

琉球層群中に打設した群杭支持力のモンテカルロ法を用いた破壊確率

琉球大学大学院理工学研究科 学 ○安谷屋 賢

琉球大学工学部 正 原 久夫

1. はじめに

沖縄県の地理的位置は、日本唯一の亜熱帯地域として知られている。その琉球列島の基盤岩類の上に薄く広く分布する琉球層群は、固結層である琉球石灰岩や未固結層である砂礫や砂質などが複雑に堆積した琉球列島特有の地盤である。岩塊部では基礎の支持力としては十分な強度を保つが、未固結層などの混在で強度にバラツキが生じる。このため構造物基礎の設計において取り扱い上問題点が多い地層になっている。よって構造物の設計時の支持層は琉球層群の下部にある島尻層群を支持層とすることが多い。したがって、合理的に琉球層群を支持地盤として評価する方法を確立することができれば経済的に有用である。本研究は琉球層群を効率よく支持地盤として取り入れることを目的としその評価方法に信頼性設計法を取り入れている。

既往の研究¹⁾では、収集された琉球層群の N 値データの統計解析を行い、琉球層群中に打設された単杭支持力推定から単杭の破壊確率の算定を行った。また、道路橋示方書²⁾を参考にした群杭基礎の破壊確率算定法の問題点を指摘³⁾している。本文では、推定した単杭の支持力を数本利用し、これを群杭にみたてて群杭基礎の破壊確率の算定を試みた。

2. 信頼性設計法の計算概要

前節でも述べたように琉球層群の支持地盤としての評価方法を信頼性設計法に基づき、破壊確率を求めることでその支持地盤としての可能性を検討する。なお、琉球層群 N 値データの収集・基本的統計量や特性は参考文献¹⁾に詳細を示している。

2.1. 杭の極限支持力公式と N 値抽出方法

杭の極限支持力の算定方法は道路橋示方書²⁾による(1)式(記号説明省略)で求めるものとする。

$$R_u = q_d A + U \sum l_i f_i \quad (1)$$

N 値抽出方法は収集・統計解析された N 値データを用いて、 N 値と打撃長 10 cm ごとの区間打撃回数(N_1, N_2, N_3)の対数が正規分布するものとし

て、それらの平均値、共分散から新たに N 値を発生させるモンテカルロシミュレーション法⁴⁾を利用した。モンテカルロシミュレーション法は、乱数を用いて数多くの試行を繰り返す事によって破壊確率を求める数値実験法の一つである。そして抽出した N 値より(1)式を用いて単杭の極限支持力を算出する。

2.2. 群杭の破壊確率算定法

群杭基盤の支持力計算では杭の中心間隔、配置、寸法効果などが重要であるが、本文では単杭の極限支持力を数本利用し、それを群杭として扱い鉛直支持力に関する破壊確率の検討を行った。

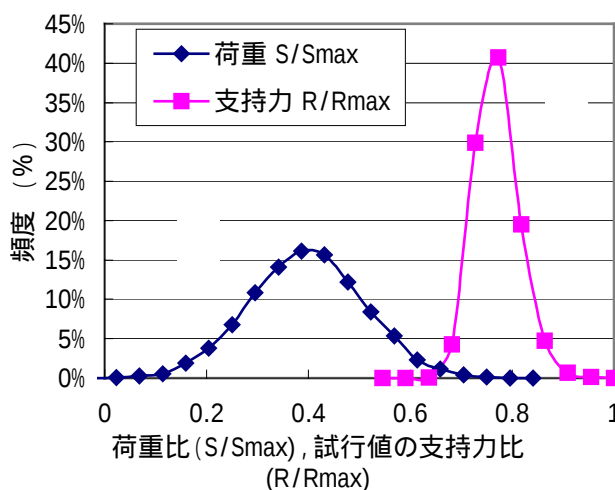


図 - 1 試行値と支持力と荷重の分布

まず、単杭の極限支持力 R について試行を繰り返し行いその頻度分布を作る(図 - 1の 参照)。そこから n 個の極限支持力抽出して、ひとつの群杭支持力機構を構成する。次に n 個の支持力を小さい方から順に番号づけ ($R_1 \leq R_2 \leq \dots \leq R_n$) をする。

上部構造物の荷重は単杭の極限支持力の試行値を基準として設定した。すなわち、 R の単杭の極限支持力 R の頻度分布の平均値を安全率相当値 $F_s = 2$ で割った値を中心とする正規分布に従うものとした。正規分布の定量化は変動係数 $V_R = 0.3$ を想定して行った。その分布から s を抽出し n 倍することで、上部構造の荷重 S とした。

