

東京大学生産技術研究所 〇藤岡文夫・谷和夫
日立造船(株)技術研究所 川村大蔵

筆者らは1gの下での空中落F法で作成した空気乾燥豊浦砂上の幅 $B=10\text{cm}$ の模型帯基礎の N_f は各種の実験精度の検討の後、図-1に示す値がほぼ信頼できるという結論に至った^{(1),(2),(3)}。図中の●印はその後の追加実験のデータである。又、砂地盤内のひずみの発生状況を詳細に検討した所⁽⁴⁾、ひずみはフーチング直下から左右方向にむかって進行的に発生してゆくことが分った。更に模型実験に対応させた平面ひずみ圧縮実験を $\sigma_3' = 0.05 \sim 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲で、 σ_1' 方向と堆積面のなす角度 δ を $0 \sim 90^\circ$ 変化させて行なった所、(1) $\sigma_3' < 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ では $\phi = \arcsin\{(\sigma_1' - \sigma_3')/(\sigma_1' + \sigma_3')\}_{\max}$ の σ_3' 依存性は大変小さいこと⁽⁵⁾、(2) ϕ の δ 依存性は基本的には σ_3' には依存しないこと(図-2)⁽⁶⁾が分った。よって、1gの下での小型模型実験でも虚心力載荷実験の場合⁽⁷⁾と同様に「 N_f の算定には砂の強度異方性と地盤の破壊の進行性の両方を考慮する必要がある」といふかどうか確認するために以下のような若干の数値計算を行ってみた。

即ち、強度異方性は考慮しているが破壊領域内の ϕ は100%同時に發揮されていると仮定して得られた N_f の計算値が実験値よりもはるかに大きければ、破壊の進行性の考慮も必須であることになる。これまでの実験^{(1)~(4)}ではフーチング底面での摩擦角の大きさと分布形を測定していないため、応力特性曲線を描いてゆく方法で信頼できる計算を行ない難いので次の方法を用いた。

- (1) 図-3に示すようにすべり線を観察した。フーチング最大荷重は(フーチング沈下量)/ $B \div 0.06$ の時に生じ、すべり線が地表に達したのは(フーチング沈下量)/ $B \div 0.3$ の時であった。
- (2) 平面ひずみ圧縮試験^{(5),(6)}で、すべり面と応力特性曲線のなす角度 α を求めた(図-4)。45° $\pm \frac{\phi}{2}$ 、 θ 、45° $\pm \frac{\phi}{2}$ はそれぞれ破壊時における応力特性曲線、マクロ的すべり面、ひずみ増分特性曲線(伸び縮みしない方向)が σ_3' 方向からなす角度である。この3者は一致せず、 α は δ の関数であり、 σ_3' によっても異なる。以下の作業では地盤内の σ_3' の大きさを考慮して図4中の斜線の範囲を用いた。
- (3) 図-3でくさびの先端(11又は13)とフーチング頂E、E'を結ぶ直線E11、E'13を直線すべり線とし、応力特性曲線E11'、E'13'を図4(b)に示す α ($\delta=90^\circ$)だけE11、E'13から回転して得た。次に図3(a)ですべり線11-10と応力特性曲線11'-10'の方向は α ($\delta=90^\circ$)だけずれているとし、更にすべり線10-9と応力特性曲線10'-9'は点10'における δ に対応する α だけ方向がずれているとし、応力特性曲線を推定してゆく。点2'は $\angle 11'E2' = 90^\circ$ の条件で求め、点1'は $\angle E1'1' = 45^\circ \pm \frac{\phi}{2}$ ($\delta=0^\circ$)になるようにして求める。
- (4) ϕ ($\delta=90^\circ$)=50.9°として応力特性曲線上の各点での $\phi(\delta)$ を図-2の実線の関係を用いて求める。この実線は地盤内の σ_3' の値の分布を考慮して決めた。この $\phi(\delta)$ が100%同時に發揮されていると仮定する。

