

東京大学大学院 〇谷 和夫
東京大学生産技術研究所 龍岡文夫

1. はじめに: 平面ひずみ(二次元)下の支持力問題の研究は Terzaghi 以来土質工学上の基本的な課題であり、今なお完全に解決されたとはいえない。¹⁾ 砂地盤を一定の剛塑性体と仮定した底面が粗の帯基礎の支持力の理論解においても、仮定したフーチング底面の摩擦角分布あるいはフーチング下の楔の考え方により得られる支持力係数 N_f は大きく異なり、²⁾ この摩擦角分布を正確に把握する必要があることが痛感される。本研究において、実際にフーチング底面を模擬している摩擦角の分布を測定するために試作した直荷重とせん断荷重を同時に測定する分割二方向ロードセルの特性について以下に報告する。

2. ロードセルが具備すべき条件: より正確なフーチング底面の摩擦角分布を求めるためには、二方向の荷重を正確に測定できる範囲において可能な限り分割数を多くしなければならぬ。“二方向の荷重を正確に測定する”ということを実体的に述べると、①出力が大きく精度が良い、②剛性が高く変形が小さい、③容量が十分、④直線性が良くヒステリシスがない、⑤安定である、⑥二方向の干渉がない、⑦偏心の影響を受けない、⑧検定方法が明確で簡便である、ということになる。今回試作した門型ロードセル³⁾は以上の条件を満たし、さらに④簡明な構造で製作が容易であるという点において優れていることが報告されている。⁴⁾

3. 試作したロードセルの概要: フーチング幅

$B=10\text{ cm}$ を11等分し、それぞれ直荷重とせん断荷重の二方向を同時に測定することのできる門型ロードセルを試作した(図1)。局所的に断面二次モーメントを非常に小さくしている両端固定梁の平行平板モードによる変形を利用して、薄片部分にA~Hのひずみゲージ(ポリイミド箔ひずみゲージ、ゲージ長 0.5 mm , 350Ω)を貼り付けて、直荷重はA~D、せん断荷重はE~Hのひずみゲージにより4ゲージ法でホイートストンブリッジを組みそれぞれの二方向を検出する構造である。³⁾ 図1でも分かるように測定方向に直交する方向の力に対し非常に剛性が高いので干渉が出にくく、出力は曲げモーメントによるため梁の長さにより出力を大きくすることができる。構造も簡単で製作も極めて容易である。

4. 検定とその特性: 検定は二方向それぞれ独立に正確に載荷できるように反力を取り得る軸受等を用いてデッドロードを吊すことにより行った(図2)。直荷重P、せん断荷重Qに対するそれぞれのブリッジの出力 E_p , E_q を図3に示す。検定は最大設定荷重まで加重し、その後除荷を行ったが、加重時と除荷時の出力差はほとんどなく、

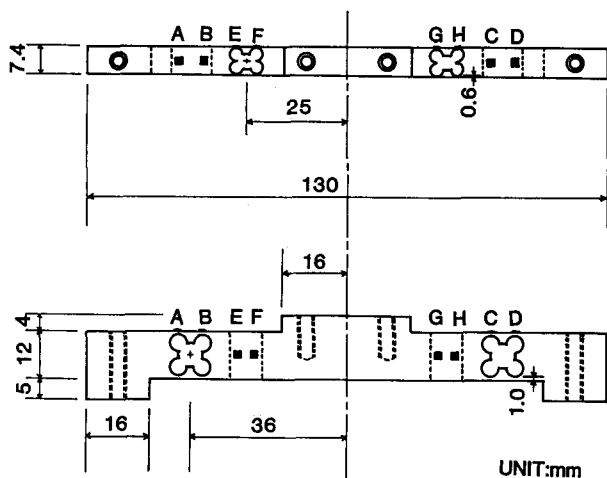


図1 試作した二方向ロードセル

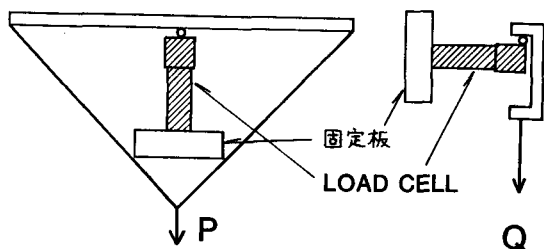


図2 検定方法

ヒステリシスもなく直線性、安定性において良好な結果を示した。幅方向の偏心に対して出力は0.8%の変化であり問題は無い。長手方向の偏心に対しては2%の変化が認められるが、平面ひずみ状態を正確に保ちフーチング中央1/3で測定する場合長手方向の偏心には実際上ないと思われる。

