

名古屋大学 正員 市原松平
名古屋大学 学生員 石橋 勲

[1] 概説

偏心傾斜荷重を受ける帯状基礎の支持力に関する構型実験を乾燥した豊浦標洋砂を用いて行った。本実験では破壊時に砂と土槽側壁との間に生ずる摩擦量を三分離載荷板を用いて取り除き、得られた実験値のうち鉛直中心載荷重について従来各国で行なわれた実験値と比較した。

[2] 実験装置および実験方法

乾燥した豊浦標洋砂 ($G_s=2.65$) を使用し、層厚 5 cm の土箱型パイプ L-ターを編みかけ、実験槽の寸法を一定にするように工夫した。砂は主として $\phi=1.515 \text{ mm}$ と $\phi=1.530 \text{ mm}$ の 2 種を用いた。このときの内部摩擦角は平面ひずみ状態の三軸圧縮試験によると、 $\phi=41^\circ$ ($\mu=1.575$)、 $\phi=38.5^\circ$ ($\mu=1.53$) の値を得た。土槽の幅 100 cm、奥行 30 cm、梁は 50 cm の、前後面の厚さは 18 mm の強化ガラス板剛に固定され、外部からすべり面が観察できるようにした。

載荷板は幅 (B)=75 cm、奥行 (L)=30 cm のものを用いた。図 1 に示す三分離載荷板を主として用いた。載荷板底面には標洋砂をはりつけてある。

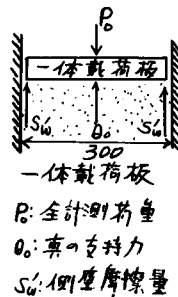
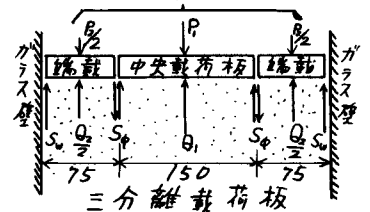
モーターでワイヤーを連続的にひいて、任意の傾斜荷重と合力として載荷板に加えることができる。ワイヤーの一端に取り付けて荷重計 (全作用荷重を計測) と、三分離載荷板の中央部の直上のロードセル (荷重を計測) とで作用荷重を計測し、後者のロードセルがブロックとなる下まで極限破壊とみる。

[3] 実験結果と考察

(3-1) 三分離載荷法による側壁摩擦量の除去

帯状基礎の実験では、砂がすべり出すときに砂と側壁との間に摩擦が生じ、一体となる載荷板では、この摩擦量をも含めて計測してしまう。この摩擦量を除去するために、土槽奥行を変化させ、 $L=0$ のときに外側から破壊荷重を側壁摩擦量とみる方法 (外側法⁽¹⁾) を一応の成功をみたが、この方法は多くの労を要する。そこで今回は載荷板を三分に分離し、両端の側壁摩擦量をも含めた破壊荷重と、その中央部では純粋に側壁摩擦の影響のない破壊荷重 (P) を計測した。この方法では三分載荷板が安全に一体として動くため、載荷板の境界下の砂中の鉛直面と垂直断面が破壊され、P はそれとを含むと計測される。

図-1 載荷板



- P: 全計測荷重
- P_0: 中央載荷板の計測荷重
- P_1: 端載荷板の作用荷重
- Q_1: 中央載荷板の真の荷重
- Q_0: 端載荷板の真の支持力
- S_w: 側壁摩擦量
- S_w0: 三分の載荷板が動くとき生ずる側壁摩擦力 (この方向に中央載荷板の動きが先行する場合)