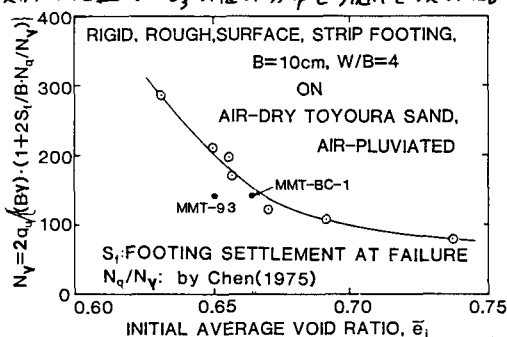


図-1 1gの下における小型模型実験による N_f ^{(1)~(3)}

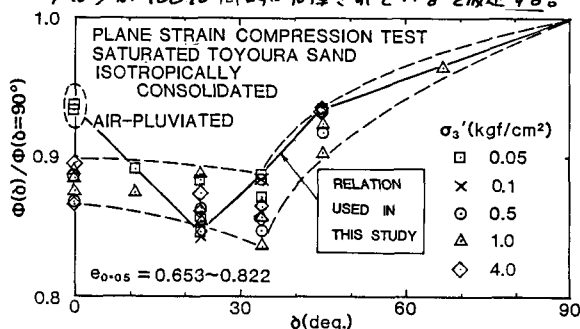


図-2 平面ひずみ圧縮試験による ϕ の異方性⁽⁶⁾

(5) 応力特性曲線に於て、 z は

$$ds = \pm 2s \cdot \tan \phi(\delta) \cdot d\eta + \gamma_d [dz + \tan \phi(\delta) \cdot dx]$$

$$s = (\sigma_1 + \sigma_3)/2,$$

$$\eta = 90^\circ - \delta,$$
 が成り立っており、点1'での s が既知なため、1'→2'→3'...に於て、 z を積分してゆけば各点での応力が求まる。図3(a)の点11'で $s = 2.53 \text{ kgf/cm}^2$ 、図3(b)の点13'で $s = 2.87 \text{ kgf/cm}^2$ となり両者はほぼ一致した。

(6) 推定した応力特性曲線上の各点での z 方向の応力成分の積分値から、地表と応力特性曲線にかこまれた土塊の重量を差引き、これをフーチング最大荷重とした所、 $N_f = \gamma_d / (\frac{1}{2} B \gamma_d) = 3,258 \text{ g/cm}^2 / (\frac{1}{2} \times 10 \text{ cm} \times 1.60 \text{ g/cm}^3) = 407$ となった。

このすべり面を観察した実験では N_f の実測値は144であり、図-1に示す平均的関係では200である。従って、 N_f (計算値)/(実測値) = R は $407/144 = 2.8$ ないし $407/200 = 2.0$ となる。従って、1gの下での小型模型実験でも地盤の破壊は進行的であると言えるようである。なお、遠心力荷重実験⁷⁾ ($B=30\text{cm}$, $30g$) での R は1.83である。

図-3において推定した応力特性曲線1'-2'-3'...は断壁と交差している。断壁の存在のため実験の N_f が過大評価されていたとすると上記の R の値も過大評価されていることになり、上記の結論は変わらない。事実、実験 MMT-BC-1 (図-1) ではフーチングの中心を左に9cmからしているが、 N_f の値に断壁の影響は見られない。又、フーチング底面での σ_1 の分布は三角形であるとすると N_f の計算値は246となり上記の407よりはるかに小さくなる。これはフーチング底面での摩擦の存在のため、 σ_1 の分布は三角形ではないことを示唆している。

謝辞 図-4に示すデータは坂元信氏による。又、 N_f の計算法では埼玉大学小田原寛助教授から色々助言を頂いた。又、前田孝氏には実験上御協力頂いた。末筆ながら感謝意を表します。

参考文献 (1) 生原修・龍岡法 (1984), "砂の模型支持力実験における側壁面条件の影響," 第19国土工学学会, (2) 龍岡法 (1984), "砂地盤上の帯基礎の支持力係数 N_f について," 土学会第39回, III-161 (3) 龍岡法・生原修・福島伸・川村大蔵 (1984), "模型砂地盤の浅い基礎の支持力と等価試験強度の関係について," 土工学学会33号324, 砂質土おと砂地盤... (4) 谷和夫ら (1985), "砂地盤上の帯基礎の模型支持力実験," (4), (5), (6) は第20国土工学学会, 名古屋. (5) 坂元信ら (1985), "極低圧下における平面すべり圧縮の变形特性," (6) 川村大蔵ら (1985), "平面すべり圧縮の強度・变形特性の異方性," (7) Kimura, T., Kusakabe, O. and Saitoh, K. (1985), "Geotechnical model tests of bearing capacity problems in a centrifuge," *Geotechnique*, 35, No.1, pp.33-45. (8) 坂元信 (1985), "極低圧下における砂の变形・強度特性," 昭和59年度東京大学工学系大学院修士論文

