

複数本のボーリングデータと載荷試験結果から設計用限界杭支持力を算定する方法について (その2 例題)

正会員 ○小林 勝巳*1 正会員 永田 誠*2
正会員 小椋 仁志*3 正会員 加藤 洋一*4

限界状態設計法 地盤パラメータ 載荷試験 支持力

1. はじめに

その2では、複数本のボーリングデータと載荷試験結果から、杭の限界支持力を算定する例を示し、現行の許容応力度設計及びボーリングデータのみを用いた場合との比較を行う。

2. 地盤と杭の設定

図1に算定用の地盤と杭のパラメータを示す。

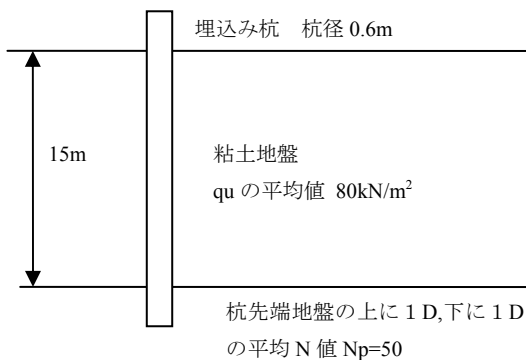


図1 設計例題

杭の極限支持力は、以下の式により算定できる。

$$R_u = q_p A_p + f_c L_c \phi \quad (1)$$

本会の限界状態設計法指針によると、埋込み杭の支持力の平均値は以下の通りである。

$$\bar{R} = 237 N_p A_p + 1.75 (q_u / 2) L_c \phi \quad (2)$$

(2)式を用いた支持力(平均値)は、先端抵抗が3350kN、周面摩擦抵抗が1980kNで、合計5330kNである。一方、建築基礎構造設計指針(2001)の埋込み杭の設計式は、以下のように示されている。

$$R_u = 200 N_p A_p + 0.8 (q_u / 2) L_c \phi = R_k \quad (3)$$

(3)式によると先端抵抗が2830kN、周面摩擦抵抗が900kNで、合計3730kNである。すなわち、(3)式は、モデル化誤差をある程度考慮して安全側に低減した、公称値(あるいは特性値)であると解釈できる。

本報告では(2)式を基に、限界状態設計法の手法に則り、空間的及びモデル不確定性を考慮して特性値を算定し、さらに耐力係数を算定することにより、杭の限界支持力を求める例題を示す。その際に、(その1)で示したベイズの方法を用いる。

3. 計算の仮定

限界支持力を算定する際に、以下のような設定をする。

- ① 荷重条件は、D(固定荷重)+L(積載荷重)
- ② 50年の目標信頼性指標 βT が2
- ③ LとDの基本値の比率が0.2
- ④ 設計式のモデル不確定性の変動係数を0.3とする。
- ⑤ 載荷試験結果にはモデル不確定性がないものとする。
- ⑥ 敷地内の空間的不確定性の変動は既知とし、変動係数で0.1の場合と、0.3の場合を検討する
- ⑦ 支持力の特性値を求める際の信頼区間 $1-\alpha$ は、0.9とする
- ⑧ ボーリングデータ数を3、載荷試験数を1とする。

4. ベイズの方法による限界支持力の算定

(その1)で示した手法により、ボーリングデータと載荷試験を実施した場合の特性値 R_k は(6)式で表される。

$$R_k = \eta_m \cdot \bar{R}, \quad \eta_m = \zeta - k_\alpha \cdot \xi \cdot V_{R1} \quad (4)$$

ただし、 \bar{R} はボーリングデータから(2)式で算定した支持力の平均値であり、本例題の場合には5330kNである。すなわち、載荷試験を実施しても、載荷試験結果そのものを特性値とするわけではなく、ボーリングデータから算定した支持力(事前情報)を修正して特性値を求めることに、本手法の特徴がある。

載荷試験結果が、(2)式で得られる支持力の平均値 \bar{R} に対して、0.8倍、1.0倍、1.2倍となった場合($a=0.8, 1.0, 1.2$)の特性値を(その1)(12)式から算定した結果を、表1と図1に示す。載荷試験結果にはモデル化誤差がないと仮定しているため、載荷試験結果が(2)式を下回った場合でも、ボーリングデータのみから算定した結果に比べて、特性値を大きく取ることができることが分かる。

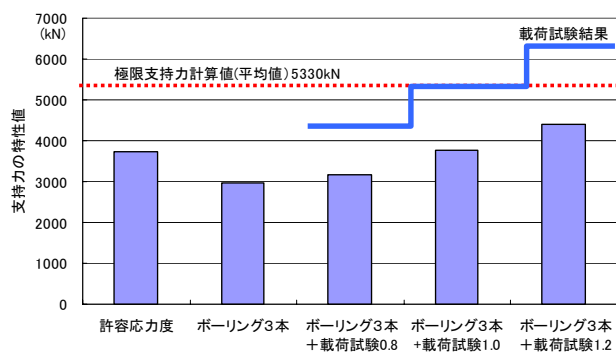
(その1)(14)式で変動係数を修正して求めた耐力係数を図2に、(その1)(6)式で求めた全体安全率((2)式対

