

(Ⅲ－８) 逆解析による杭の変位推定

○長岡技術科学大学 学生会員 工藤 暢章
長岡技術科学大学 正 会 員 本城 勇介
長岡技術科学大学 正 会 員 小川 正二

はじめに

近年の計算機の発達により逆解析はパラメータ推定の有効な手段となってきたが、この手法を用いて杭の載荷試験のデータから地盤のヤング係数を求め、これを評価した。その結果、信頼性の高い解（ヤング係数）を得るためにはできるだけ様々な地盤及び載荷条件のデータを用いた方が有効であることが確認された。

解析手法

載荷試験で得られたデータ（杭荷重、杭の軸応力分布、杭頭変位）と、この関係を表すモデル式の間には式(1)の関係がある。

$$y_{ij}^* = f_i(x_j | \theta) + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

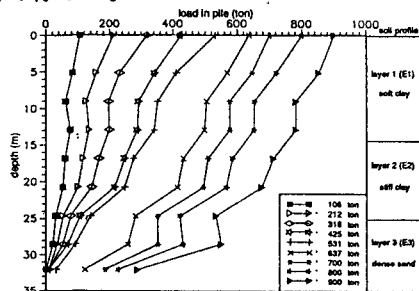
ここに

- y_{ij}^* : 実測データ
- f_i : モデル式 (Poulos and Davis 式)
- x_j : 荷重値
- θ : モデルパラメータ : ヤング係数
- ε_{ij} : 誤差ベクトル
- i : 計測項目
- j : 荷重段階

ここで生ずる誤差ベクトル ε_{ij} は多変量正規分布に従うものとし、各変量における分散値 λ_{ij} の逆数を重みとして式 (2) の評価関数を定め、これを最小化した時点での $\hat{\theta}$ を推定されたヤング係数とする。

$$J(\theta) = \sum_i \sum_j \left(\frac{\varepsilon_{ij}}{\lambda_{ij}} \right)^2 \\ = \sum_i \sum_j \left(\frac{1}{\lambda_{ij}} \right)^2 \{ y_{ij}^* - f_i(x_j | \theta) \}^2 \quad (2)$$

なおモデル式には Poulos and Davis の式を用い、最適化に当たっては共役勾配法を基本とした Fletcher-Reeves 法で行った。



図－１ 実測された杭の軸応力分布 A1

Project	Pile No.	Diameter (m)	Length (below G.L., m)	Working Load (ton)
A	A1	1.2	32	425
	A2	1.0	31	425
	A3	1.0	45	425
	A4	1.2	40	425
	A5	1.2	31	425
	A6	1.0	40	425
	A7	1.2	45	425

表－１ 杭の寸法 G.L.: Ground Level

Pile No.	Parameters	Estimated Mean Value (t/m ²)	Standard Deviation (t/m ²)	C.O.V.* (%)	$J(\hat{\theta})$
A1	E1	8523	133	1.56	303963
	E2	9657	982	10.17	
	E3	11763	1156	9.83	
A2	E1	5758	100	1.74	977118
	E2	7920	897	11.33	
	E3	9948	1093	10.99	
A3	E1	8138	144	1.75	80509
	E2	7273	399	5.49	
	E3	9779	556	5.69	
A4	E1	6396	110	1.72	23623
	E2	10589	826	7.80	
	E3	11027	728	6.60	
A5	E1	11616	151	1.30	22861
	E2	14141	936	6.62	
	E3	18053	4068	22.54	
A6	E1	9753	108	1.11	306702
	E2	13254	743	5.61	
	E3	19270	1619	8.40	
A7	E1	11010	128	1.16	33523
	E2	10510	570	5.42	
	E3	14645	674	4.60	

*Coefficient of variation

表－２ 杭 A1 のデータからの推定値

Parameters	Estimated Mean Value (t/m ²)	Standard Deviation (t/m ²)	C.O.V.* (%)	$J(\hat{\theta})$
E1	9090	30	0.33	2765339
E2	9830	68	0.69	
E3	14490	118	0.81	

表－３ 杭 A1-A7 すべてのデータを用いたものからの推定値

バンコクで行われた 6本(A1-A7)の杭打ち試験の結果をもとに逆解析を行った。その時のデータを表-1、図-1に示す。解析結果を比較するため、①それぞれの杭の試験データのみを用いたもの、②すべての杭のデータを用いたもの、の2つの方法で解析を行った。

(a) E_1 (constant) = 8523 t/sq.m

(a) E_1 (constant) = 9090 N/sq.m

Contour is in the order of 10^{-4}

$$\begin{array}{cc}
 \text{PILE A1} & \text{PILE A2} \\
 \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.825 & -0.647 \\ 0.825 & 1 & -0.963 \\ -0.647 & -0.963 & 1 \end{array} \right) & \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.838 & -0.662 \\ 0.838 & 1 & -0.962 \\ -0.662 & -0.962 & 1 \end{array} \right) \\
 \\
 \text{PILE A3} & \text{PILE A4} \\
 \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.936 & -0.707 \\ 0.936 & 1 & -0.906 \\ -0.707 & -0.906 & 1 \end{array} \right) & \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.904 & -0.681 \\ 0.904 & 1 & -0.926 \\ -0.681 & -0.926 & 1 \end{array} \right) \\
 \\
 \text{PILE A5} & \text{PILE A6} \\
 \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.789 & -0.613 \\ 0.789 & 1 & -0.966 \\ -0.613 & -0.966 & 1 \end{array} \right) & \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.889 & -0.705 \\ 0.889 & 1 & -0.946 \\ -0.705 & -0.946 & 1 \end{array} \right) \\
 \\
 \text{PILE A7} & \text{All Data} \\
 \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.881 & -0.624 \\ 0.881 & 1 & -0.912 \\ -0.624 & -0.912 & 1 \end{array} \right) & \left(\begin{array}{ccc} 1 & 0.754 & -0.406 \\ 0.754 & 1 & -0.246 \\ -0.406 & -0.246 & 1 \end{array} \right)
 \end{array}$$

— 289 —