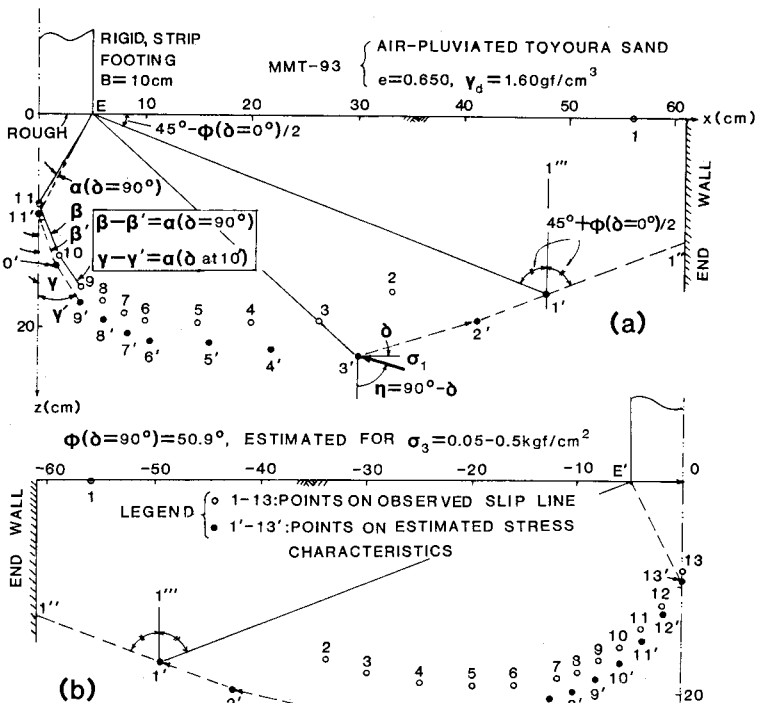


図-3 観察されたすべり線と推定した応力特性曲線

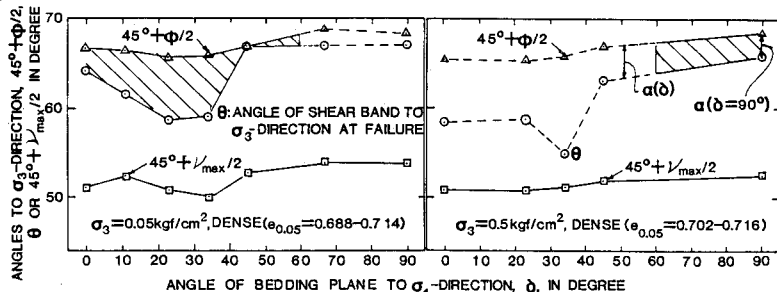


図-4 平面すべり圧縮におけるすべり面と応力特性曲線の方向⁸⁾

図-3において推定した応力特性曲線1'-2'-3'...は断壁と交差している。断壁の存在のため実験の N_f が過大評価されていたとすると上記の R の値も過大評価されていることになり、上記の結論は変わらない。事実、実験 MMT-BC-1 (図-1) ではフーチングの中心を左に9cmからしているが、 N_f の値に断壁の影響は見られない。又、フーチング底面での σ_1 の分布は三角形であるとすると N_f の計算値は246となり上記の407よりはるかに小さくなる。これはフーチング底面での摩擦の存在のため、 σ_1 の分布は三角形ではないことを示唆している。

謝辞 図-4に示すデータは坂元信氏による。又、 N_f の計算法では埼玉大学小田原寛助教授から色々助言を頂いた。又、前田孝氏には実験上御協力頂いた。末筆ながら感謝意を表します。

参考文献 (1) 生原修・龍岡法 (1984), "砂の模型支持力実験における側壁面条件の影響," 第19国土工学学会, (2) 龍岡法 (1984), "砂地盤上の帯基礎の支持力係数 N_f について," 土学会第39回, III-161 (3) 龍岡法・生原修・福島伸・川村大蔵 (1984), "模型砂地盤の浅い基礎の支持力と等価試験強度の関係について," 土工学学会33号324, 砂質土おと砂地盤... (4) 谷和夫ら (1985), "砂地盤上の帯基礎の模型支持力実験," (4), (5), (6) は第20国土工学学会, 名古屋. (5) 坂元信ら (1985), "極低圧下における平面すべり圧縮の变形特性," (6) 川村大蔵ら (1985), "平面すべり圧縮の強度・变形特性の異方性," (7) Kimura, T., Kusakabe, O. and Saitoh, K. (1985), "Geotechnical model tests of bearing capacity problems in a centrifuge," *Geotechnique*, 35, No.1, pp.33-45. (8) 坂元信 (1985), "極低圧下における砂の变形・強度特性," 昭和59年度東京大学工学系大学院修士論文