

杭打ち込み試験結果データベースを用いた

杭の支持力要因に関する統計解析

岐阜大学工学部 学生員 ○岡崎基史
岐阜大学工学部 正会員 本城勇介
岐阜大学工学部 正会員 小尻利治

1 はじめに

現場での杭の支持力は、大別して、静的な載荷試験による推定と、動的な打ち込み試験による推定の2種類に分かれる。前者は、正確な推定が行えるが、経済性に問題がある。後者は、静的な支持力推定値と著しく値が異なっている等、信頼性に問題がある。しかし、動的推定法は、経済的に有利であることから、種々の問題点を解決することにより、正確な値が得られる推定法が求められている。

2 研究概要

Paikowsky(1994)は、動的打ち込み杭の支持力を、その打撃時の測定結果から推定する方法を研究するため、これらの測定結果のデータベースを構築した。このデータベースは2つの部分からなり、ひとつはPD/LTと呼ばれるもので、打撃時の加速度記録と、後におこなわれた、静的載荷試験結果の両方を含むデータベースである。もうひとつはPDと呼ばれるもので、杭の打撃時の加速度記録のみを含むデータベースである。彼は、一応統計解析を行い従来から用いられてきた方法(波動理論、エネルギー平衡法等)に比べ、彼の提案しているエネルギー法の方がかなり正確に、支持力を予測することを示している。しかし、杭の支持力には、地盤状態や杭種、打ち込み時期の違い等の様々な因子があり、それらを統計的に解析することにより、より正確な支持力の予測が行える可能性がある。本研究では、このような予測式を統計的解析により求める。

3 研究方法

3.1 エネルギー法による定式化

杭に転嫁されたエネルギー E_n は、次のようになる；

$$E_n = \int V(t)F(t)dt$$

$V(t)$ ；杭頭の貫入速度
 $F(t)$ ；杭が受ける応力

又、リバウンド量 Q は、

$$Q = D_{\max} - S$$

$D_{\max}$ ；最大貫入量
 S ；貫入量

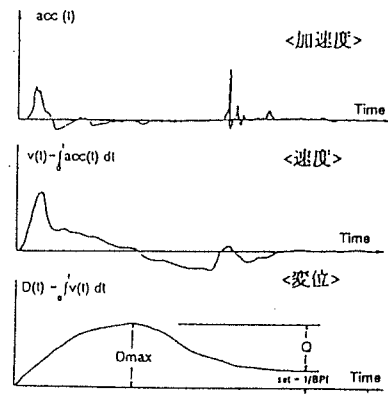
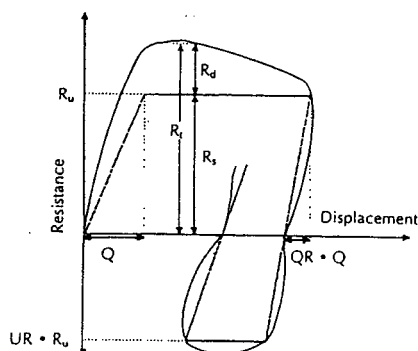


図-1 杭頭の貫入加速度、速度及び変位

E_n と Q を 図-2に示す、エネルギー平衡式に代入することにより 動的支持力 R_u は、

$$R_u = \frac{E_n}{S - \frac{(D_{\max} - S)}{2}} \quad \text{となる。}$$



エネルギー平衡式 $E = R * (S - Q/2)$

図-2 杭頭での変位と抵抗力の関係

3.2 静的支持力 R_s

式(3)の支持力式に、補正係数 K_{sp} をかけることにより、静的支持力(測定値)と、相関を持たせることができる。

$$R_s = K_{sp} * R_u$$

K_{sp} ; エネルギー損失を示す係数

表-1 K_{sp} と K_{sw} の回帰分析例

File Case Group	CAPWAP/TEPWAP		ENERGY METHOD	
	観測係数	推定係数	観測係数	推定係数
		(平均値)		(平均値)
AAA	1.265	0.492	1.367	0.839
AAS	1.272	0.749	1.385	0.831
AAC	1.319	0.383	1.443	0.872
AAR	0.908	0.58	0.906	0.823
AEA	1.248	0.74	1.478	0.9
ABA	1.284	0.614	1.268	0.786
LAA	1.372	0.554	1.399	0.832
LAS	1.366	0.595	1.366	0.816
LAC	1.391	0.393	1.501	0.882
LEA	1.529	0.528	1.574	0.966
LBA	1.307	0.596	1.272	0.78
SAA	1.108	0.932	1.25	0.856
SAS	1.142	0.952	1.486	0.863
SAC	1.021	0.653	1.132	0.804
SAR	0.908	0.376	0.906	0.829
SFA	1.113	0.933	1.252	0.851
SBA	1.069	0.785	1.247	0.902

Ksw=static load test results/CAPWAP or TEPWAP predictions

Pile-case legend: XXX

-first letter denotes pile type: A=all piles, L=large displacement, & S=small displacement.

-second letter denotes time of measurement: A=anytime, E=end of driving, & B=beginning of restrike.

- third letter denotes soil type: A=all soils, S=sand and silt, C=clay and till, & R=rock

3.3 (4) 式の改良

K_{sp} の要因には、杭や土の種類の違いや、打ち込みによる抵抗力がある。そこで、それらの要因に、ハンマーの打ち込み方法や、打ち込み回数、杭の面積比等の指標を加えた PD/LT データを用い、ケースごとに回帰分析を行い、それらの要因がどの程度支持力に影響を与えているか調べる。

3.4 統計解析

1 重回帰分析

観測値と推定されるパラメータとの関係を表す回帰式は次式で表される。

$$y = XQ + \epsilon$$

y ; K_{sp} ベクトル

X ; 観測行列 (各支持力要因)

Q ; 推定されるパラメーター

ϵ ; 誤差ベクトル

回帰式の定式化の仮定において、相関係数、 t -統計量の分析に加えて、残差分析により主だったモデルの違背を検出する作業を行う。又、分散不均一性や、条件の違いによるデータ量の格差などの問題も、変数変換や加重最小二乗法等により処理をする。

2 モデルの選択

考え得るいくつかのモデルの良さを評価・比較する基準として、AIC (赤池情報量基準) を使用し、情報量に応じたモデルの選択を行う。

$$AIC = -2(\text{最大対数尤度}) + 2(\text{パラメータ数})$$

又、従来のモデル選択法である F -検定と、AIC との比較も行う。

4 おわりに

計算結果は、講演時にゆずる。

参考文献

- 1) Paikowsky, S.G. et al: A simple field method for capacity evaluation of driven piles (1994)
- 2) S.Chatterjee and B.Price: 回帰分析の実際、新曜社 (1980)
- 3) 本城勇介: 講座、地盤工学における逆解析、土と基礎、vol.43, No.12, pp.51-56, (1995)