

名古屋大学工学部

正会員

松尾 徳

京都大学工学部

学生会員

浅岡 顕

京都大学工学部

学生会員

○税所 朗

1 はじめに： 複合地盤の支持力に関しては、これまで種々の研究がなされてきたが、本報告においては、2次元モデルについて、単独砂壁の軸荷重を仮定し、剛塑性論から計算される支持力値と、モデル地盤での実験値とが、いかなる対応を示すかに注した。

2 実験による考察： 2-1 実験の目的 ①砂壁と粘土との境界の状態を調べ計算の一助とする。②剛塑性論にもとづく支持力値が実際にどのような程度の變形（とくに沈下）を伴うか、③支持力式に用いる土質諸係数値は、土質試験のどのような状態のものが多いか、の3点である。2-2 実験試料 粘土地盤には粉末乾燥状態にある粘土と、これとほぼ同量の水とをミキサーで練り混ぜた飽和粘土を用い、砂壁には相対標準砂を用いた。粘土の一軸圧縮試験結果を図1に、砂の一面せん断試験結果を図2に示す。2-3 実験装置 図3に示す。粘土側と砂側への載荷は、各長50cm×36cm、50cm×9cmの底面の厚さ9mmの鉄板と同面積の厚さ7mmのゴム板で介し、3本のジャッキで行なった。ジャッキは各1独立動作する。偏りを避けるため自在球座を用いた。2-4 実験方法 最初粘土側への抱束圧をゼロにし、砂壁部分にのみ載荷する。このとき砂壁の沈下と粘土地盤の浮き上りを同時に測定する。荷重沈下曲線が急激な折れ曲りを示すまで載荷をつづけるが最終沈下量は1cm強であった。これを1区切りである。次に粘土地盤へ抱束荷重をかけ、これを一定に保ったまま砂壁側へ載荷する。抱束荷重を種々変化した上で一連の載荷試験を行なう。こうした連続した載荷試験により有用なデータが得られると考えたのは、粘土がよく弾き返されてあり、鉄板比がほとんど1であったことによる。粘土の圧密度を種々変化させ（ C_u 値を変化させ）同様の試験を繰り返した。2-5 実験結果 粘土側と砂壁側との境界面は実験後の掘削によつて（図5）粘土部分が水平に押されていること、すなわち境界面上での遷度の水平成分が一定であることが予想される。また荷重沈下曲線は図6に示す。そこで C_u 値は、全体に 10^3 kg/m^2 のオーダーであるため供試体の自重を考慮して測定した。なお図6中の C_u 値は便宜上15%のずれに対応した C_u 値。2-6 結果の統計解析による整理 支持力を規定する砂壁の沈下量を δ 、 C_u を規定する一軸圧縮試験のひずみ量 ε とすると、 δ, ε によつて支持力に関する実験式の係数は変化する。このため、 δ とし27mm, 8mm, 10mmととり、 ε とし2, 7%, 11%, 15% ととり実験値を整理したものが表1である。この表をもとに支持力を p_c, C_u に關して要因分析し、 p_c, p_c^2, C_u に關して多項式を作り支持力の実験式を

$$\bar{p}_s = a_1 p_c + a_2 p_c^2 + a_3 C_u + a_4$$

ただし $\bar{p}_s$ は載荷荷全体での平均値。

の形式で表わせば、各係数は表2の様にになる。つぎにこれらの係数値を要因 δ, ε に關し直交多項式に展開すると各係数の実験式は

$$a_i = \left(\sum_{j=1}^3 A_{ij} S^j \right) \varepsilon^2 + \left(\sum_{j=1}^3 B_{ij} S^j \right) \varepsilon + \sum_{j=1}^3 C_{ij} S^j$$

の形であらわされ、 A_{ij} 等を表3に示す。以上の結果、砂壁の支持力に関する実験式はつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \bar{p}_s = & \left\{ \left(\sum_{j=1}^3 A_{1j} S^j \right) \varepsilon^2 + \left(\sum_{j=1}^3 B_{1j} S^j \right) \varepsilon + \sum_{j=1}^3 C_{1j} S^j \right\} p_c + \left\{ \left(\sum_{j=1}^3 A_{2j} S^j \right) \varepsilon^2 + \left(\sum_{j=1}^3 B_{2j} S^j \right) \varepsilon + \sum_{j=1}^3 C_{2j} S^j \right\} p_c^2 \\ & + \left\{ \left(\sum_{j=1}^3 A_{3j} S^j \right) \varepsilon^2 + \left(\sum_{j=1}^3 B_{3j} S^j \right) \varepsilon + \sum_{j=1}^3 C_{3j} S^j \right\} C_u + \left(\sum_{j=1}^3 A_{4j} S^j \right) \varepsilon^2 + \left(\sum_{j=1}^3 B_{4j} S^j \right) \varepsilon + \sum_{j=1}^3 C_{4j} S^j \end{aligned}$$

3 剛塑性論からの考察： 図7を参照して Oy 上での遷度の2成分 α_x （原則で連続）が一定とみなしうるといふ実験結果から、これを利用してすべり線の計算を行なった。図7でI域は Ox 上の応力境界条件（定荷として）だけから独自に定まる領域。 OL はその限界線（ S_2 ）である。IIは Ox' 上の主応力方向 α だけを与えて、 Ox' 上の塑性つり合い荷重を求めるのであるが、過渡域IIの計算のアルゴリズムで略記する。i) ①. ②. ③. …に

