

III-663

土質パラメータの推定誤差を考慮した上・下部構造一体システムの最適化

金沢大学大学院 学生員 ○小林一三 石川高専 正会員 出村禎典
金沢大学 正会員 太田秀樹

1. まえがき 軟弱地盤上に構造物を建設する場合基礎の沈下を必ず考慮に入れて設計しなければならない。著者らは、これまでに、沈下に対する一つの最適設計手続きを提示した。その概略は、構造物を上、下部構造から成る一体システムと捉え、沈下の抑制を基礎（下部構造）のみに負担させるのではなく、上部構造の剛性を増加するなどして上部構造にも負担させる。上、下部構造間の分担割合は構造物全体の建設費の合計が最も小さくなるように決定する。ところで、最適化計算には基礎の沈下量の予測が不可欠である。本手法では、弾粘塑性モデルを組み込んだ有限要素法を用いている。ところが、このような沈下予測過程には多くの不確実要因が存在する。本報告は、不確実要因の最適化計算への定量的評価について検討したものである。不確実要因には、①数値計算用モデルと実際に建設された構造物との違い、②計算に用いる入力パラメータの推定誤差、③構造物に作用する各種外的作用のランダム性、などがあるが、本報告では、とくに②の土質に関する入力パラメータの推定誤差に注目する。土質パラメータを確率変数として扱うことにより、不確実要因の定量化を図る。

2. 対象構造物と土質パラメータ推定誤差 対象構造物の概略を図-1に示す¹⁾。建物は隣接して2棟あり、A棟は91.0m×37.1mの鉄骨造平家建倉庫、B棟は29.4m×18.0mの鉄骨鉄筋コンクリート造4階建事務所である。両棟とも、基礎には摩擦杭（節杭φ400～500、L=12m）を、その打込みによる埋立砂質土層の締固め効果に期待して打設されている。A棟では幅50cm、桁高300cmの基礎梁が格子状に配置されている。最適化の対象はA棟のみで、設計代替案に基礎梁の高さ（上部構造）と杭長（下部構造）を設定した。沈下解析は、関口・太田の弾粘塑性モデルを組み込んだ土／水連成解析プログラムDACSARを用いた²⁾。解析に必要な土質パラメータは、

土質調査として比較的手しやすく、材料の物性定数とも密接に関連のある塑性指数PIから推定する手順を採用する³⁾。土の変形解析に直接関係するパラメータである非可逆比A、限界応力比M、圧縮指数λについてばらつきを考慮する。PIと各パラメータとの関

