

砂地盤の極限支持力に関する一考察

八戸工業大学	フェロー	塩井 幸武
りんかい日産建設	学生会員	川崎 栄久
青 秋		長見美由希
小沢工業	学生会員	高橋 杏

1. はじめに

砂地盤の支持力は図-1 に示すような滑り線を設定した塑性平衡理論を拠り所にして式 1 により求められている。

$$Q_u = A_e \left[c N_c S_c + q N_q S_q + 0.5 \gamma B_e N_s \right] \quad \text{式 - 1}$$

ここで、 Q_u : 偏心傾斜荷重に対する極限荷重 (kN)、 A_e : 有効載荷面積 (m^2)、 γ : 基礎の形状係数、 B_e : 根入れ効果に対する割増係数、 c : 地盤の粘着力 (kN/m^2)、 N_c 、 N_q 、 N_s : 傾斜を考慮した支持力係数、 S_c 、 S_q 、 S_s : 寸法効果に対する補正係数、 q : 上載荷重 (kN/m^2)、 γ : 地盤の単位重量 (kN/m^3)、 B_e : 有効載荷幅 (m)

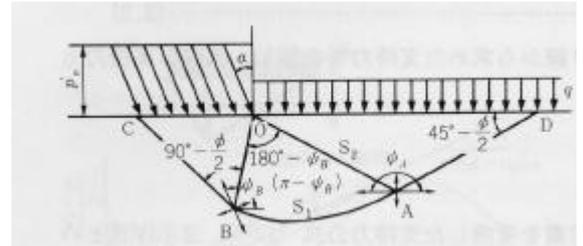


図-1 地盤の極限状態

砂地盤で根入れ長のない場合に算出される極限支持力は第3項のみとなり、地盤の内部摩擦角に基く支持力係数だけであるために極めて小さな値となる。しかし、現実の砂地盤ではその数倍の支持力が得られることは一般的に経験していることである。

一方、杭の先端地盤の支持力も基本的には同じ考え方で算出できるはずである。式 1 は Terzaghi の考え方を傾斜荷重に適用しているが、杭基礎の場合は同じく対数螺旋を適用すると Meyerhoff の考え方になる。それでも実際の支持力は算出されるものよりも大きな値となる。小さな断面積にも関わらず、大きな支持力が発揮される理由は根入れ効果よりは周りの地盤の拘束効果によると考えられる。

これらの砂地盤の支持力の発現機構を馬淵川、高瀬川の砂地盤について中圧三軸圧縮試験と原位置載荷試験の結果を用いて考察することとした。

2. 中圧三軸圧縮試験

地盤の支持力は基礎に荷重が作用して地盤が変形する過程で発現する。そこで馬淵川の砂の三軸試験を拘束圧 100 kPa から 2000 kPa まで 12 段階の三軸試験を実施した。馬淵川の砂は細粒分が多く、粒子も比較的軟らかいためせん断破壊面は生じたものの、図 2 に見るとおり主応力差 - 軸歪み曲線に明確なピークは現れていない。最大荷重時のモール・クーロンの破壊円を描くと図 - 3 となる。このときの軸歪が 25% であることから支持力の算定に利用するのは不適切である。そこで軸歪 3%、5% の時の軸差応力から破壊円に相当するものを描いたものが図 4、5 である。いずれの図でも破壊包絡線は非線形となり、高い拘束圧の領域では見掛の粘着力 c と内部摩擦角 ϕ の低下を示すものとなった。

その原因を調べるために試験終了後に試料の篩い分け試験を実施した。その結果を図 6 に示す。さらに 2000 kPa の試験終了後に試料を電子顕微鏡で 5000 倍に拡大してみた結果が図 7 である。これらの結果より砂粒子の破砕が生じており、それが破壊包絡線の非線形化の原因と考えられる。

3. 平板載荷試験

平板載荷試験は直径 30cm の載荷板を用いて馬淵川、高瀬川で実施した。馬淵川での荷重 - 沈下曲線を図

キーワード：砂地盤、極限支持力、粒子破砕、三軸圧縮試験、平板載荷試験

連絡先：〒031 - 8501 八戸市大字妙字大開 88- 1 八戸工業大学 TEL : 0178 - 25 - 8081

8に示す。河口に近い地盤で粒子が軟らかく細粒分が多い上に密度も普通の地盤並であるために明確な滑り面は生じず、局部せん断破壊で沈下が進行して極限支持力は37.7kNと認定した。

