

模型砂地盤の支持力実験における砂箱側壁面摩擦の影響 IV ——分割ロードセルによるフーチング底面の応力分布の測定——

Influence of Side Wall Friction of Sand Box in Bearing Capacity Test on Model Sand Ground IV
——Measurements of Stress Distribution on Footing Bass with Separate Load Cells——

龍岡 文夫*・生原 修**・佐藤 剛司*
Fumio TATSUOKA, Osamu HAIBARA and Takeshi SATO

1. はじめに

中型砂箱(奥行き $W=40$ cm, 図 2¹⁶⁾)を用いた模型砂層の支持力実験での砂箱側壁面の摩擦力の影響を直接調べるため, 谷の研究¹⁷⁾に基づき 2 方向ロードセルを製作し,^{18),19)} フーチング底面に作用している鉛直応力とせん断応力の分布を測定した。その結果, 従来筆者らが砂箱側壁面条件として用いてきた, テフロンシートを厚さ $30 \mu\text{m}$ のシリコングリース KS 63 G を介してアクリル板製の側壁の表面に付着させているタイプ 1 (図 12) を用いた場合は, 側壁面摩擦力は非常に大きくなることが分かった。

2. 2 方向ロードセルの設計と製作

図 28, 写真 6 に示すのが今回設計した 2 方向ロードセルである。詳細は文献 16), 17) に詳しい。ストレインゲージ A と B で 1 つの鉛直方向力ロードセル, A' と B' でもう 1 つの鉛直方向力ロードセル, C と C' でせん断力(水平方向力)ロードセルとなっている。おのおの 4 枚のストレインゲージでブリッジを形成している。鉛直方向力と水平方向力の測定では, 相互に非常に小さな干渉しかなく, 精密な測定ができる。ロードセルの検定は死荷重を用いて入念に行い, 良い線型性を持つことを確認した。図 29 はロードセルの (a) 鉛直方向と (b) 水平方向の剛性を示したものであり, 非常に剛性が高いことが分かる。このロードセルの剛性が低いと, フーチング底面の非一様な応力分布を正確に測定することができなくなる。

写真 7 はこのロードセルユニット 6 つを幅 10 cm, 奥行き 40 cm のフーチング底面に固定し, 横倒しにした状態を示したものである。ロードセル下面に幅 4.9 cm, 奥行き 13.2 cm, 厚さ 2 cm のジュラルミン製の平板(分割フーチング)を固定し, この底面に豊浦砂をアラルダイ

トで付着させている。各ロードセルユニット間の干渉をなくするために, 上記のジュラルミン製平板(分割フーチング)の間は 1 mm の隙間をあけてある。写真 8 はロードセルを装着したフーチングを砂層表面上に設置し, フーチングを押し込む直前の状態を示している。

3. 実験結果

図 30 は, 砂箱側壁としてタイプ 1 を採用して, 幅 $B=10$ cm のフーチングを空中落下法で作成した初期間隙比 $e_1=0.650$ の空気乾燥豊浦砂層に, フーチング沈下速度 0.8 mm/分 で押し込んだときの (a) 鉛直方向力と (b) 水平方向力(せん断力)を示してある。全てのロードセルユニットの全てのロードセル成分を測定するために必要な数のひずみ増幅器を用意できなかったため, 鉛直方向力は合計力 P と図 30(a) に示す No. 1~No. 6 のロードセル成分, 水平方向力は図 30(b) に示す No. S1~No. S3 の 3 つのロードセル成分のみ測定した。図 30 からつぎのことが分かる。

(1) フーチング奥行き方向の荷重分布はほぼ対称であり, 奥行き方向に偏心はない(図 30(a))。

(2) 図 30(b) の S1 と S2 を比べて分かるように, ピーク強度まではせん断力はフーチング幅方向にはほぼ対称であり, フーチング幅方向にも偏心はない。しかしピーク強度以降は非対称になっている。

(3) 側壁面の摩擦力の影響は歴然としている。各ロードセル成分で測定された最大荷重値が側壁に近いほど大きいことに加えて, 最大荷重値を示すフーチング沈下量 S も側壁に近いほど大きい。このため, 砂箱中央での鉛直荷重成分 No. 3, No. 4 は, $S=5$ mm 付近で明確なピーク値を示しているにもかかわらず, フーチング全鉛直荷重 P は明確なピーク値を示さなくなっている。鉛直荷重成分 No. 3, および No. 4 も側壁面摩擦の影響を若干受けているであろうが, 仮りにこれを真値としても, フーチング全鉛直荷重 P の 1/12 がこれらの値よりもかなり大きいことから, P の値をフーチング底面積 A_f で除

* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

** 廣瀬鋼材産業(株)

研究速報

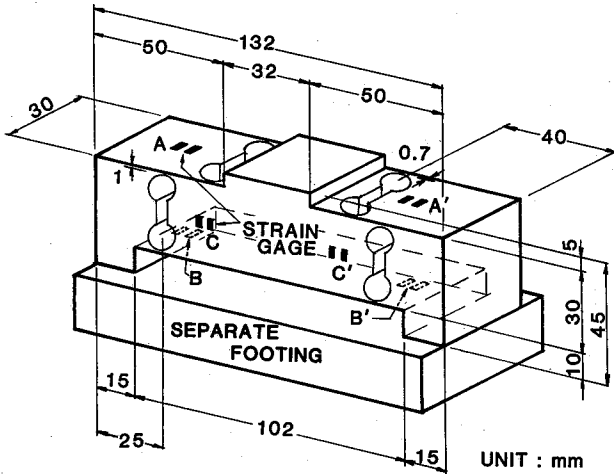


図28 2方向ロードセル

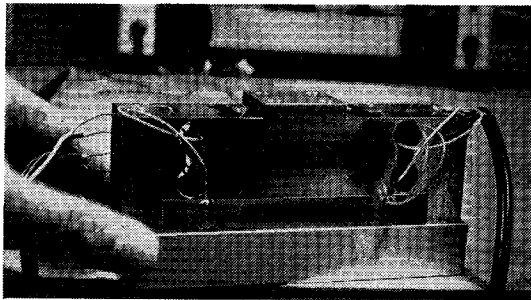


写真6 二方向ロードセル近影

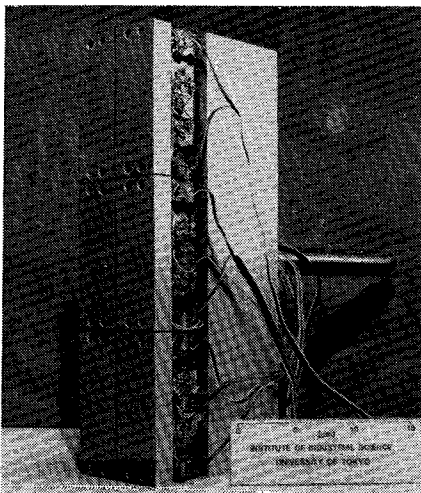


写真7 フーチング底面へのロードセルの取付け状況

したフーチング応力 $q = P/A_f$ も側壁面摩擦による誤差をかなり含んでいるといえよう。

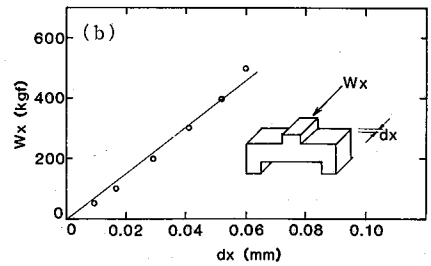
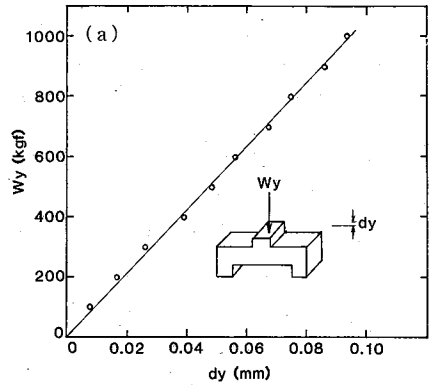


図29 ロードセルの剛性

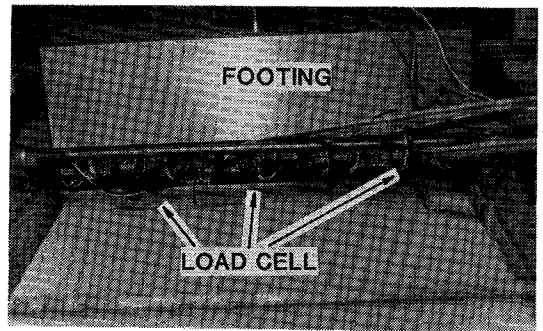


写真8 二方向ロードセルを用いた模型実験の様子
(フーチング幅 $B = 10$ cm
フーチング長さ(奥行き) $W = 40$ cm)

そこで、図 30(a) に示す結果からつぎに示す方法でフーチング底面で鉛直応力のフーチング奥行き方向の分布をつぎの3つの仮定を用いて求めてみた。

(仮定1) 図 31 に示す④、⑤の部分で測定している鉛直はおののロードセルの足の中心線のところに作用している集中荷重 W_A 、 W_B と等しいとする。ロードセル成分④、⑤の検定も、この足の中心線の中央位置に点荷重を死荷重で加えることによって検定しているから、この仮定は十分正しいと考えてよいだろう。

