

I-420

拡張ベーズ法による杭の変位推定のための地盤定数の逆解析（その2）

岐阜大学 学生会員 工藤 暢章

岐阜大学 正会員 本城 勇介

長岡技術科学大学 学生会員 岩本 悟志

長岡技術科学大学 正会員 小川 正二

1 実データを用いた杭の逆解析

ここでは、拡張ベーズ法を用いて実際の杭の載荷試験で得られた観測データを元に、杭の載荷荷重-沈下量曲線の関係式を提案する。すなわち観測データによく適応したモデルを選択し、そのときのパラメータを推定する。

2 解析手法

2.1 杭の力学モデル

本研究で用いた杭の沈下量計算モデルは、ミンドリンの第一解の重ね合わせにより導かれたものであり、下式となる。

$$\{p\} = \left[[I] - \frac{E_p R_A}{48^2} d [I_p] \left[\frac{1}{E_s} \right] [I_s] \right]^{-1} \{Y\} \quad (1)$$

ここに $\{p\}$:等分割した杭の要素の各変位、 E_p :杭のヤング定数、 $[E_s]$:各要素付近の地盤のヤング定数、 $[I_p]$:杭の変位係数、 $[I_s]$:ミンドリンによる地盤の変位係数、 $\{Y\}$:外力によって生ずる摩擦力

仮定の違いにより、①杭と地盤との境界面の滑動を許さないもの、②境界面の粘着強度によって判別される滑動を考慮したもの、2つのモデルについてそれぞれ解析を行った。以下、それぞれ、モデル①、モデル②と呼ぶ。推定パラメータは、モデル①では各層のヤング定数であり、モデル②ではこれに粘着強度が加わる（図-1）。

2.1（拡張ベーズ法）

本解析ではパラメータの最適化の際定める目的関数の定式化に拡張ベーズ法を用いた。観測情報に事前情報を導入する方法により、杭解析に重要な問題である観測データの共線性を除去し、解を安定させる。なお事前情報平均値へ与える適切な重みはABIC（赤池のベーズ情報量基準）により決定される。観測データの共線性、拡張ベーズ法による定式化、ABICについては本年講集「拡張ベーズ法による杭の変位推定のための地盤定数の逆解析 その1」（本城、工藤）を参照されたい。

3 解析

バンコクで行われた高架高速道路の建設に際し行われた7本の杭の載荷試験結果を観測データとして逆解析を行い、予め3層に分けた地盤各層のヤング定数、粘着強度を求める（図-2）。事前情報はN値をもとに表-1のように設定した。逆解析の流れを図-3に示す。解析ケースは杭の設計を目的とした載荷荷重425ton程度までのもの、大きな杭頭変位の生じる直前の1000ton程度までの観測データまでのもの、それぞれに対して、モデル①、②を用いて各パラ

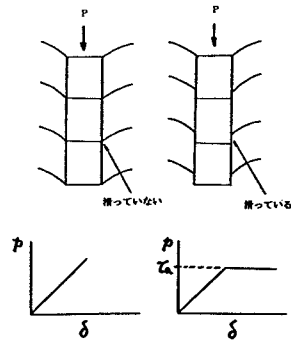


図-1 モデル式の仮定条件

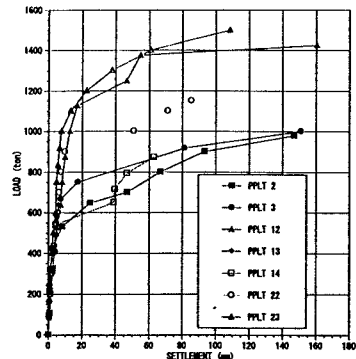


図-2 載荷試験結果：載荷荷重-沈下量曲線

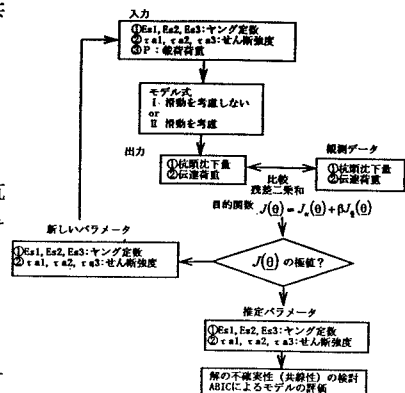


図-3 逆解析の流れ

各パラメータを推定した（表-2）。

3.1 解析結果

解析結果を表-3に示す。モデル①NS425, NS1000においてそれぞれ20000ton/m², 10000ton/m²前後のヤング定数が得られた。また事前情報に与える重みが小さいときにABICの最小値が得られた。一方、モデル②のS425, S1000については、推定パラメータは目的関数を最小化する過程で、ヤング定数は変化しなかった。

