

種々の载荷条件及び堆積条件下にある砂地盤の支持力機構とその評価

室蘭工業大学工学部 正会員 ○川村 志麻
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 三浦 清一
 北日本港湾コンサルタント(株) 林 秀人
 室蘭工業大学大学院 学生員 勝世 佑子

1. はじめに

種々の载荷条件及び堆積条件下にある構造物・地盤系の安定性評価法を確立するために、一連の静的中心、偏心载荷実験が行われた。本研究では、従来より提案している土量比パラメータと支持力動員機構との関係を詳細に調べている。

2. 試験装置と試験方法

用いた試験装置は、二次元平面ひずみ模型土槽と静的载荷装置である。模型土槽の内寸法は幅 2000mm、高さ 700mm、奥行き 600mm である。前面には厚さ 20mm の強化ガラスが設置されており、地盤の変形挙動を観察可能である。なお、詳細は既報¹⁾に詳しい。模型構造物は幅 $B=100\text{mm}$ 、高さ $D=100\text{mm}$ 、奥行き $L=580\text{mm}$ 、質量 13.2kgf の直方体であり、地盤との接触面を完全粗とするため底面にサンドペーパー (G120) を貼付けている。模型地盤の作製方法を図-1に示す。模型地盤は土槽を所定の角度 θ まで傾斜させ、サンドホッパーにより豊浦砂 ($\rho_s = 2.65\text{g/cm}^3$, $\rho_{d\max} = 1.648\text{g/cm}^3$, $\rho_{d\min} = 1.354\text{g/cm}^3$) を空中落下させることによって作製されている²⁾ (a)図参照)。本研究では、鉛直方向と堆積面とのなす角 (反時計回り) を堆積角 β 、最大主応力方向 α と堆積面 β とのなす角を ψ と定義し、以下の議論に用いている (b)図参照)。作製した地盤は相対密度 $Dr=50$ と 80% 、堆積角 $\beta=90, 75, 60, 55, 45^\circ$ である。(b)図には、変形量の定義を併せて示している。本研究では、左右の卓越した方を沈下量 $S_{V\text{major}}$ として用いている。また、側方変形挙動は地盤内にスパゲッティを8本挿入し、それらを定点測定することにより定量化されている。さらに、構造物の沈下した面積を沈下土量 V_ρ (mm^3/mm)、スパゲッティの側方変位した面積を側方流動土量 V_δ (mm^3/mm)、側方流動土量に対する沈下土量の比を土量比 V_δ/V_ρ として考察に用いた。

試験は、静的中心载荷試験 (Static Central Loading Test ; 以下 SCL と略称) と、偏心度 e/B を変化させた静的偏心载荷試験 ($e/B=0.15, 0.3, 0.5$: e は偏心距離) (Static Eccentric Loading Test ; 以下 SEL と略称) を行っている¹⁾。载荷速度は $0.3 \text{ kN/m}^2/\text{min}$ である。偏心载荷条件における α は、Boussinesq 解から各応力値を算出し、求められている。図-2は算出した α と深さの関係を示している。図より、 α は深さとともに変化していることがわかる。ここでは実験で得られる塑性くさびが構造物直下約 100mm 地点であること¹⁾、また各偏心度の相互関係が変化しない点であることを考慮し、100mm 地点の α を偏心载荷試験の代表値として用いている。

3. 試験結果と考察

図-3は各試験で得られた極限支持力 σ_{su} ²⁾ を $\beta=90^\circ$ の極限支持

キーワード：支持力，異方性，模型実験，砂

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1, 室蘭工業大学建設システム工学科, TEL 0143-46-5282, FAX 0143-46-5283

