

Ⅲ-A 404

動的載荷試験の試験数と杭支持力設計値に関する一考察

清水建設㈱ 正会員 鈴木 誠
 NKK 正会員 〇林 正宏
 金沢大学工学部 正会員 松本 樹典

1. はじめに

現場における載荷試験から杭の設計値や特性値を評価するときは、試験結果の偏りやばらつきなどの不確実性を考慮する必要がある。この不確実性は、近距離であっても地盤状態が異なることや試験個数に起因する。そこで本論文では、地盤状態が比較的均一な珪藻泥岩に打設された鋼管杭の動的載荷試験結果¹⁾をもとに、載荷試験数が設計値や特性値の設定に与える影響について調べた。

2. 設計値と特性値

鉛直支持力の設計値 Q_d には、次式のように特性値と部分係数で表現する方法がある。

$$Q_d = Q_k / \gamma_Q \quad (1)$$

ここで、 Q_k ：載荷試験によって統計的に決められた特性値、 γ_Q ：鉛直支持力の部分係数である。一般的に鉛直支持力が図1に示すような不確実性を持つと仮定すると、設計値や特性値は統計パラメータを用いて以下のように表現できる。

$$Q_d \text{ or } Q_k = \mu_Q \exp(-kV_Q) \cong \mu_Q (1 - kV_Q) \quad (2)$$

ここで、 μ_Q ： Q の平均値、 σ_Q ： Q の標準偏差、 V_Q ： Q の変動係数、 k ：選択された確率水準に応じた係数である。抵抗側の特性値として、

- ・特性値は超過確率を5%とする
- ・設計値は超過確率を0.1%とする

と定めると、特性値では $k=1.64$ 、設計値では $k=3.0$ となる。

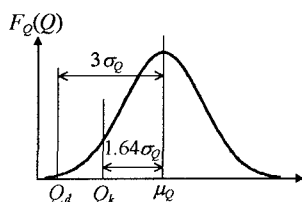


図1 平均値，設計値，特性値

3. 載荷試験数による変動

鉛直支持力の設計値 Q_d や特性値 Q_k は、通常、杭基礎全数の載荷試験を実施しないため、偏りを持った標本から設定しなければならない。この不確実性は、統計的な推定に起因するものであり、載荷試験数が大きく影響を与える。そこで今回は、全基礎杭に動的載荷試験を実施した結果を例にとり、ノンパラメトリック・ブートストラップ法²⁾により、載荷試験数と設計

値の関係について検討を行った。

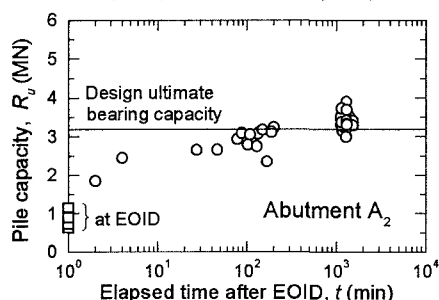
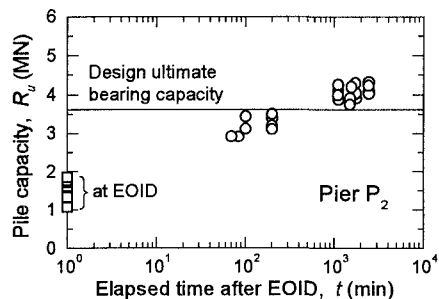
表1に対象とした橋台・橋脚の杭の諸元を示す。図2、図3に経過時間に伴う支持力の増加の様子を示す。ここに示す支持力は、波形マッチング解析により得られた静的な支持力である。これらの結果より、経過時間が1,000分以上であれば、支持力の回復はほぼ終了し、経過時間に関する支持力のばらつきは小さくなるものと考えられる。そこで、経過時間1,000分以上のデータを対象とし、図4にそれら極限支持力 R_u の頻度分布を示す。

ノンパラメトリック・ブートストラップ法では、観測されたデータ数の種類の一様疑似乱数を発生させ、それらに等確率で観測データを割り当てる。このように作成した母集団から、ある大きさ n の無作為標本 $X_1, X_2, \dots, X_n$ を繰り返し抽出し、それぞれ式(2)に従い、設計値や特性値を設定し、ブートストラップ標本とする。

表1 橋台および橋脚の杭の諸元

	長さ(m)	外径(mm)	板厚(mm)	杭本数
A ₂ 橋台	8.5	600	9	18
P ₂ 橋脚	11.5 (4.5+7.0)	600	12/9	16

(上杭+下杭) (上杭/下杭)

図2 A₂橋台の経過時間に伴う支持力分布図3 P₂橋脚の経過時間に伴う支持力分布

キーワード：動的載荷試験，設計値，ブートストラップ法

連絡先 〒100-0011 千代田区内幸町2-2-2 富国生命ビル

Tel 03-3508-8101, Fax 03-3508-2196

る。この標本から設計値や特性値の推定値や推定誤差を評価する。今回は、図4のデータから載荷試験数 n を変化させて、それぞれ1000組のブートストラップ標本を用いた。