2. 図1のようにならば、
 $\delta = 2$ 、模擬的に

図1のようにならば、

$$P_1 = Q_1 + 2S_w \quad \dots (1)$$

$$P_2 = Q_2 + 2S_w \pm 2S_w \quad \dots (2)$$

$$P = P_1 + P_2$$

$$= Q_1 + Q_2 + 2S_w$$

$$= Q_0 + 2S_w \quad \dots (3)$$

$$P_0 = Q_0 + 2S_w' \quad \dots (4)$$

より $P = P_0$ である。 S_w

$= S_w'$ とする。 $\delta = 2$ 、比

較のため、一様荷重板の

P_0 を計測し、ばらつき

の範囲内で、 P/P_0 を確

定し、三分離と一様荷重

板とは全体として同じ載

荷板とみることができ

た。上式の土の符号

は中央と端載荷板のど

の動きが先行するかによ

って逆転し、 P_1 の計測

値を平均化する。 P/P_0

$= Q_1$ 、 $P - 2P_1 = 2S_w$ が得

られる。

図-2 支持力係数

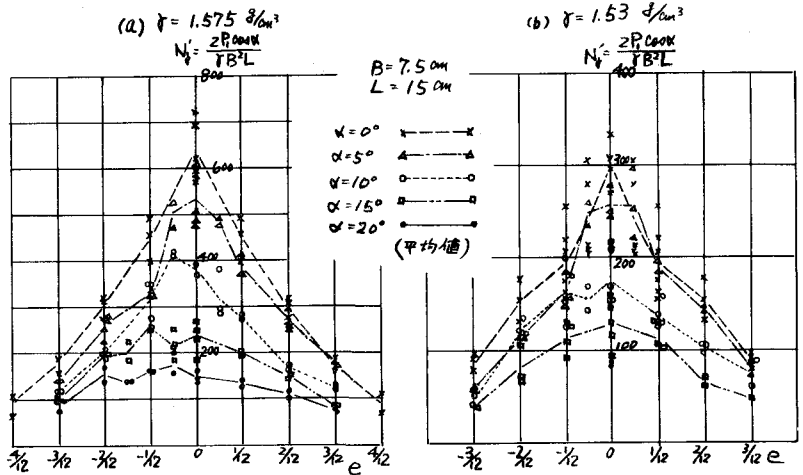
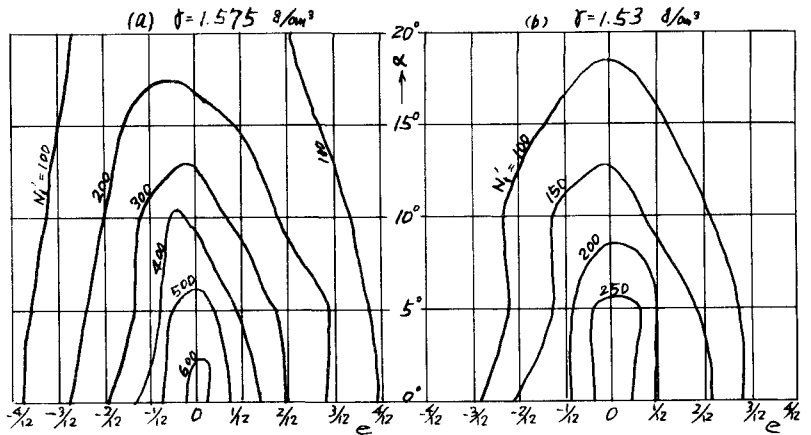


図-3 等N'_y値線図



このようにして得た側壁摩擦量 $2S_w/P(L=30\text{cm})$ は 10~20% の法と無視することはできる。大きな質量であることがわかった。この値の外を法で得た側壁摩擦量 20~30% ($L=20\text{cm}$ の破壊荷重に対する) とよむことが得た。以上のよう三分離載荷板法は側壁摩擦の除去に、より有効な方法であることがわかった。

(3-2) 極限支持力

$\delta = 1.575 \text{ g/cm}^3$ 、 $\delta = 1.53 \text{ g/cm}^3$ に対して傾斜角 $\alpha = 0^\circ \sim 20^\circ$ 、偏心量 $e = 0 \pm 1/4 B$ の実験も行なわれ、中央載荷板に対する破壊荷重 P を極限支持力とし、その鉛直成分を N'_y とし、無次元化して下式、 $N'_y = 2P \cos \alpha / (B L^2)$ (支持力係数 N'_y の鉛直成分) を図2(a)(b) に示し、また図3(a)(b) に N'_y の平均値を α - e 軸上に移し、図3(c) のように等 N'_y 値線図を作成した。この図より以下のことが結論できる。

① $\delta = 1.575$ の傾斜角 α が増え、偏心量 e が大きくなると負側(合力の水平成分が向く方向が正)の支持力外量 e が大きくなる。下と上は、図3(c)で、 $\alpha = 15^\circ$ のとき $e = 1/4 B$ あり、支持力最

