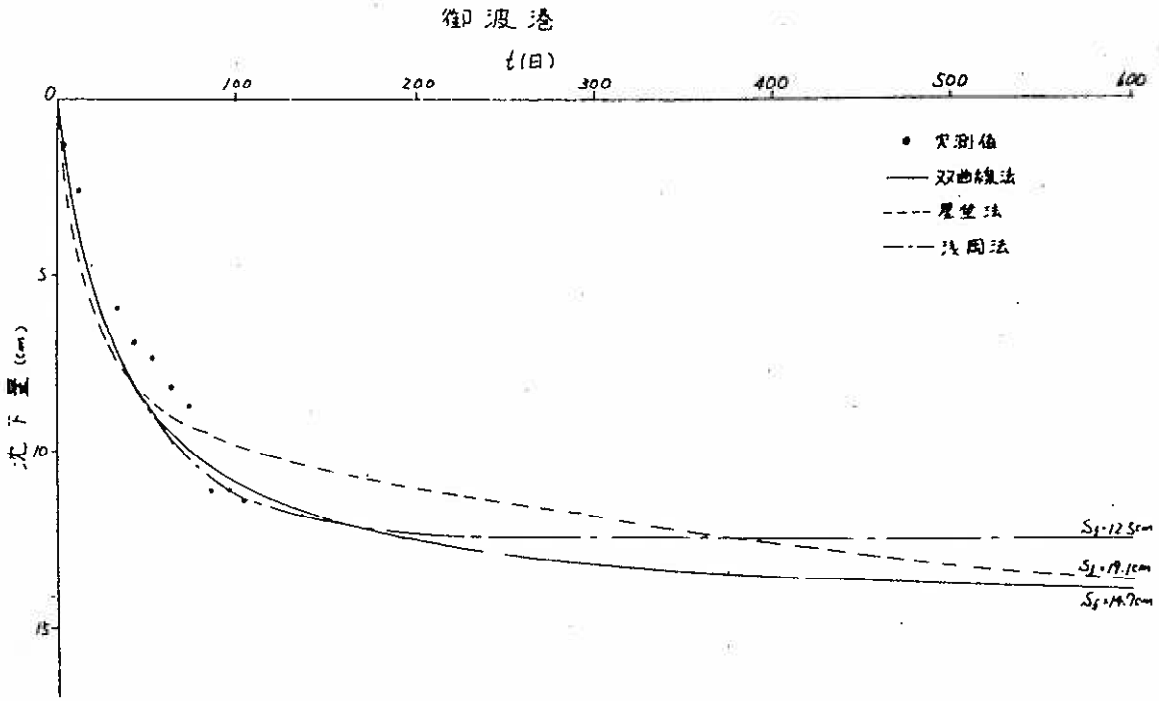
図－4



図－5



図－6



4 あとがき

今後軟弱地盤上の盛土工事を行う場合に構造物の安全を確保する為に重要なポイントなる残留沈下量を計測結果から予測する手法についての説明及び計算例を示した。今後共、計測値による沈下予測を行い、各種方法の得失を明らかにすると共に理論的な予測手法の検討を行いたい。

[参考文献]

・舟石木光輝海(1977):軟弱地盤の盛土による沈下の時間的経過の予測「土質工学会論文報告集」Vol.17. NO.2.

・柴田徹(1979):長期計測による予測への活用「土と基礎」Vol.27. NO.3

・浅岡顕(1977):沈下-時間関係予測の信頼性解析「第13回土質工学研究発表会」

・「地盤改良の調査設計から施工まで」土質工学会(1977)