A_2 橋台と P_2 橋脚の解析結果をそれぞれ図5と図6に示す。図中の○印はそれぞれの載荷試験数の時の平均値、●印は平均値±標準偏差である。設計値 Q_d と特性値 Q_k とともに、載荷試験数が多くなるに従って、平均値に近づく傾向が見られる。また、特性値より設計値の方がばらつきが大きく、裾野の分布を正確に評価するには数多くの載荷試験が必要である。しかし、ある程度の載荷試験を実施すれば設計値(下限値)を大きく設定できることを示している。すなわち、今回の動的載荷試験のように全数の載荷試験を実施しなくても、

6~7本程度実施すれば、全数実施したのとはほぼ同等の確率で設計値を得ることができる。

4. おわりに

本研究では、全数測定した動的載荷試験結果をもとに、ノンパラメトリック・ブートストラップ法により、載荷試験数の影響度合いを検討した。珪藻泥岩のように限られた地盤ではあるが、数多くの測定が実施可能である動的載荷試験を用いれば、設計値を大きく設定できる可能性が示された。

<参考文献>

- 1) 松本,林,道,武居,二塚:珪藻泥岩地盤における打込み鋼管杭の施工と波動理論に基づく荷重～変位関係の推定,土木学会論文集, No.610/Ⅲ-45, pp.1-18, 1998.12.
- 2) 村上・田村 編:パソコンによるデータ解析, 赤池弘次監修, 朝倉書店, 1988.

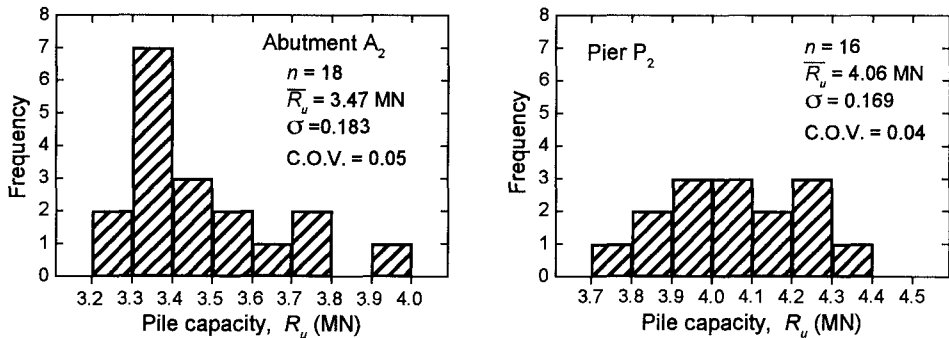


図4 A_2 橋台および P_2 橋脚の極限支持力の頻度分布と基本統計量

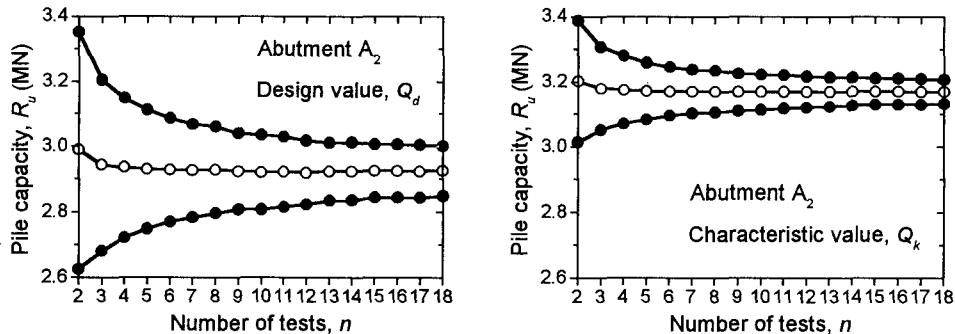


図5 A_2 橋台の載荷試験数の影響(設計値 Q_d と特性値 Q_k)

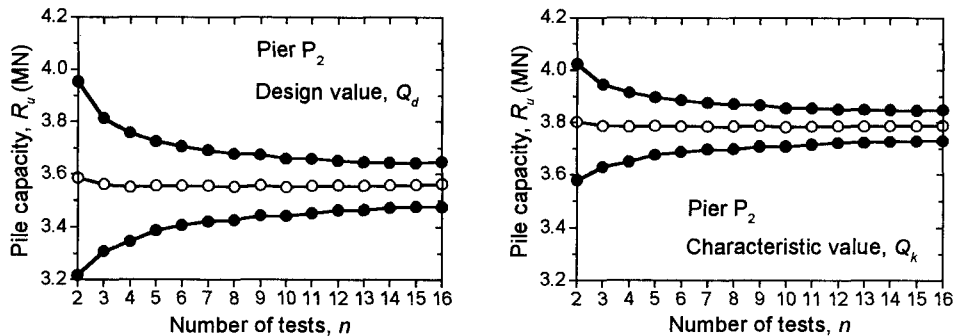


図6 P_2 橋脚の載荷試験数の影響(設計値 Q_d と特性値 Q_k)