大となることは明瞭である。この現象は密石砂が著しく、 $\alpha=1.53$ ほどはあまり目立たない。

⑥作用荷重が偏心することによる起こる支持力の遞減は、傾斜角が小さいときほど急激で、下凸の形状を示すが、傾斜角が大きくなるほど、遞減率は小さくなり、ほとんど上に凸な遞減を示す。

⑦傾斜角が小さいとき、正の偏心が負の偏心よりも大きい支持力を与えるのに対し、傾斜角が大きくなると負の偏心のほうが正の偏心よりも大きい支持力を与えるようになる。

⑧ $e=0$ 、 $\alpha=0$ (鉛直中心載荷) の場合の極限支持力は従来の Terzaghi の支持力値に対し 2, 3 ~ 5 倍もの大きい値が得られた。このことは決定的に考察する。

⑨、⑩とも Meyerhof の偏心に対する有効幅 ($B-2e$) の概念とは異なる現象である。

[4] 他の実験値との比較

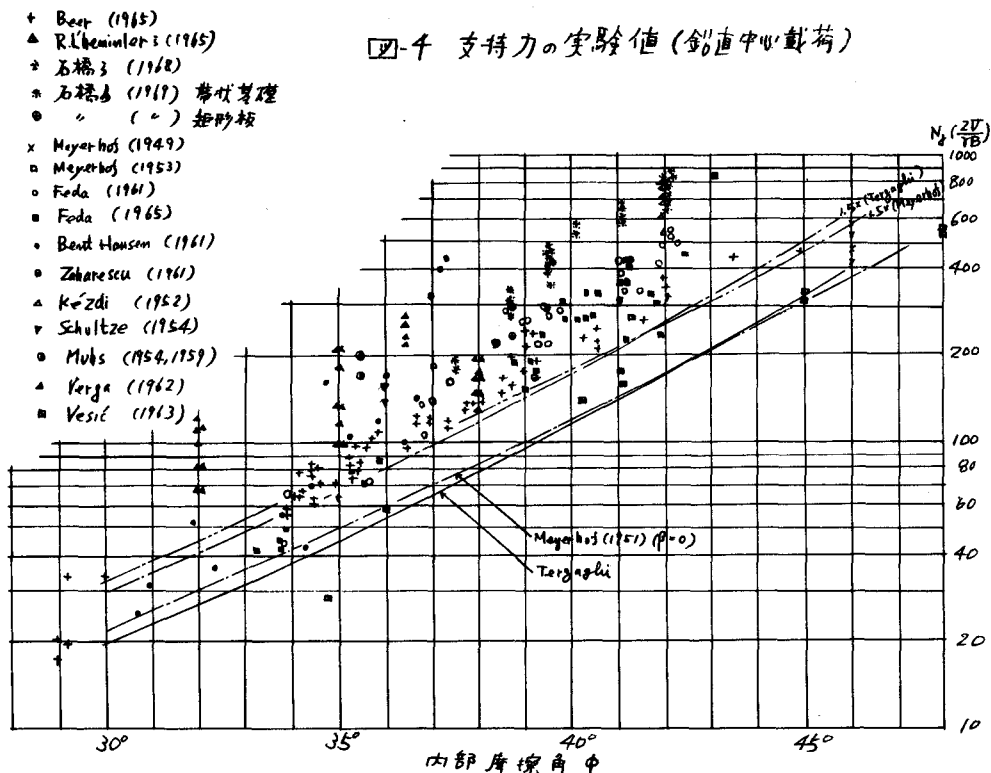
今回得られた実験値は、鉛直中心荷重の極限支持力に比しては、Terzaghi, Meyerhof の値と比較し、2 数倍もの大きい値を得た。筆者の実験値は多少の実験的誤差は認められるが、また信頼できると確信する。そこで、筆者以外の支持力に関する実験値のみを可能な限りとりあげ、それらと比較検討する。国際土質基礎工学会 (ICSMFE) を中心に 13 編の論文と、実験者は 15 名によるものを整理した。13 編中、なんと 7 編までが「得た実験値は現在一般に用いられる支持力値よりかなり大きい」と断言していること注目である。各実験条件はそれぞれ異なるが、それらを表 1 に示す。各実験値を結びつけるパラメータとして各実験者の決定した内部摩擦角中ととり、図 4 に示す。この図より Meyerhof の値より小さいものも総じて $\alpha=2/2$ のうち、かなり一個があり、彼らの値は 1.5 倍の値はこれらの実験値の下端を包絡するとするといつてもよいであろう。