各ケースで推定された地盤のヤング定数、粘着強度から荷重-沈下量曲線を求めた（図-5）。これより、モデル①が観測値に近かった。モデル①はヤング定数の違いによる直線の傾きが見られた。

3.2 考察

モデル①における両ケースのヤング定数の違いは、地盤の初期、割線ヤング定数の違いと考えられる。事前情報への重みが小さかったことは、この観測データは事前情報をあまり考慮しなくても安定した解が得られることをABICが示したと言える。モデル②の結果は、この杭の挙動予測モデルの滑動-非滑動という非連続性のため、最適化の際、粘着強度に関する感度はヤング定数のそれより極めて敏感になった。この結果、ヤング定数の調整を粘着強度のパラメータが制御してしまい、最適化が困難な状況であったものと思われる。

4 結論

今回の観測データに関して

- (1) 以下のヤング定数を滑動を考慮しないモデルに対して用いた場合、最も観測値に一致した。

NS425	NS1000
E1=15400 ton/m ²	E1= 7700 ton/m ²
E2=21200 ton/m ²	E2=10400 ton/m ²
E3=38700 ton/m ²	E3=13700 ton/m ²

どちらの値を採用するかは設計載荷荷重より適宜判断する。

- (2) 今回解析の対象とした杭の載荷試験データはパラメータ決定に関しては性質の良いデータであり、事前情報の必要性の低いことをABICは示した。

- (3) 滑動を考慮するモデルは杭の挙動の非連続性のため滑動を支配するせん断強度のパラメータに支配され、最適化が困難であった。

なお、今回の解析モデル②におけるパラメータの推定の最適化計算多少の困難があったため、モデル①と②の比較を行うことはしていない。

参考文献

工藤暢章「逆解析による杭の変位推定のための地盤定数の推定」
長岡技術科学大学修士論文、1995 3月 他

表-1 事前情報平均値

Parameter	Information Value(ton/m ²)	Variance (ton/m ²) ²
Es1	2810	3.80E-02
Es2	8630	3.50E-01
Es3	14480	1.00E+00
τ ₁	2.3	2.50E-08
τ ₂	8.5	3.50E-07
τ ₃	11.0	5.80E-07

表-2 解析ケース

解析ケース	杭-地盤間の滑動の考慮 (モデル)	観測データ
NS425	考慮しない ヤング定数	載荷荷重425ton
S425	考慮する ヤング定数	程度
NS1000	考慮しない ヤング定数	載荷荷重1000ton
S1000	考慮する ヤング定数	程度

表-3 解析結果

Parameter	Optimized Value(ton/m ²)	Std. Dev. (ton/m ²)	Std. Dev. (%)	Beta	ABIC min.
Es1	15390	184	1.20	1.00E-07	1944.5
Es2	21170	581	2.74		
Es3	38650	1631	4.24		

Parameter	Optimized Value(ton/m ²)	Std. Dev. (ton/m ²)	Std. Dev. (%)	Beta	ABIC min.
Es1	2810	51	1.81	1.00E-04	2468.1
Es2	8630	119	1.38		
Es3	14480	321	2.22		
τ ₁	1.85	0.111	6.00		
τ ₂	13.04	0.243	1.86		
τ ₃	10.79	0.447	4.14		

Parameter	Optimized Value(ton/m ²)	Std. Dev. (ton/m ²)	Std. Dev. (%)	Beta	ABIC min.
Es1	7700	46	0.60	1.00E-05	4288.5
Es2	10400	112	1.08		
Es3	13650	820	6.01		

Parameter	Optimized Value(ton/m ²)	Std. Dev. (ton/m ²)	Std. Dev. (%)	Beta	ABIC min.
Es1	2810	25	0.89	1.00E-04	5015.6
Es2	8630	67	0.78		
Es3	14480	133	0.92		
τ ₁	3.55	0.11	3.10		
τ ₂	27.2	0.335	1.23		
τ ₃	17.36	0.497	2.86		

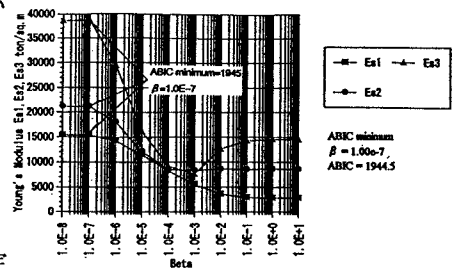


図-4 推定パラメータの変化

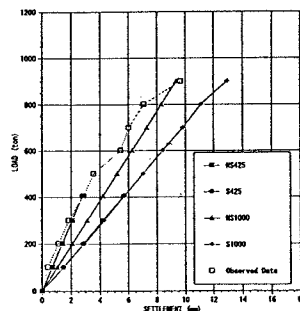


図-5 各ケースで推定された載荷荷重-沈下量曲線