する値)を図3に示す。ボーリングのみの場合の耐力係数は、0.5~0.6 であるのに対して、载荷試験をした場合の耐力係数は、 $V_{RI}=0.3$ の場合には約 0.7、 $V_{RI}=0.1$ の場合には約 0.9 となっていることが分かる。

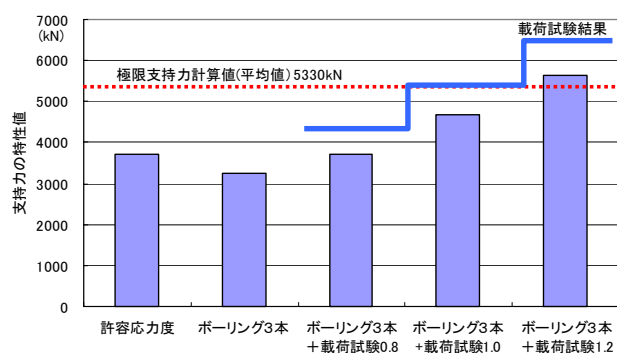
表1 支持力の特性値 ($V_{RI}=0.3$ の場合)

ケース	平均値式 (2)式(kN)	試験結果 (kN)	η_m η_m''	特性値 (kN)
ボーリング3本	5330	—	0.56	2980
ボーリング 3本+载荷 試験1本	a=0.8 5330	4260	0.60	3200
	a=1.0 5330	5330	0.71	3780
	a=1.2 5330	6390	0.82	4370

(aは载荷試験結果/(1)(4)(5)式の平均値)

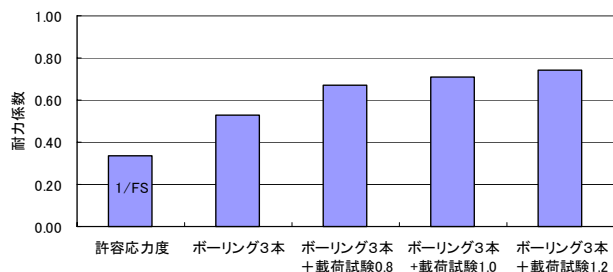


(a) $V_{RI}=0.3$ の場合

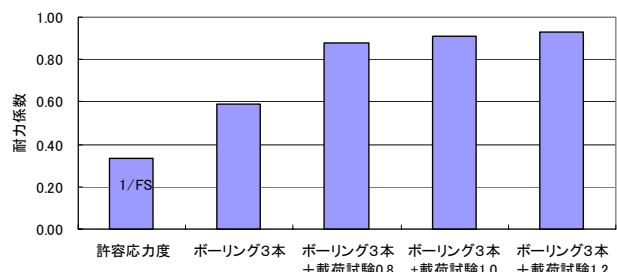


(b) $V_{RI}=0.1$ の場合

図1 支持力の特性値

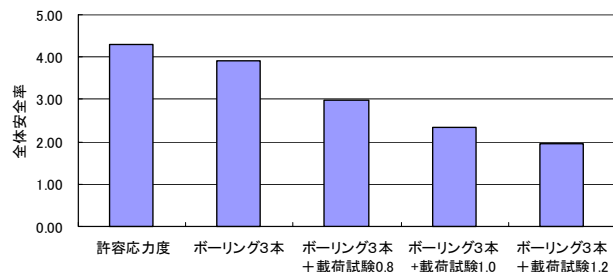


(a) $V_{RI}=0.3$ の場合

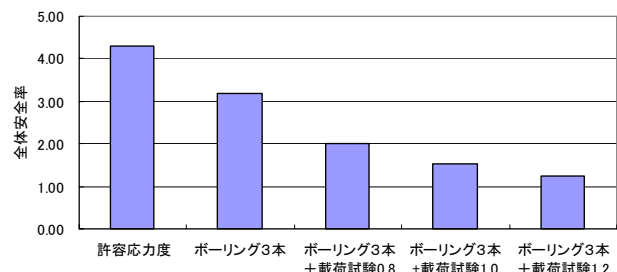


(b) $V_{RI}=0.1$ の場合

図2 耐力係数



(a) $V_{RI}=0.3$ の場合



(b) $V_{RI}=0.1$ の場合

図3 全体安全率

図1の特性値に図2の耐力係数を乗じたものが限界支持力である。载荷試験をしない場合の全体安全率は3~4程度となっており、現行の許容応力度法と概ね対応している。それに対して、载荷試験をした場合の全体安全率は1.5~3程度でよく、载荷試験結果が(2)式の平均値を下回っても、ボーリングデータのみの場合と比べて、小さな安全率でよいことが分かる。

5. まとめ

ペイズの方法を用いて、ボーリングデータによる支持力算定結果を事前情報とし、载荷試験結果を事後情報として利用する例題を示した。今後は、 σ が未知の場合、地震時の場合などについても検討していく予定である。

*1; フジタ、 *2; 新日本製鐵
*3; ジャパンパイル、 *4; 三谷セキサン

*1; Fujita Corporation,
*3; Japan Pile Corporation

*2; Nippon Steel Corporation
*4; Mitani Sekisan