表 1 実験条件

実験者名	試験管数	構型「フーチング」			土槽 cm			使用砂の特性		載荷方式	文献				
		Bm	Lm	L/B	表面	幅	奥行	深さ	名称			粒径 mm	①	②	
Meyerhof (1952)	4	1.27	7.62	6		45.7	38.1	45.7	medium fine sand	0.3~0.6	DS	DS	段階載荷	2nd ICSMFE	
Meyerhof (1953)	5	2.54	15.24	6		45.7	38.1	45.7	medium clean river sand		DS	DS	段階載荷	3rd ICSMFE	
Feda (1961)	25	2.9 4.8 8.0	2.3 4.8 8.0	1 1 1	relatively smooth	86	38	36	Zbraslav sand		NT	DS	NT	段階載荷	⑤ 5th ICSMFE
Feda (1965)	30	3 5	3 5	1 1	smooth				Zbraslav sand	0.05~4.0	NT	DS	①の連続載荷	6th ICSMFE	
Hansen (1961)	15	0-3	15		circular	grind stone	130	130	40	G-12 sand	$D_{50}=0.24$ $D_{10}/D_{50}=1.67$	NT	NT	段階載荷	⑤ 5th ICSMFE
Zaharescu (1961)	1	5.5 7.2 10.0	6.0						white quartz sand	0.3~1.5	DS	DS		⑤ 5th ICSMFE ICSMFE (1962 Budapest)	
Kézdi (1952)	6													A. Balla ⑥ "Bearing Capacity of Foundations" (ASCE 1962 SMC) p.1	
Schulze (1954)	2														
Muhs (1954, 59)	4	50	200	4				field test			DS	DS			
Vergo (1962)	4														
Vesic (1963)	4	5.08	30.5	6	rough		127	127	178		NT	⑤⑥ 100 中		Highway R.O.B.R. No.39 1663	
D. Beer (1961, 65)	55	4.87	29.2	6					uniform sand		NT			⑥ 支持力と沈下に関する (1965 Duke Univ.)	
L'hermiers (1965)	24	2-10				200	20	100	dry carbonate sand	0.4~0.8	NT		連	⑥ 6th ICSMFE	
石橋 S (1968)	6	7.5	10-20		rough		100	10-20	50	女作川砂	0.85~2.0	PT	NT	連	⑥ 土木学会中野支部研究発表会 (1968 発表)
石橋 S (1969)	22	7.5	15	2	rough		100	30	50	豊浦標準砂		PT	PT	連	
	5	7.5	15	2	rough		50	50	50						

① ④ ⑤ ⑥ は採用方法中の決定法
② 実験は土を土断する
DS: 直接土断
NT: 普通の土断
PT: 平面土断

四千 支持力の実験値 (鉛直中心載荷)



筆者の実験値はこの図の最上部に位置している。この原因として、Zaharescu と L'hemier と筆者以外はすべて載荷板奥行しに対して、より長い土層内での実験で、より少ない安全帯基礎実験であることも一因と考えられる。

以上より、従来の支持力論による値は、必ずしも実験的裏付けが十分でないことがわかれ、その他、解決されかねるような問題点が多く存在する。

④ C, 中の決定法

- (a-1) 三軸、直接せん断、その他、各せん断試験により得られるC, 中の値がまちまちである。
- (a-2) せん断試験時の直応力によりCが変化し、土の破砕抱線が必ずしも直線ではないという事実。

⑤ 模型実験より得られる値を現場へ適用する際には、かなりの問題があり、精度が低く乏しい。すなわち(a-2)の事実より $\phi = \text{const.}$ をパラメータとして用いることの危険性、模型実験のダイレイタンスの影響、および進行性破壊のとりあつかい、など。現場実験の必要性とともに、scale effect についてもこの研究がなされかねない。

参考文献

- ① 市原, 飯田, 石橋「偏心傾斜荷重を受ける帯状基礎の支持力に関する実験的研究」土木学会中部支部研究発表会(1968, 岐阜)