$R_1, R_2, \dots, R_n$ と S を試行により抽出し、以下の図 - 2 のように群杭の破壊を求めた。

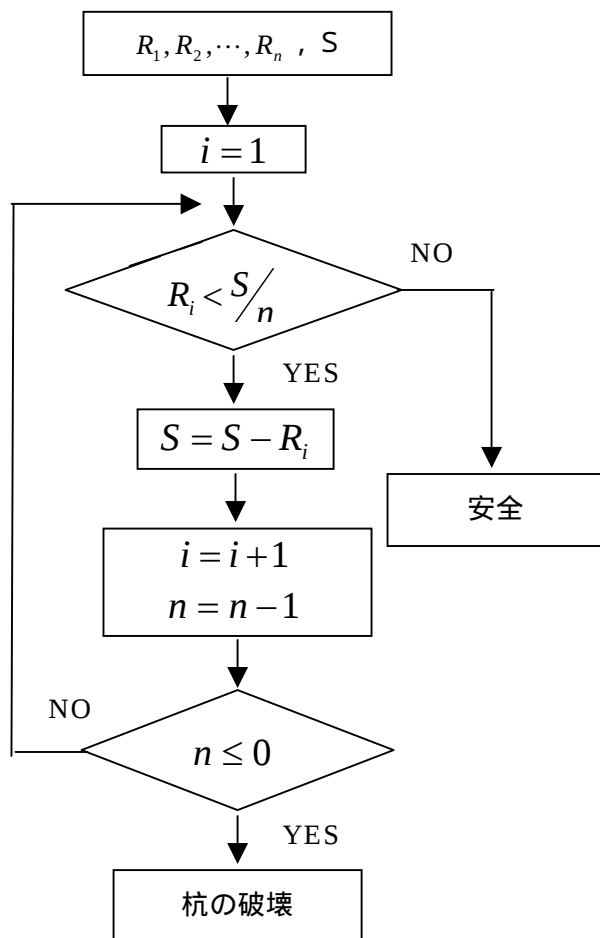


図 - 2 杭基礎の安全と破壊の流れ

3. シミュレーションと結果, 考察

シミュレーションでは試行回数を何回行うかが重要となってくるが, 本研究の試行回数は約 1.0×10^5 程度の試行回数を行えば十分な結果が得ることができる。

図 - 3 には試行回数 1.0×10^5 回行った時の杭本数に対する破壊確率の変化の様子を表す。図からも見て取れるように杭の本数が増すにしたがって, 杭の破壊確率は低下している。また, ある本数になると破壊確率の値はさほど大きな変化を示さなくなっている。それは, 上部構造の荷重分布の定量化である変動係数によってその本数は変わると予想するが, 変動係数 $V_R = 0.3$ では4本で収束している。

図 - 4 には群杭中の最小支持力をもつ杭が破壊す

参考文献

- 1) 安谷屋賢, 原久夫: 琉球層群中の打設杭支持力に関するモンテカルロ法による破壊確率の評価, 平成 15 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. A244 ~ A245, 2004.3
- 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説. 下部構造編, (社)日本道路協会, 2003
- 3) 安谷屋賢, 原久夫: 琉球層群中に打設した群杭基礎の破壊確率算定に関する問題点, 第 17 回沖縄地盤工学研究発表会講演概要集, pp.1 ~ 4, 2004.11
- 4) 星谷勝, 石井清: 構造物の信頼性設計法, 鹿島出版, 1998

る確率と群杭本数の関係を示す。杭の本数が増えるごとにその破壊確率は単調増加する。

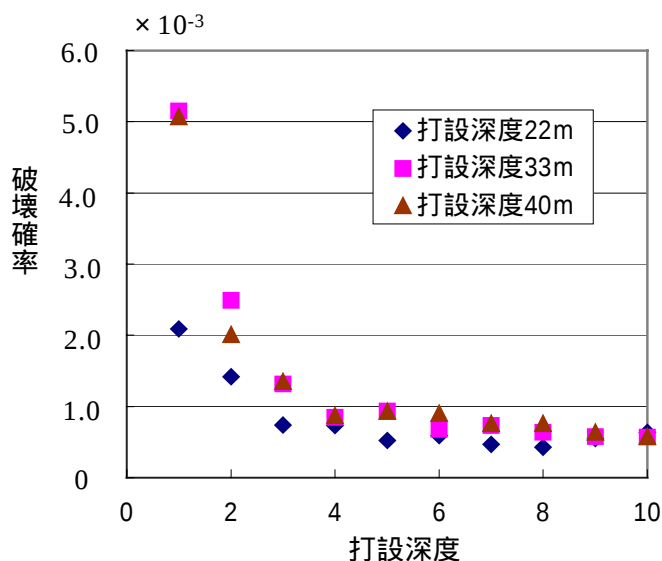


図 - 3 群杭の本数と破壊確率の関係

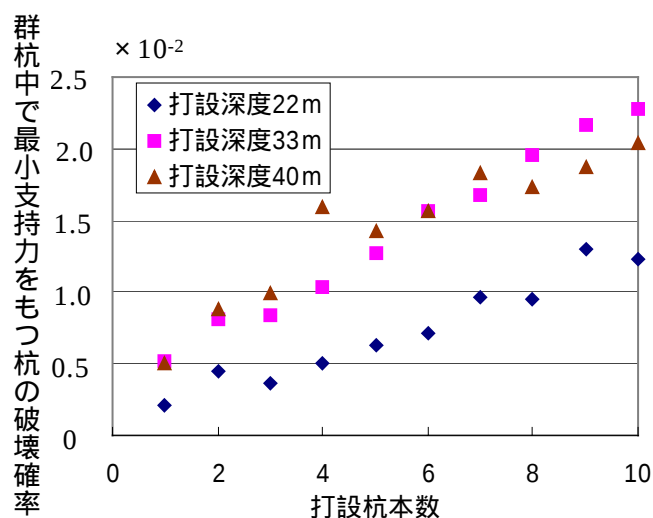


図 - 4 群杭中の最小支持力の破壊確率と打設本数の関係

4. まとめ

- 1) 杭の本数と破壊確率の関係は杭 4 本で破壊確率が収束する。
- 2) 群杭中で最小の極限支持力をもつ杭の破壊確率は杭の本数の増加に対し単調増加する。