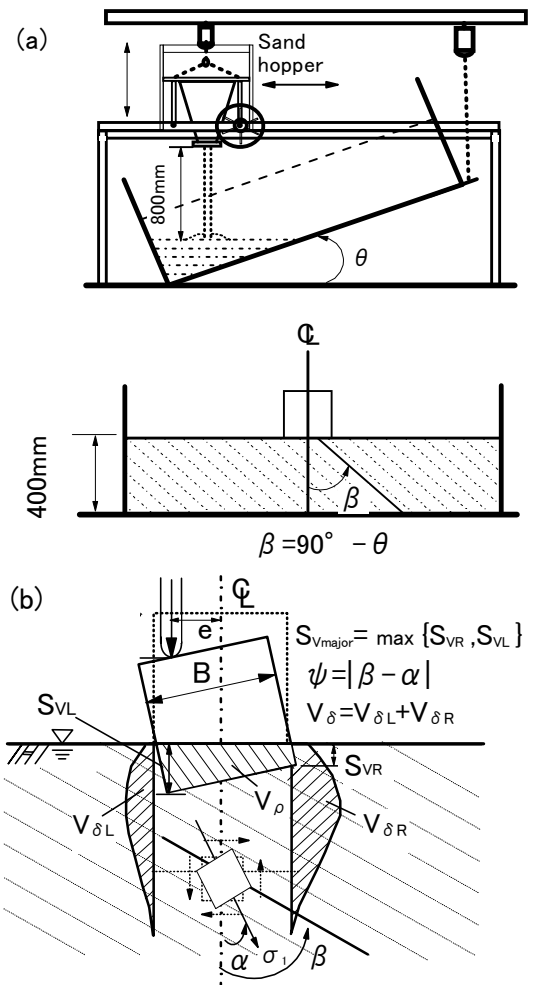


図-1 模型地盤の作製法と変形の定義

力によって正規化した値と ϕ の関係を示している。図より、SCL試験結果 ($e/B=0$ 条件) では、正規化支持力は ϕ の減少によって低下する傾向にあることがわかる。一方、SEL試験では e/B が高くなることによって、支持力は $\phi=45^\circ$ 付近において最小値を示している。特に $e/B=0.5$ では、その後増加する傾向が認められた。これは Oda ら³⁾が指摘しているように、豊浦砂では最大主応力方向と堆積面とのなす角が、ある角度で最小値を示す事実と同様である。なお、この傾向は $Dr=50\%$ においても確認されている²⁾。偏心载荷条件下の極限支持力が Meyerhof の有効幅の概念に基づくとすれば本試験結果は妥当のようである。

図-4 は ϕ と土量比 V_δ/V_ρ の関係を示している。SEL試験では異方性による支持力の変化と同様、 V_δ/V_ρ は ϕ の減少に伴って低下する傾向を示している。このことから V_δ/V_ρ を把握することにより支持力機構を評価できるようである。一方、SCL試験では主応力方向の変形が沈下土量、側方流動土量に対応していることから、変形増分比で整理することによって異方性の影響は相殺され、土量比に相違が生じなかったものと推察される。

以下にこのことを詳細に調べてみた。図-5 は、SCL試験の左右の側方流動土量 ($V_{\delta R}$, $V_{\delta L}$) を沈下量で正規化した値と沈下量の関係を示している。 $\beta=90, 60$ と 45° 地盤のものである。図中には、極限支持力動員時における側方流動発生量の少ない方の値 (本研究では $V_{\delta L}$) を全土量 V_ρ で正規化した値も併記している。前述した支持力の変化と同様に、この値は β の低下に伴って小さくなっている。既報⁴⁾では、SCL試験の全土量 V_ρ は異方性の影響によらず、ほぼ一定になることが確認されている。このことから、異方性による支持力の変化は、卓越側の塑性流動域の増加よりも、発生土量の少ない側の塑性域の減少によってもたらされていると言える。なお、このことはスパゲッティの変形状況からも明らかにされている²⁾。

一方、偏心载荷試験では、構造物の沈下は不同沈下の形態¹⁾をとることから、支持力の動員機構は構造物の沈下方向に対して抵抗する力、すなわち側方流動土量の大きさが影響を及ぼしているとみなすことができる。今、沈下に費やされた仕事を V_ρ 、側方に抵抗するために費やされた仕事を V_δ と仮定すると、内部消散 W_p はそれらの和 $\{V_\delta + V_\rho = V_\rho(1 + V_\delta/V_\rho)\}$ として表される。ただし、ひずみ増分を正にしている。本試験では V_δ/V_ρ は $0.4 \sim 0.9$ となり、 $W_p > 0$ の条件を満たす。同一偏心度では V_ρ は一定⁴⁾になることから、 V_δ/V_ρ の大小は V_δ の大きさに依存することになる。偏心载荷条件においても、土量比の大きさを把握することは支持力を推定する上で有効である。よって、簡便に推定できる土量比¹⁾によって種々の载荷条件及び堆積条件下の地盤の支持力挙動を推定できることが示された。

