

杭基礎における水平地盤反力係数の逆解析

熊本大学大学院 学生員 ○東山文雄

熊本大学工学部 正会員 大谷 順

1.はじめに

近年、逆解析は、地盤工学の分野においても広く実施されている。しかし、一般に逆問題を解く際には、順問題と異なり何らかの非適切性が生じることが既に指摘されている¹⁾。今日、地盤工学における逆解析は、ただ単に観測値を用いて、ある土質パラメータを同定することだけにとどまらず、その問題に対する非適切性を適切化し、より精度良く解を得ようとする方向に進んできている。また、この問題の適切化を行うに際し、モデルの選択や観測データの質および量の選択も、重要視されてきている。その一例として、地盤工学の逆問題においては、一般に観測データの数、求めたいパラメータの数より少ないのが現状である。この場合、逆問題でいわれている非適切性の1つである「解の一意性がない」が現れ、その適切化の方法として事前情報の利用などが挙げられる。

本研究は、地盤工学の一つの問題として杭基礎の横抵抗問題を対象とし、問題の適切化を図るために事前情報として地盤条件(ここでは、N-値の分布性状)を導入し、ベイズアプローチを用いることにより、地盤内の水平地盤反力係数の同定を行うものである。

2.解析モデルおよび手順

解析モデルとして、有限要素法を用い、要素ごとに地盤反力係数 k を離散化し、これを杭径で除した値 θ をベイズアプローチを用いて同定する。解析手順は、まず、杭の水平載荷試験の順解析を行う。この解析地盤の土質条件として、N-値および k 値分布を図-1に示す。次に、ここで得られた変位分布を観測値として、地盤反力係数を同定する逆解析を行う。本研究では、観測データとして、実際の水平載荷試験を想定するために観測節点数が、地表面から観測可能な2点の場合(図-1のまるで囲まれた部分)について考える。この場合、観測の数に対して未知の数の方が多くなるため事前情報の導入が必要となる。本研究では、事前情報(N値ベクトル)と未知パラメータベクトル θ の関係²⁾を以下のように定義する。

$$\theta = cN$$

ここで、 c は最小二乗法により決定する。

3.数値解析結果と考察

順解析を行うに際して、地盤の非線形性を考慮するために載荷重の影響をよく受けると考えられる第1層目の地盤反力係数を載荷重の増加とともに減少させて解析を行った。その解析結果をプロットしたものが図-2である。ここで得られた荷重-変位関係から、表-1に示す荷重条件に注目して逆解析を行った。図-3は、順解析により得られた荷重-変位分布である。杭体の諸元は、杭長26.5m、杭径1.00m、杭体の剛性 $EI=1.00 \times 10^6(\text{tf} \times \text{m}^2)$ である。

逆解析に際しては、要素モデルは順解析のものと同様のものを用いた。各ケースにおいて同定された地盤反力係数を、表-2に示す。どのケースにおいても上層の地盤反力係数は真値に近い値に収束しているが、下層については、うまく収束していない。これは、事前情報を線形的に与えて

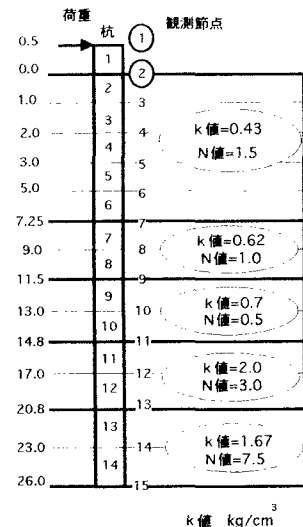


図-1 p=100tfの場合の地盤物性および要素分割図

いるために、事前情報が複雑な変化を示す下層の部分に対応していないために生じたものと考えられる。また、この場合の荷重-変位分布を図-4に示す。case-1,2については、推定変位は解析値に近づいており、よい結果が得られているのが明らかであるが、case-3については、観測節点数が杭頭および地表面の2つではうまく変位を推定できない。ことから、載荷重増加に伴い実際の水平載荷試験で得られる杭頭および地表面の2節点ではうまく変位を推定することはできないことが明らかになった。