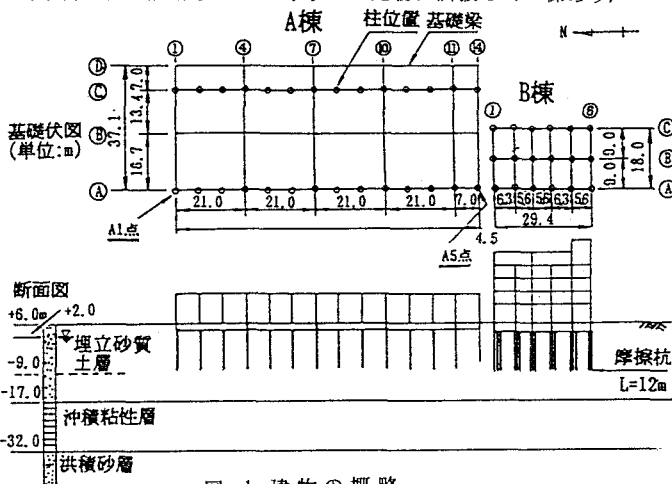


図-1 建物の概略

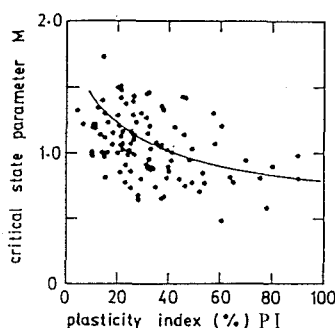


図-2 限界応力比と塑性指数の関係

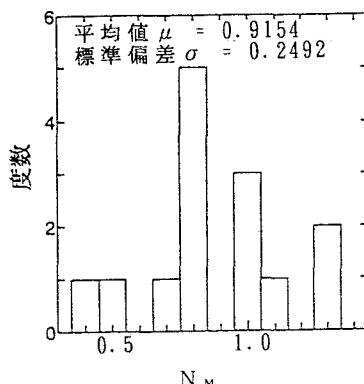


図-3 補正係数 N_M の度数分布

係の一例を図-2に示す。図中の実線はPIからのパラメータMの推定式を表している。図-2から明らかに、PIからの推定にはかなり誤差がともなうことが読み取れる。そこで、 $M = N_M \cdot M_c$ と表す。ここに、 M_c はPIから推定式を用いて求めた値で、 N_M は修正係数である。修正係数 N_M を確率変数とする。したがって、Mも確率変数となる。図-2の結果から求めた修正係数の頻度グラフを図-3に示す。頻度グラフから求めた各係数の平均値 μ 、標準偏差 σ を表-1に示す。変動係数として0.1から0.30のばらつきとなっている。

表1 パラメータ修正係数の確率特性

修正係数	平均値 μ	標準偏差 σ	変動係数 ν
N_M	0.915	0.249	0.272
N_A	0.500	0.155	0.310
N_s	0.482	0.047	0.098

3. パラメータのばらつきが相対沈下に与える影響 表-1の修正係数のばらつきからRousenbluth法を用いて相対沈下の平均値、標準偏差を計算すると表-2のようになる⁴⁾。相対沈下量と変形角 θ の関係を図-4に示す。なお、計算に際しては、修正係数間の相関は無視している。表から明らかに、相対沈下のばらつきは変動係数として0.15程度の値となり、修正係数の変動係数よりかなり小さくなっている。次に、表-2の結果を用いて、許容相対沈下 $\theta = 0.8 \times 10^{-4}(\text{rad})$ を超過する確率P、が0.1585となる場合の最適化を図示すると図-5のようになる。許容相対沈下と許容応力 $\sigma(50\text{kg}/\text{cm}^2)$ の許容空間を重ね合わせ最適空間を求め、その許容空間を満たす杭長、基礎梁の組合わせに費用評価線をあてはめる事で最適案の決定が可能となる。図中で●印の点が最小建設費で、桁高3m、杭長12mが最適設計案となる。ちなみに $P_s=0.5$ 、 S_{max} ；相対沈下量の最大値とすれば、桁高3m、杭長6mが最適設計案となり、杭長が小さく図-4変形角 θ と相対沈下の関係なる。

表-2 変形角 θ の平均値 μ と標準偏差 σ

基礎梁高	1 (m)	3 (m)	5 (m)
杭長 2.4 (m)	μ 6.298	5.217	3.960
	σ 0.960	0.574	0.689
1.2 (m)	μ 9.196	6.583	4.496
	σ 1.406	1.084	0.687
0 (m)	μ 14.97	9.704	5.204
	σ 2.585	1.644	0.551

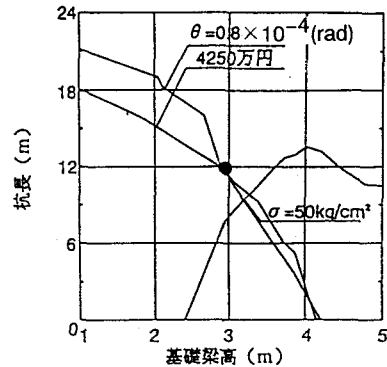
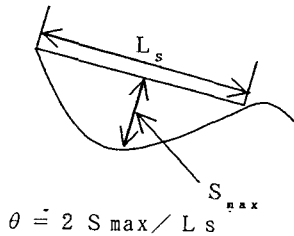


図-5 超過確率 $P = 0.1585$ の場合の最適化

4. むすび 本報告では、基礎の沈下解析に用いる土質パラメータの推定誤差が最適設計値決定にどの程度の影響を与えるかについて検討した。その結果、推定誤差を確率変数として取り扱うことにより、推定誤差の影響が定量的に把握できる。土質パラメータの変動に比べ基礎の相対沈下の変動が小さい、などの事柄が明らかとなった。

参考文献 1) 末松、兵頭、佐田：不同沈下を考慮した建築基礎の設計と実測、第32回土木学会ソポツウA-支持杭に頼らない基礎工法、昭和62年度発表論文集、社団法人土質学会 2) Sekiguchi and Ohta (1987) Soil & Foundations, Vol. 27, No. 3. 3) Iizuka and Ohta (1977) 9th ICSMFE, Specialty Session 9. 4) Rosenbluth : Proc. Nat. Sci. USA Vol. 72, No. 10.