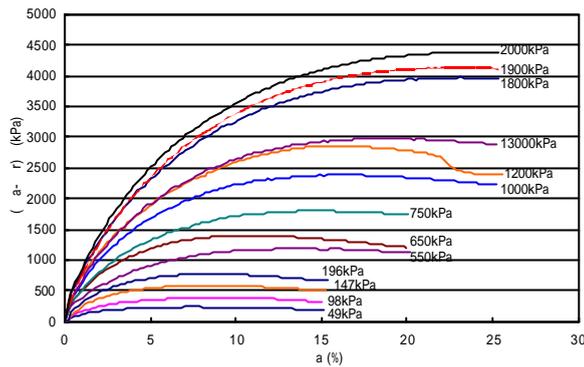


図 - 2 主応力差 - 軸歪み曲線（馬淵川）

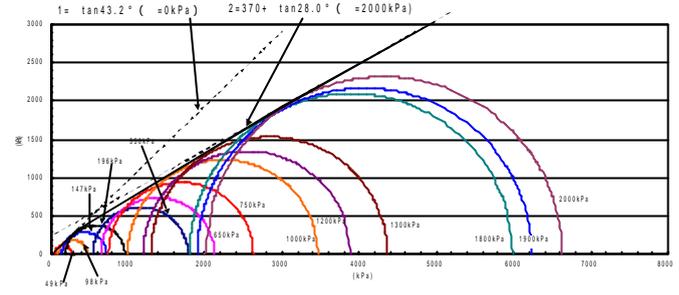


図 - 3 a=25% 時のモール・クーロンの破壊包絡線

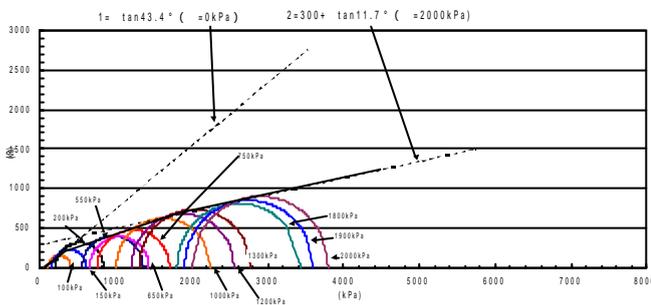


図 - 4 a=3% 時

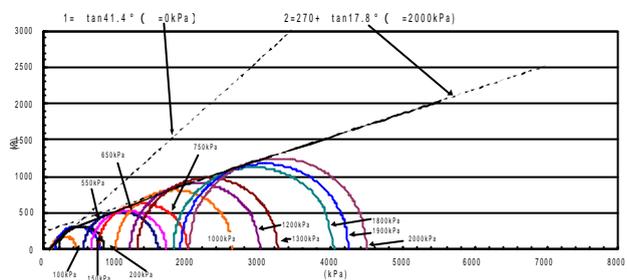


図 - 5 a=5% 時

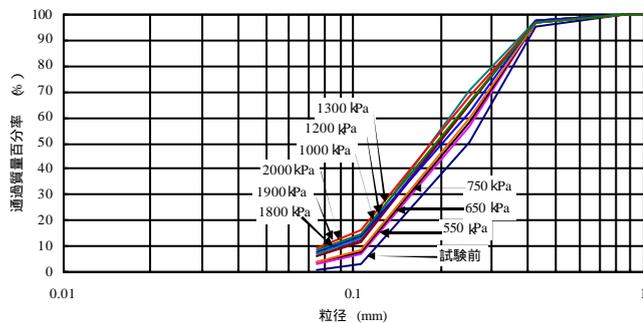


図 - 6 拘束圧により増加した細粒分

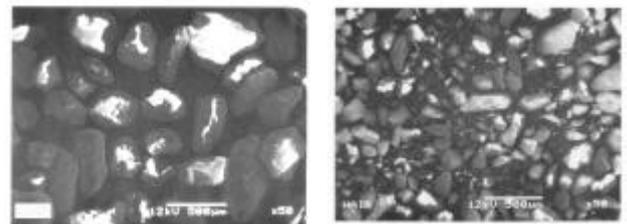


図 - 7(a) 試験前の砂粒子 (b) r=2000kPa

4. おわりに

三軸試験から得られた c 、 ϕ を用いて直径30cmの載荷板に対する支持力を計算すると、低い拘束圧（直接基礎）では9 kN、高い拘束圧（杭先端）では392 kNとなり、3%歪、5%歪での高拘束圧では154, 179 kNとなり、ほぼ現実的な値とみなすことが出来る。

ここでは地盤の支持力を荷重と変形との関係で捉え、拘束圧による地盤材料の力学的性質の変化を考慮した支持力の算定の必要性を提案する。それによって性能設計等に対応しやすくなると考えられる。

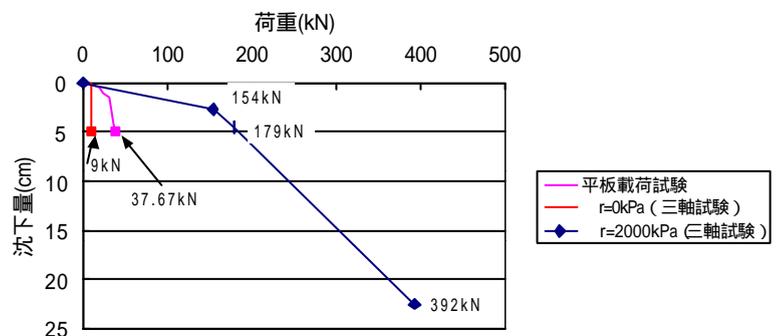


図 - 8 荷重 - 沈下曲線（原位置試験）