(仮定2) フーチング底面での鉛直応力は奥行き方向

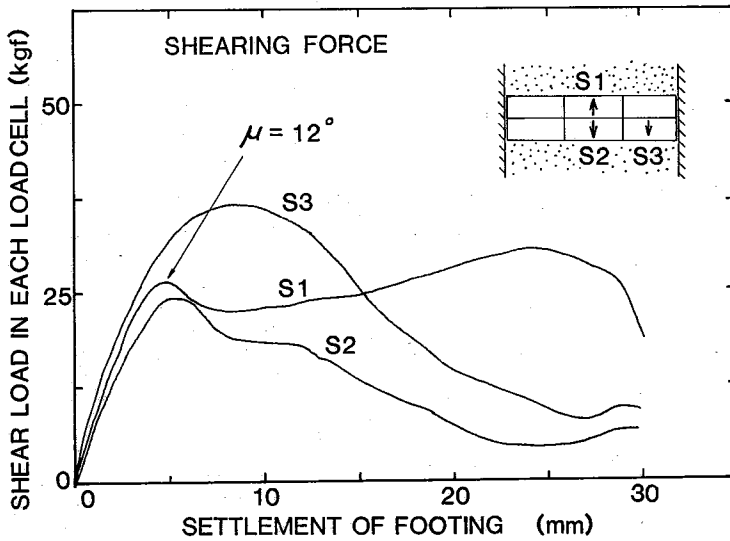
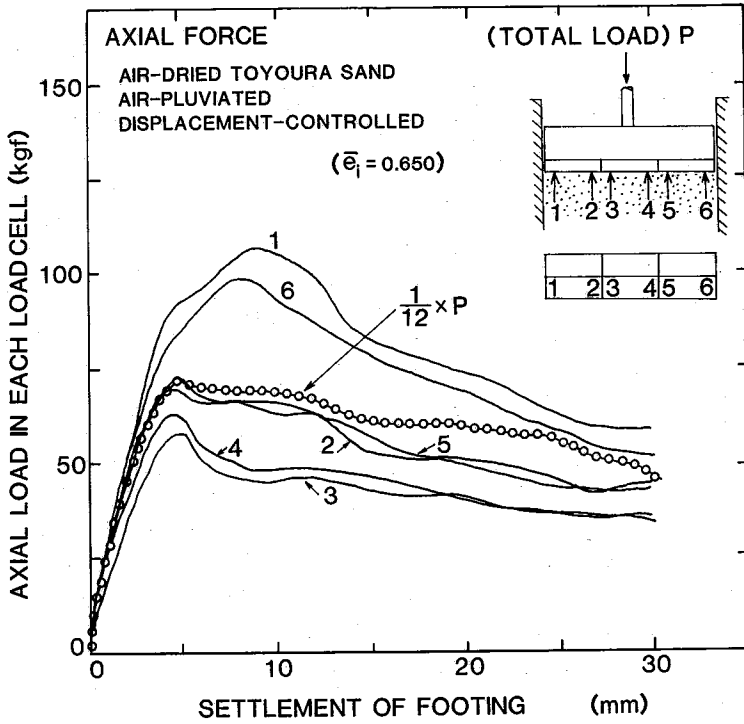


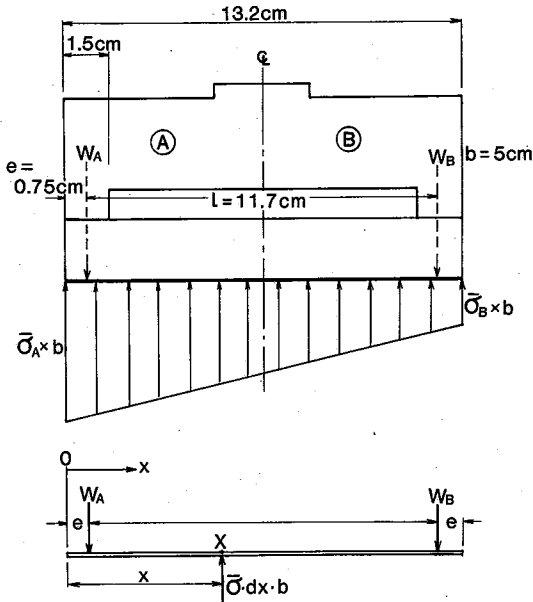
図30 タイプ1の側壁条件のときのフーチング底面での応力分布。

(図 31 での x 軸方向) に線型に変化している。

(仮定 3) 分割フーチングは剛性は十分に高く、 W_A 、 W_B は線(図 31 では点)上に作用しており、図 31 に示す点 X に作用している線荷重 $\delta \cdot dx \cdot b$ は、

$$\left. \begin{aligned} \delta W_A &= \frac{b}{l} \cdot \delta(l+e-x) dx \\ \delta W_B &= \frac{b}{l} \cdot \delta(x-e) dx \end{aligned} \right\} (3)$$

研 究 速 報



NOTE: $\bar{\sigma}_A$ and $\bar{\sigma}_B$ are the values averaged for a width b of 5 cm.

