

# 砂質地盤における直接基礎の偏心鉛直載荷支持力

環境防災研究室 池田 滯央  
主指導教員 大塚 悟

## 1. はじめに

砂質地盤における鉛直荷重に対する基礎の V-M 空間の支持力式は、Mohr-Coulomb の線形強度式を用いている。砂質土の強度特性は拘束圧に対して非線形性を示すほか、相対密度によって非線形特性が異なる。また、砂質地盤上の支持力は基礎の寸法効果を考慮する必要がある。大塚らは、砂質土の強度非線形性を考慮した支持力解析(RPFEM)は遠心模型試験との比較により、基礎幅や相対密度の変化に対して合理的な支持力評価が可能なことを示している。

本研究は、基礎の偏心鉛直荷重を対象に、鉛直荷重とモーメントの複合荷重に対する支持力空間の検討を行う。線形強度、非線形強度を用いた数値解析的検討のほか、小型模型試験による比較を実施して限界荷重空間を考察する。

## 2. 小型模型試験

### 2.1 試験結果

東北珪砂 6 号の相対密度 60%の地盤の小型支持力試験の試験結果を図-1 に示す。  $e/B=0, 0.1$  では、沈下量の増大に伴い荷重が単調に増加した。沈下量が約 15mm を越えたところで降伏点を示すが、降伏点を越えてもなだらかな傾きのまま荷重が増加し、ピーク点が得られなかった。これは微小変形理論と異なり、基礎の沈下に伴う土被りが生じたことによる。一方  $e/B=0.2, 0.3$  は、載荷初期は同様の挙動を示すが、ピークを形成して緩やかに荷重が減少した。

相対密度が 30%の砂質地盤の試験結果を図-2 に示す。中心載荷では沈下量の増大に伴い単調に荷重が増加して、降伏点やピーク点は観察できなかった。また  $e/B=0.1\sim 0.3$  の結果は沈下量の増大に伴い単調に荷重は増加し、降伏点を示すもののピークは得られない。これらは土被りの増加に加えて、せん断に伴う体積圧縮が生じて局所破壊が生じたことによる。

### 2.2 結果比較

試験結果の整理として、得られなかった極限支持力は、道路橋示方書のデータ整理方法に基づき、降伏

荷重は極限支持力の 0.63 倍と仮定し、極限支持力を算出した。また緩い地盤の中心載荷試験結果は他の試験結果と比較して沈下量 15mm 地点の荷重を降伏支持力と仮定した。

極限沈下量での比較を行った。相対密度 60%の地盤では極限沈下量を載荷板幅で除した値は  $S_{ult}/B=0.1408(e/B=0.2)$ ,  $0.1354(e/B=0.2)$ であった。一方相対密度 30%の地盤ではピークが発現していないため極限沈下量は確定できない。しかし 60%の地盤の方が 30%の地盤よりも極限支持力は大きいく、極限沈下量は非常に小さいことが推定できる。

また図-3 で金子、Quang らの研究により提案された正規化鉛直荷重式と試験結果を比較した。どちらの試験結果も小さなばらつきはあるが強度式とほぼ一致した結果となり、相対密度が高いほど良い対応を示した。

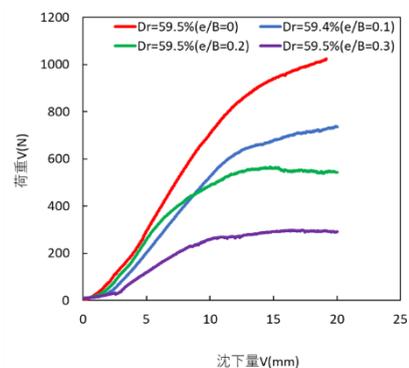


図-1 標準的な地盤の試験結果

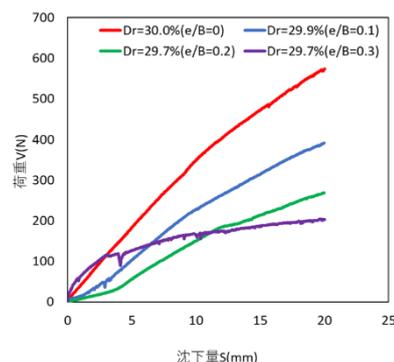


図-2 緩い地盤の試験結果

### 3. RPFEM 解析

#### 3.1 模型試験の再現解析

小型模型試験の結果と再現解析の極限支持力の比較検討を行った。相対密度  $Dr$  を模型実験の条件である 60%, 30% にし、相対密度と東北珪砂 6 号の物理的特性値から単位体積重量  $\gamma$  を算出した。内部摩擦角  $\phi_s$  については、相対密度  $Dr = 60\%$ , 30% で三軸圧縮試験を実施して求めた。また解析の数値計算を安定させるための粘着力 0.5kPa を導入した。極限支持力の比較は図-4 に示す。  $Dr = 60\%$  の地盤は値が少しバラついているが誤差 10% 以内に留めることが出来た。しかし、  $Dr = 30\%$  の地盤では実験値よりも解析値の方が大きくなった。  $Dr = 30\%$  の地盤では土被りや支持力の定義の影響が考えられる。

