

III-438

一次元圧密沈下の統計的解析

岡山大学 正会員 ○西村伸一 藤井弘章

岡山大学

山上裕愛

1. はじめに 土質定数が空間的にばらついていることは周知の事実である。本研究では、一次元圧密理論によって、盛土に伴う軟弱地盤の最終圧密沈下量の推定を行った。圧縮指数、膨潤指数、圧密降伏応力、初期間隙比を確率変数とし、モンテカルロシミュレーション法を用いて、最終圧密沈下量をばらつきをもった値として評価した。笠岡湾干拓地における軟弱地盤を解析対象とし、現地における沈下実測値との比較検討も行った。

2. 解析手法 一次元圧密理論においては最終圧密沈下量は(1)式によって求めることができる。ここで、地盤の単位体積重量のばらつきはきわめて小さいことが分かっているので、有効土被り圧 P_z は確定値と仮定した。また、載荷重 P も確定的に得られるものとした。本研究で対象とする土質試験結果からはパラメータの分布形まで求めることはできないが、 C_c , e , P_c は正規分布することが報告されており¹⁾²⁾、ここでは C_s も含めて正規分布するものと仮定した。従って、正規乱数を用いたモンテカルロシミュレーションによって最終圧密沈下量の分布を求めることができる。また、 C_c と e のあいだには強い正の相関性が存在するので、シミュレーションにはこれを考慮した。

3. 対象地盤における土質定数

笠岡湾干拓地における C_c , C_s , e , P_c の分布をFig.1~Fig.4に示す。また、平均値と変動係数をTable1に与えた。 C_c , C_s , e に関しては、地層を3層に分割し、層ごとに平均値と変動係数を求めた。(第一層と第三層の変動係数は第二層より大きめの値を仮定したものである。) また、 P_c に関しては深さ方向の回帰直線を考えた。対象地盤は、安定した状態で生成された均質な海成沖積粘性土地盤であるので、各パラメータのばらつきの小さいことが特徴的である。これらのパラメータは本来空間的にばらついており、空間的な相関性を考慮しなければならない。しかし、本報告においてはデータの不足により空間的な相関性を求めることは困難であるので、ばらつきの最大値を考えるとという意味において、各層ごとに完全相関を仮定した。また、第二層の e と C_c の相関性を調べたところ0.7という高い相関係数が得られた。他のパラメータ間には有意な相関性は認められなかった。解析は、

最終圧密沈下量

$$S = \int_H \frac{C_s}{1+e} \log_{10} \left(\frac{P_c}{P_z} \right) dZ + \int_H \frac{C_c}{1+e} \log_{10} \left(\frac{P_z+P}{P_c} \right) dZ \quad (1)$$

e : 初期間隙比 C_c : 圧縮指数

C_s : 膨潤指数 P_c : 圧密降伏応力

P_z : 有効土被り圧

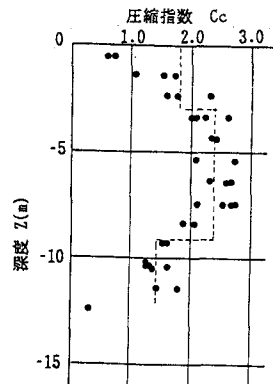
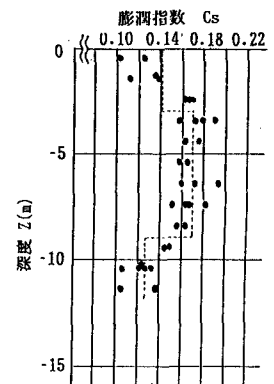
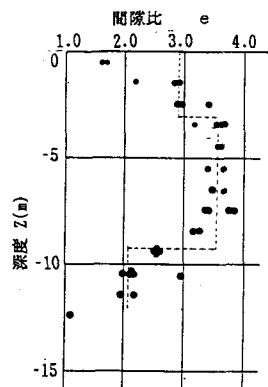
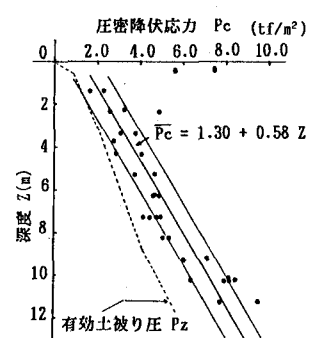
H : 粘土層厚 P : 載荷重

自己相関関数

$$r(\Delta Z) = \exp(-\Delta Z / \delta) \quad (2)$$

ΔZ : 深さ方向の2点間の距離

δ : 相関距離

Fig.1 圧縮指数 C_c の分布Fig.2 膨潤指数 C_s の分布Fig.3 初期間隙比 e の分布Fig.4 圧密降伏応力 P_c の深さ Z 方向の分布

