

先験情報を用いた逆解析手法の有効性に関する検証

熊本大学工学部 ○学生会員 永留 健

熊本大学工学部 正会員 大谷 順

1. はじめに

近年、地盤工学において実測データの蓄積量とその質の向上から、これらの計測結果を用いて「逆解析」と呼ばれる手法により地盤物性を同定することが種々の問題に適用されている。地盤工学における問題は、現場と強く関わる問題が多く、現在では構造物の施工中に計測を行ないながら、設計及び解析パラメータの変動を時々刻々と推定し、施工の制御を行う問題に適用できる段階までになりつつある。しかし、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⁾。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」が現われ、その適切化の方法として先験情報の利用が挙げられる。

本研究は、実際の杭基礎の載荷試験結果を用いて杭の水平地盤反力係数分布の同定を行うものである。著者らは、すでに本解析手法の有効性について模型実験結果を用いて確認しているが²⁾、今回は実問題を対象として、本解析手法の有効性を検証する。なお、結果の比較対象としては、運輸省港湾技術研究所で提案されている地盤反力係数の算定式を用いることとする。

2. 現場水平載荷試験の概要と試験結果

対象とした水平載荷試験は、港湾の建設現場で実施されたものである。水平載荷試験の試験杭は鋼管杭である。試験杭の諸元は、杭長 27.5m、杭径 1.2m、および曲げ剛性 $EI=1.659 \times 10^5 \text{tf} \cdot \text{m}^2$ である。この杭は図-1に示すように、海底地盤に 11.7m 打設されており、海底から高さ 15.55m の点で水平荷重が載荷されている。本論文では幾つかある水平載荷試験の結果より表-1に示すように、3つの荷重ケースで逆解析を行った。図-2は、

これらのケースにおける杭変位の試験結果である。また、現場の海底地盤は港研方式³⁾によるとS型地盤とC型地盤に分けられる。S型地盤とは一様な密度の砂地盤や正規圧密粘土地盤など、N値が深さに比例して増加するような地盤であり、C型地盤とは、表面の締まった砂地盤や大きな先行圧密を受けた粘土地盤など、N値が深さ方向に一定値となるような地盤とされている。原位置の地盤条件は、C型地盤についてはN値がボーリング調査により得られているが、S型地盤につ

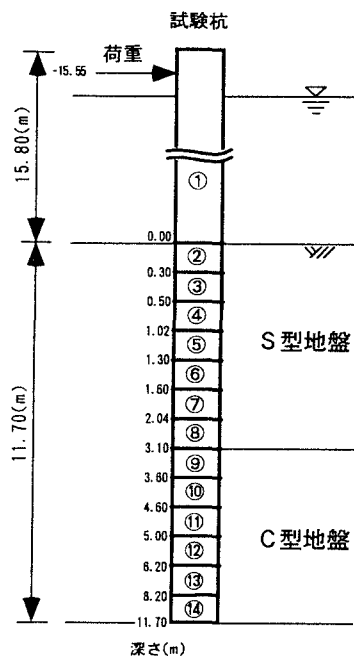


図-1 地盤モデル

表-1 検討ケース

ケース	荷重(tf)
case-1	1.019
case-2	5.469
case-3	10.779

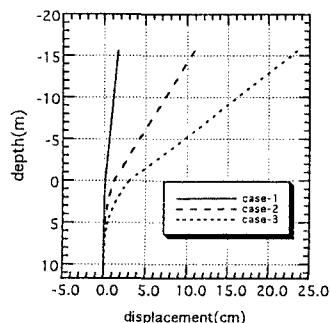


図-2 実測変位図

いては地盤データが存在していない。そのため、S型地盤の特性を考慮してN値を推定した。最終的なN値の深度分布を図-3に示す。

3. 解析モデル及び手順

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、地盤の先験情報としてN値の深度分布を用いる。それをもとに杭の水平载荷試験により得られた変位を観測値として地盤反力係数を定量的に求めることとする。本研究では先験情報と未知パラメータ 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。

4. 解析結果と考察

各ケースにおいて得られた地盤反力係数の解析結果を図-4に示す。どのケースにおいても、港研式により算定された地盤反力係数と逆解析により得られた地盤反力係数は、深さ約6mまではほぼ一致していると言える。一般に、港研式より求められる地盤反力係数は、杭の最大曲げモーメントが現れる深度より、以浅に対して比較的良好な予測値を示すとされている。本試験の曲げモーメントの最大値が発生する深さは、3ケースについてそれぞれ海底から深さ1.53m、1.78m、2.04mの地点であることがわかっている。以上より、港研式の適用範囲を考慮すると、今回の逆解析結果は算定式の結果を比較的良好な精度で表現していると言える。

5. おわりに

本解析手法により同定した地盤反力係数は、港研式により算定された地盤反力係数と比較的良好な精度で一致しており、本解析手法の実問題への適用性について確認した。今後は、より実際地盤の物性に即した先験情報の選択を行うと共に、モデルの選択についても検討していきたい。

最後に、本研究に当たり貴重な実験データを提供して頂きました運輸省港湾技術研究所の菊池氏に深く感謝いたします。

【参考文献】 1) H.D.BUI: 材料力学における逆問題, 裳華房, pp.207-217, 1994. 2) 東山文雄: 先験情報を用いた杭基礎の逆解析に関する研究, 平成8年度熊本大学修士論文 3) 運輸省港湾局監修: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 第5編 第4章 くい基礎の支持力, 上巻, pp.377-388, 1989.

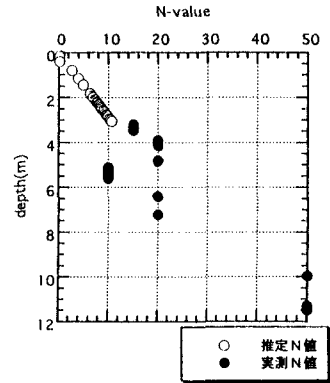


図-3 N値の深度分布

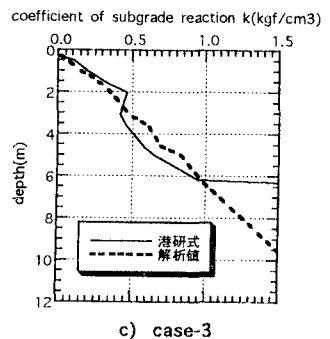
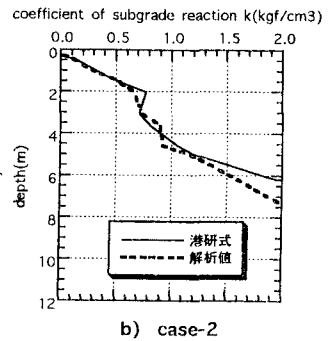
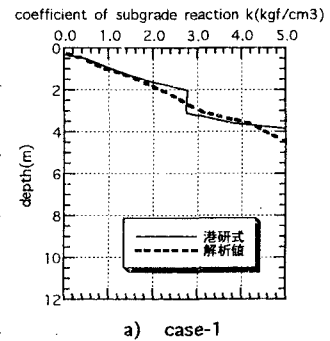


図-4 各ケースごとの地盤反力係数の深度分布