直荷重P、せん断荷重Qの単位荷重1Nに対するそれぞれ

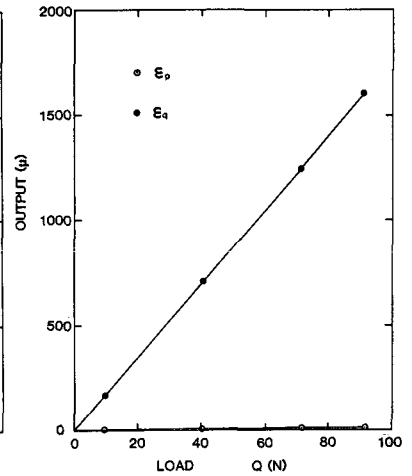
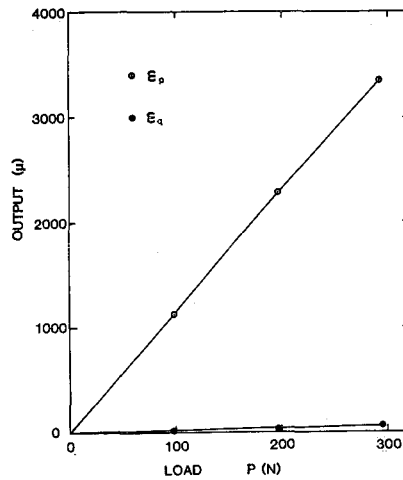


図3 ロードセルの検定特性

を表1に示す。測定する方向の出力に比較してこれに直交する方向の出力が小さく、干渉が非常に小さいことが分る。さらに測定される摩擦角の精度について次のように考察した。今、実際に直荷重 P_t とせん断荷重 Q_t が同時に作用して、それぞれの方向に対する出力は独立であるとする

	ε_p	ε_q
P	11.5	0.22
Q	0.16	17.5

表1

$$\begin{cases} \varepsilon_p = a \cdot P_t \pm b \cdot Q_t \\ \varepsilon_q = \pm c \cdot P_t + d \cdot Q_t \end{cases}$$

(a, b, c, dはそれぞれ表1の数字に対応する)

と書ける。測定される直荷重 P_m 、せん断荷重 Q_m の最大値、最小値は、

$$\begin{cases} P_{m, \max} = (a \cdot P_t + b \cdot Q_t) \cdot \frac{1}{a} \\ P_{m, \min} = (a \cdot P_t - b \cdot Q_t) \cdot \frac{1}{a} \end{cases} \quad \begin{cases} Q_{m, \max} = (c \cdot P_t + d \cdot Q_t) \cdot \frac{1}{d} \\ Q_{m, \min} = (-c \cdot P_t + d \cdot Q_t) \cdot \frac{1}{d} \end{cases}$$

となり、実際に発揮されている摩擦角 $\mu_t = \arctan \frac{Q_t}{P_t}$ とすると測定される摩擦角 μ_m の最大値、最小値は以下のようになる。

$$\begin{cases} \mu_{m, \max} = \arctan \frac{Q_{m, \max}}{P_{m, \min}} = \arctan \left(\frac{c + d \cdot \tan \mu_t}{a - b \cdot \tan \mu_t} \cdot \frac{a}{d} \right) \\ \mu_{m, \min} = \arctan \frac{Q_{m, \min}}{P_{m, \max}} = \arctan \left(\frac{-c + d \cdot \tan \mu_t}{a + b \cdot \tan \mu_t} \cdot \frac{a}{d} \right) \end{cases}$$

実際に表1の数字を代入すると $\mu_t, \mu_{m, \max}, \mu_{m, \min}$ の関係は表2になり、摩擦角は $\pm 0.7^\circ$ の範囲で測定できることになる。

また、ロードセルの変形はP, Qそれぞれの最大荷重に対し、 $67.4 \mu m, 58.9 \mu m$ と小さかった。

ロードセルの製作にあたり、では試作工場のスタッフの協力を得た。末筆ながら感謝の意を表します。

μ_t	$\mu_{m, \max}$	$\mu_{m, \min}$
0	0.5	-0.5
10	10.6	9.4
20	20.6	19.4
30	30.7	29.3

表2. (in degree)

5. 参考文献; 1) 龍岡文夫, et al (1984) "模型砂地盤の残

い基礎の支持力と要素試験の関係について" 砂質土および砂地盤の変形・破壊強度の評価に関するシンポジウム発表論文集

2) Graham, J. & Stuart, J. G (1971) "Scale and Boundary Effects in Foundation Analysis" ASCE Vol 97 SM11

3) 谷 泰弘 (1980) "切削モデル実験による正面切削の研究" 東京大学博士論文

4) 佐藤剛司, et al (1983) "二方向ロードセルの試作とその特性について" 第38回土学会年次学術講演会概要集