

III - 14

砂質地盤の支持力の極限状態における性状

八戸工業大学 学生会員 ○伊藤 琢哉

八戸工業大学 千田 一哉

八戸工業大学大学院 学生会員 川崎 栄久

1. 研究の目的

古典的な支持力理論に Terzaghi の支持力理論¹⁾があり、多くの現行の設計法ではこの理論を根拠に地盤の極限支持力が求められ、安定性が検討されている。Terzaghi の支持力理論は、力の釣り合いを前提にしているが、この理論では粒子破碎²⁾のために生じる強度定数（C 値、 ϕ 値）の変化については考えられていない。破碎性地盤の支持力問題を解決するには、古典的支持力理論の体系を見直す必要がある。そこで支持力の発現機構を解明するために、平板載荷試験³⁾及び三軸圧縮試験⁴⁾を通じて拘束条件を変えた実験を行うことで、Mohr-Coulomb の破壊基準⁵⁾を作成し、変化する強度定数を算出することとした。また、地盤支持力と主応力差には相関性があるが、これを証明するために三軸試験で得た主応力差の最大値での強度定数から求めた値と、平板載荷試験で得た地盤支持力の値とで比較計算も行った。従来の支持力公式ではC 値、 ϕ 値が一定であるが、実際はC 値、 ϕ 値は変動しているという事を証明し、C 値、 ϕ 値の変化を考慮した評価方法を提案することを最終的な目的としている。

2. 実験概要

三軸圧縮試験と平板載荷試験では、青森県八戸市を流れる馬淵川河口の砂を用いた。なお、砂の各種物性値を表-1 に示す。試験条件は CD（圧密排水）で、圧密後に圧縮試験を行った。ひずみ速度は、0.45%/min とし、載荷方法は変位制御であり、供試体の高さの 15% まで載荷した。試験の拘束圧は 5 段階（29.4・49・98・245・490 kPa）で変化させ、拘束圧の違いによるモールの応力円を求め、主応力差の最大値を求めた。

地盤の平板載荷試験機は、直径 30cm の載荷板と載荷容量 500kN の油圧ジャッキを用い、反力フレームはトラス構造として新たに考案したものをを用いた。その概要を図-1 に示す。一般に平板載荷試験はトラックや建設機械に反力をとるが、車輛の入れない地点でも載荷できる運搬可能な装置を新たに設計、製作したものである。載荷方法は、一定の増加速さで段階的に載荷するものとし、1 サイクル方式を採用し、荷重段階は 8 段階、荷重速度は、1 分間あたり 150 kN/m² 以下とした。

表-1 馬淵川河口砂の物性値

物性値	馬淵川河口砂
密度 (Mg/cm ³)	3.043
乾燥密度 (Mg/cm ³)	1.628
最大密度 (Mg/cm ³)	1.673
最小密度 (Mg/cm ³)	1.311
間隙比	0.858
相対密度	0.9

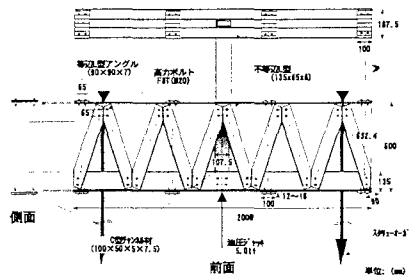


図-1 平板載荷試験機概要図

3. 結果

三軸圧縮試験より、馬淵川河口砂の Mohr-Coulomb の破壊包絡線が得られた（図-2）。Mohr の応力円より、拘束圧に対応した C 値、 ϕ 値の変化（表-2）が得られた。2 度行った平板載荷試験の結果、極限支持力は 1 回目が 30.7 kN、2 回目では 37.67 kN という結果になり、ほぼ同一の極限支持力が得られた。平板載荷試験の結果と三軸試験より得られた強度定数を式-1 に代入した値が地盤支持力であり、これと、三軸試験で得られた主応力差の最大値を表-3 にまとめた。

なお、静力学公式で求められる荷重の偏心傾斜を考慮した地盤の極限支持力⁶⁾ q_u は式-1 で表される。

$$q_u = Ae \left\{ \alpha \kappa c N_c + \kappa q N_q + \frac{1}{2} \gamma_i \beta B e N \gamma \right\} \dots \dots \dots \text{式-1}$$