4.おわりに

今回、水平地盤反力係数を逆解析により推定する際に重要なポイントの一つとして、事前情報の分布形状があると考えられる。ゆえに、より実際の地盤の物性に即した事前情報の選択が今後早急に求められる課題だと考えられる。また、杭に作用する荷重が増加することに伴い、実際の水平載荷試験により得られている変位レベルではなく、より多くの観測変位が必要であると考えられる。

表-2 各ケース毎の地盤反力係数推定値

深度(m)	地盤反力係数(kg/cm ³)					
	case-1		case-2		case-3	
	真値	推定値	真値	推定値	真値	推定値
0.50	0.43	0.39	0.23	0.24	0.08	0.08
1.50	0.43	0.43	0.23	0.25	0.08	0.11
2.50	0.43	0.46	0.23	0.24	0.08	0.11
4.00	0.43	0.51	0.23	0.22	0.08	0.06
6.13	0.43	0.60	0.23	0.18	0.08	0.04
8.13	0.62	0.70	0.62	0.23	0.62	0.46
10.25	0.62	0.80	0.62	0.31	0.62	0.95
12.25	0.70	0.90	0.70	0.42	0.70	0.20
13.90	0.70	0.98	0.70	0.49	0.70	-1.48
15.90	2.00	1.07	2.00	0.59	2.00	-2.11
18.90	2.00	1.22	2.00	0.78	2.00	1.31
21.90	1.67	1.36	1.67	0.92	1.67	2.29
24.50	1.67	1.48	1.67	1.08	1.67	2.23

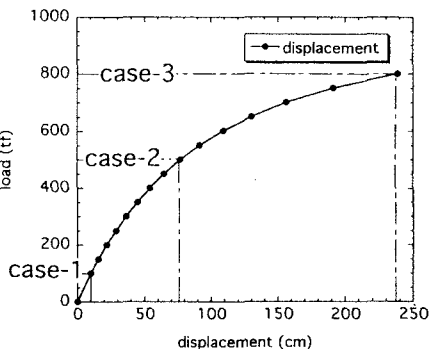


図-2 荷重-杭頭変位分布

表-1 検討ケース

ケース	荷重 (tf)
case-1	100
case-2	500
case-3	800

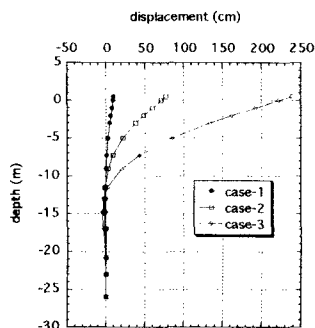
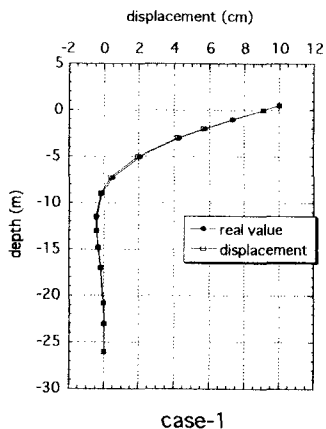
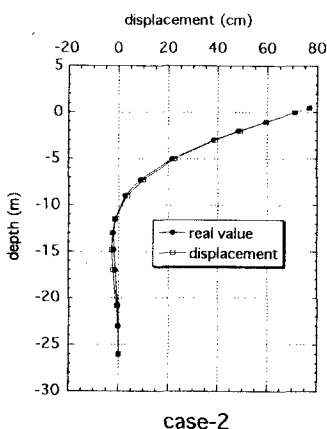


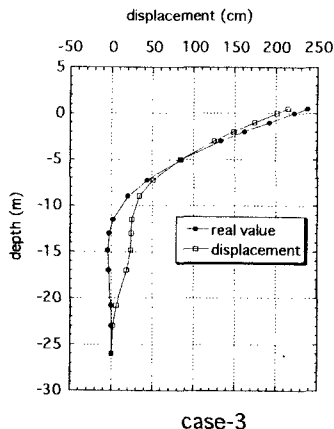
図-3 各ケース毎の荷重-変位曲線



case-1



case-2



case-3

図-4 各ケース毎の荷重-変位曲線

「参考文献」1)H.D.BUI 著:材料力学における逆問題,裳華房,207-217,1994.11.10 2)木下慎逸:拡張ベイズ理論に基づく杭基礎の逆解析に関する研究,平成六年度熊本大学修士論文