参考文献(1) 宮浦征宏ら：土木学会論文集, No.673/III-54, pp.121-131, 2001. (2) 川村志麻ら：第37回地盤工学研究発表会発表講演集, 2002. (投稿中) (3) Oda, M. et al. : S&F, Vol.19, No.3, pp.16-28, 1979. (4) 川村志麻ら：地盤工学シンポジウム論文集, Vol.46, pp.287-292, 2001.

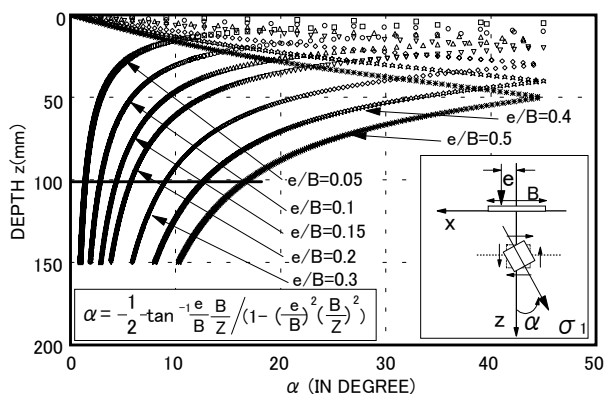


図-2 偏心载荷条件下の最大主応力方向 α と深さの関係

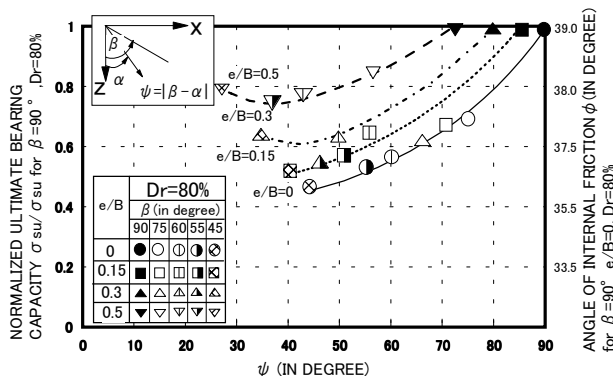


図-3 異方性による支持力の変化

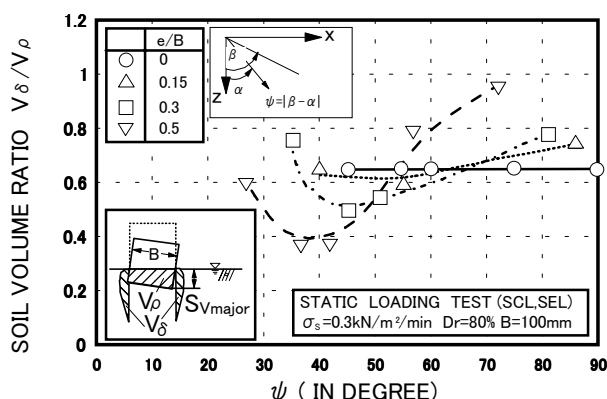


図-4 土量比と ψ の関係

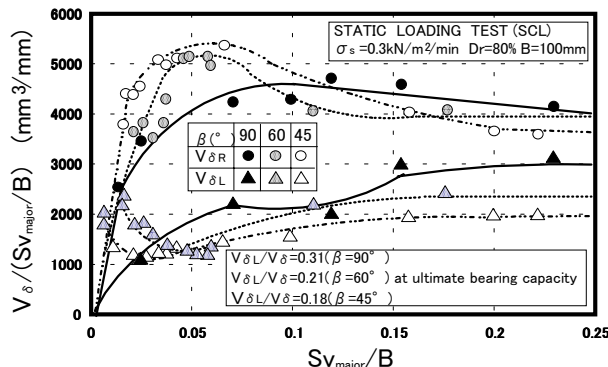


図-5 正規化土量比と沈下量の関係