A_e : 有効載荷面積 (m^2) α, β : 基礎の形状係数 q : 上載荷重 ($t f/m^2$) $q = \gamma_2 D f$
 κ : 根入れ効果に対する割増係数 γ_1, γ_2 : 支持地盤および根入れ地盤の単位重量 ($t f/m^3$)
 B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)、 $B_e = B - 2e_B$
 B : 基礎幅 (m) e_B : 荷重の偏心量 (m) $D f$: 基礎の有効根入れ深さ (m)

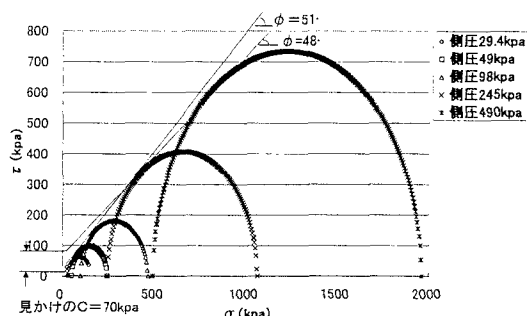


図-2 Mohr-Coulomb の破壊基準(馬淵川河口砂)

表-2 拘束圧に対応した C, ϕ の変化(馬淵川河口砂)

拘束圧	29.4kPa ~ 49kPa	49kPa ~ 98kPa	98kPa ~ 245kPa	245kPa ~ 490kPa
強度定数				
ϕ	54度	52度	51度	48度
C (kPa)	5	15	20	70

表-3 主応力差の最大値と地盤支持力の比較

荷重(kPa)	主応力差の最大値(kPa)	地盤支持力A (kPa)	地盤支持力B (kPa)
490	1468.307	2479.15	2986.918
245	814.613	1372.416	1372.416
98	363.858	582.031	582.031
49	194.82	291.501	291.501
29.4	124.583	191.643	191.643

A: 平板載荷試験1回目
 B: 平板載荷試験2回目

4. 考察

表-2 より、馬淵川河口砂において拘束圧が増加するにつれて見掛けの内部摩擦角 ϕ が減少し、見掛けの粘着力 C が増加するという現象が見られた。これは地盤が基礎荷重によって極限状態へ移行するときに、砂粒子が破碎を伴いながら、せん断強さを低下していく事を証明する結果とも解釈できる。せん断強さを一次関数であらわす事が出来ないため、 C 値、 ϕ 値の変化を考慮した評価方法を考案する必要があると考えられる。

表-3 より、砂質系地盤において三軸圧縮試験により求めた主応力差の最大値における、強度定数により求めた地盤支持力と平板載荷試験による値は異なるという事が確認された。そのため、従来の支持力判定式において C 値と ϕ 値を一定として計算しているが、異なる C 値、 ϕ 値の評価方法が必要と考えられる。

5. まとめ

- 1) 砂質土のせん断強さは一次関数では破壊包絡線を表しきれない事が確認でき、地盤が極限状態へ移行するときに、見掛けの ϕ 値が小さくなり、見掛けの C 値が増加するという事が証明できた。
- 2) 地盤では高圧領域になると ϕ 値と C 値は常に変化しており、設計を行う際には、 C 値と ϕ 値を一定とした計算式によるよりも変化した C 、 ϕ 値を用いることで合理的な設計ができる。これからは強度定数の変化を考慮した評価方法を考案するべきである。

6. 参考文献

- 1) 諸戸靖史：土質力学 pp164~166 3版2刷、1995.3
- 2) 土質工学会：土と基礎 No. 10 pp4~7 1999.6
- 3) 社団法人地盤工学会：土質試験 基本と手引き pp135~150 1刷 2000.3
- 4) 社団法人地盤工学会：土質試験 基本と手引き pp135~150 1刷 2000.3
- 5) 済木幸平：鹿島出版会、地盤工学科委の基礎知識、pp157~pp206、1985.3
- 6) 道路示方書・同解説(改訂案)Ⅳ 下部構造編：8-5~8-11 2001.8