#### 3.2 非線形解析の適用

金子, Quang らによって提案されている正規化鉛直荷重の式や V-M 面内の破壊包絡線の式は線形の RPFEM 解析で提案されている。しかし、実地盤では鉛直荷重の大きさ、地盤の初期内部摩擦角  $\phi$  の大きさ、基礎幅  $B$  の大きさなど様々な影響により初期内部摩擦角  $\phi$  は同じでも地盤内の  $\phi$  分布は大きく異なる。このことから非線形解析を行うことで正規化鉛直荷重式や V-M 面内の破壊包絡線の式の理論の適用の検討を行った。ここでは内部摩擦角  $\phi = 35^\circ$  と基礎幅  $B = 5m$  が一定の場合の正規化鉛直荷重式を図-5, 図-6 に示す。図-5 から基礎幅による影響が少ないことが確認できる。図-6 より、初期は内部摩擦角が大きいほど値が大きくなっているが、偏心量が大きくなるにつれてその傾向はなくなったため、内部摩擦角の影響は少ないと考える。またどちらも解析値のばらつきはあるが、実験値や強度式とは大差がない結果となった。

### 4. 結論

小型模型試験では、ピーク点を観察できないケースがあったが、支持力を定義すると少しばらつきはあるが数値解析とほぼ一致した。非線形強度の RPFEM 解析と強度式の比較では、寸法効果や内部摩擦角の影響は少なく、またばらつきはあるが模型試験や強度式と大差ない結果となった。追加解析を行いより精度の高い数値解析を行う。

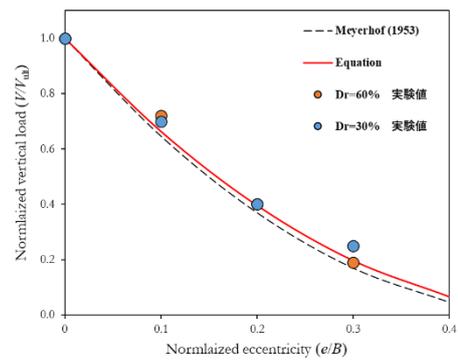


図-3 正規化鉛直荷重の比較

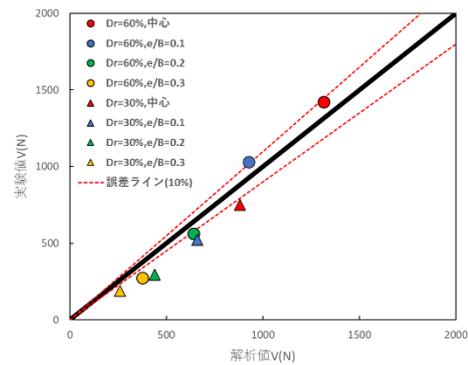


図-4 極限支持力の比較

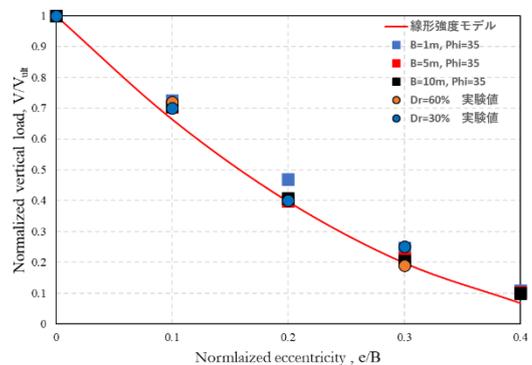


図-5 内部摩擦角  $\phi = 35^\circ$  の比較

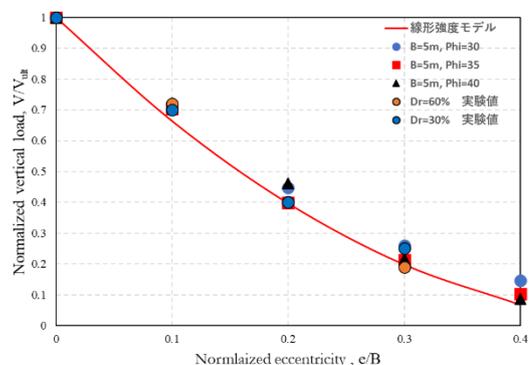


図-6 基礎幅  $B = 5m$  の比較