単位体積重量 1.8tf/m^3 、盛土高 2.1m の盛土に伴う沈下を対象とした。

4. 解析結果 シミュレーション回数を1000回として地表面の沈下量の推定を行った。各層で各パラメータが完全相関していると仮定した場合の結果をFig.5に示す。結果は変動係数 0.38 とかなりのばらつきを有しているが、最大 $1.8\text{m}\sim 1.9\text{m}$ 前後までの沈下量が存在する可能性を示している。また、図中に併せて対象地区における沈下実測値の結果を示している。実際の盛土は、盛土厚さが必ずしも 2.1m ではなく、また、単位体積重量の測定もなされなかったので計算結果との厳密な比較はできないが、実測結果は計算によって求められたばらつきの範囲内に入っている。各パラメータの解析結果に対する感度を調べた結果、 P_c が計算結果に及ぼす影響が特に大きいことが分かった。すなわち、実際には、 P_c は空間的に分布するので、(2)式の深さ方向の自己相関関数を仮定した計算も行った。但し、相関距離は $\delta=0.5\text{m}$ 、 1.0m 、 2.0m を仮定した。これらの値は、今回対象としているような均質な沖積粘性土地盤に対しては、一軸圧縮強度のそれと比較して妥当な仮定であるといえる。¹⁾シミュレーション結果の平均値と変動係数をTable2に示す。相関距離の増加に伴い変動係数は大きくなっている。 $\delta=1.0\text{m}$ の場合の沈下量の頻度分布をFig.6に示す。ばらつきの範囲は、変動係数が 0.19 とFig.5の場合と比較すると半減している。

5. まとめ (1) C_c , C_s , e , P_c を確率変数として、最終圧密沈下量をモンテカルロシミュレーションによって推定したところ、沈下量の頻度の90%存在域を考えると、 $0.4\text{m}\sim 1.9\text{m}$ のかなり広範囲のばらつきが得られた。(2)解析結果に対する各パラメータの感度を調べた結果、 P_c のそれが特に大きいことが分かった。 P_c の深さ方向の自己相関（相関距離 1.0m ）を仮定してみた結果、沈下量の90%存在域は $0.8\text{m}\sim 1.5\text{m}$ となり、なおもかなり広い範囲のばらつきが得られた。

参考文献 1)土質工学会：土質基礎の信頼性設計，土質基礎工学ライブラリー28，1985。2)Krizek, R.J., Corotis, R. B. and El-Moursi H.H.: Can. Geotech. J., Vol. 14, 17, pp. 17-33, 1977。

Table1 パラメータの統計量

パラメータ		C_c	C_s	e	$P_c(\text{tf/m}^2)$	$\gamma_s(\text{tf/m}^3)$
1層	平均	1.77	0.155	2.96	-	1.42
	変動係数	0.20	0.20	0.20	0.854	-
2層	平均	2.35	0.167	3.54	-	1.37
	変動係数	0.15	0.10	0.10	0.854	-
3層	平均	1.46	0.128	2.18	-	1.54
	変動係数	0.20	0.20	0.20	0.854	-

* P_c は標準偏差が与えられている。

* $C_c - e$ の相関係数は 0.7

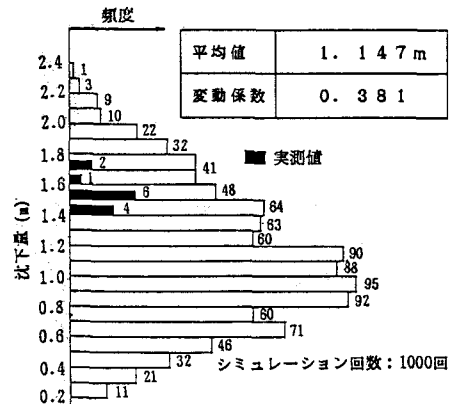


Fig.5 最終圧密沈下量の頻度分布

Table2 P_c の相関距離に伴う沈下量の変化

相関距離 (m)	沈下量	
	平均値(m)	変動係数
0.5	1.140	0.155
1.0	1.138	0.185
2.0	1.138	0.229

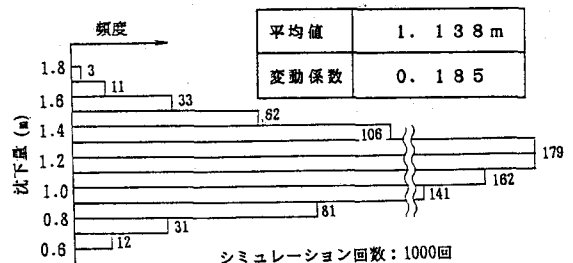


Fig.6 最終圧密沈下量の頻度分布
(P_c の自己相関を考慮)