図31 分割フーチング底面での応力分布を求める方法の説明図

となる。このようにして求めたフーチング底面での鉛直応力のフーチング奥行き方向の分布を図32に示す。S = 0.08 × B (8 mm) のときは、側壁に近いロードセル成分 No. 1 と No. 6 での測定値が最大になっているときである。この図を見ると、フーチング全荷重 P が最大になるフーチング沈下量 S = 0.05 × B (5 mm) のときから S = 0.3 × B (30 mm) のときまでの間一貫して、側壁に沿う鉛直応力は砂箱中央付近の値の実に 2 倍近くもあることが分かる。このことから、奥行き 10 cm の小型模型でタイプ 1 を側壁に用いたときに測定された支持力値はまったく信頼できないことが分かる。

4. ま と め

分割ロードセルを用いて、タイプ 1 の側壁面条件でのフーチング底面の応力分布を実測したところ、その分布の均一性はきわめて悪く、奥行き 40 cm の砂箱といえども、側壁面摩擦は非常に大きいことが実証された。このことから、奥行き 40 cm の砂箱でも側壁面の摩擦を軽減しないとフーチング平均応力から支持力 q_u を求めると、過大評価になることが分かる。

(1983 年 11 月 18 日受理)

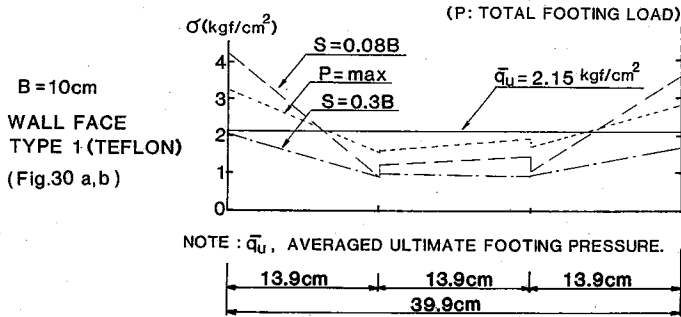


図32 フーチング底面での直応力分布 (タイプ1の場合)

のように配分されるとする。ここで $\bar{\sigma}$ は点 x での平均 (幅方向の) 鉛直応力、 b は分割フーチングの幅である。また、 l は W_A と W_B の作用線間の距離、 e は W_A と W_B の作用線の分割フーチング端からの距離である。
 (1) 式から、 $W_A = \int_0^{l+2e} \delta W_A$ 、 $W_B = \int_0^{l+2e} \delta W_B$ を求めた。これからさらに分割フーチング両端での $\bar{\sigma}_A$ 、 $\bar{\sigma}_B$ ($\bar{\sigma}_A$ 、 $\bar{\sigma}_B$ は分割フーチング両端における幅方向に平均した鉛直応力) を求めると、

$$\left. \begin{aligned} \bar{\sigma}_A &= \frac{2}{b(l+2e)^2} [(2l+e)W_A - (l-e)W_B] \\ \bar{\sigma}_B &= \frac{2}{b(l+2e)^2} [(2l+e)W_B - (l-e)W_A] \end{aligned} \right\} (4)$$

参 考 文 献

- 16) 龍岡文夫・党 宣夫・生原 修・佐藤剛司 (1983) : 模型砂地盤の支持力実験における砂箱側壁面摩擦の影響 I — 側壁摩擦の影響の実際 — 生産研究, 35 巻, 12 号, 27~30 頁
- 17) 谷 泰弘 (1982) : 切削加工の分野で使用されるロードセルについて, 生産研究, 34 巻, 6 号, 6 月号, 35~42 頁
- 18) 龍岡文夫・佐藤剛司・大河内保彦・福島伸二 (1983) : 三軸およびねじりせん断装置の設計製作における若干の経験, 土と基礎, 7 月号, 31 巻, 7 号, 41~48 頁
- 19) 龍岡文夫・佐藤剛司・山田真一・生原 修 (1983) : 土質せん断試験機の設計と製作 — 応力・荷重の制御と測定 1 — 地質と調査, 1983 年, 第 2 号, 51~56 頁