ついで; $\theta = 34^\circ$ とする。B点の位置($x=0, y$)と応力(σ_m, α)が未知数である。ここにBOに沿った破断面としてのO点の応力も未知だが、OAと十分短くとりB点の応力で代表させる。領域OABについてOAは応力境界条件の既知な自由面、OBは $u_x = \cos \alpha$ だけが与えられた自由面、ABは自由面とする。点Bで仮定する主応力方向を α_0^* とすると自由面上で $u_y = u_x \tan(\alpha_0^* - \frac{\pi}{4})$ 、自由面上で速度はすべり線方向 S_1 に沿って $|u| = u_x \sqrt{1 + \tan^2(\alpha_0^* - \frac{\pi}{4})}$ である(ABは円弧近似する。)さて α_0^* の値のいかんにより領域OABの大きき V が変化するため、領域OAB内で行なわれる塑性仕事も V で除した値を最大にするというかたちで最大塑性仕事の原理を近似的に用いる。すなわち、

$$\frac{1}{V_{OAB}} \left[\int_{S_0} \sigma^* u \, dS + \int_{S_1} \sigma^* u \, dS \right] \\ = \frac{2}{y_0^* x_A} \left[\left\{ \sigma_m^* + \cos 2\alpha_0^* + \sin 2\alpha_0^* \tan(\alpha_0^* - \frac{\pi}{4}) \right\} y_0^* + \sqrt{1 + \tan^2(\alpha_0^* - \frac{\pi}{4})} \times \frac{AB(\alpha_0^* - \alpha_1) \times \frac{1}{2}}{\sin(\frac{1}{2}(\alpha_0^* - \alpha_1))} \right] \rightarrow \max_{\alpha_0^*}$$

ただし σ_m^* は特性方向 S_1 (AB)に沿ったKötter式の線形差近似を用いた。⑤、⑧、⑩...もこの手法に準ずる。
ii) ②、③、④...について; これらの領域は2本の特性線 S_1, S_2 に沿った差方程式で連立させて求めるRiemann領域であるが、 α, σ_m の場所的变化が大まかなので多数回の繰り返し計算を要する。以上でOy上の粘土側の σ_m, α が求まるが、Oy上で粘土側と砂側との力のつり合いを考えればOy上での砂側部の応力がすべて求まる。ただし、載荷が急速で、したがって粘土中の水の移動が無視でき、粘土側の全応力と砂側側の有効応力とがつり合うと仮定した。さて砂側側はOy上で位置と応力が与えられ、Ox上で α が与えられているため、領域は一般の混合境界値問題として解ける。Ox上で $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 、Ox上で $\alpha = 0$ としたすべり線の形状を図8に示す。以上のような数値計算の結果得られる荷重に對する支持力式は以下の形式で得られた。

$$P_s = N_c C_u + N_s P_c + N P_c / C_u + N s_0 \cdot \gamma_s B + N r_s \cdot \gamma_s B \quad (B \text{ は載荷幅})$$

4 まとめ: 2と3の結果の非線形のもは $S=1 \text{ cm}$ $\varepsilon=13\%$ の組み合わせである。種々の ϕ に對する係数値の考案は講演時に譲る。 $\phi=35^\circ$ (実験値に相当)では $N_c=8.84, N_s=4.41, N=-0.63, N_r=1.77, N_{r_s}=-0.92$

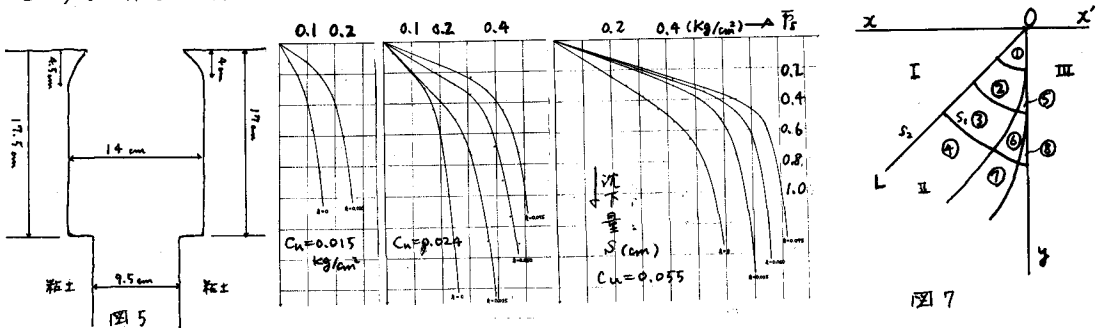


図 6

図 7

表 1

S	ε	T (%)		I (%)		T (%)	
		0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
7	0	0.115	0.215	0.05	0.105	0.010	0.034
	0.1	0.13	0.23	0.07	0.13	0.03	0.07
	0.2	0.16	0.26	0.10	0.20	0.06	0.10
8	0	0.115	0.215	0.05	0.105	0.010	0.034
	0.1	0.13	0.23	0.07	0.13	0.03	0.07
	0.2	0.16	0.26	0.10	0.20	0.06	0.10
10	0	0.115	0.215	0.05	0.105	0.010	0.034
	0.1	0.13	0.23	0.07	0.13	0.03	0.07
	0.2	0.16	0.26	0.10	0.20	0.06	0.10

表 2

S	T (%)	I (%)		T (%)	
		7 %	11 %	15 %	19 %
7	0.1	5.04	5.05	5.05	5.05
	0.2	-19.20	-19.33	-19.33	-19.33
	0.3	9.54	9.61	9.25	9.25
8	0.1	5.09	5.08	5.08	5.08
	0.2	-21.33	-21.07	-21.07	-21.07
	0.3	9.73	9.79	9.36	9.36
10	0.1	5.03	5.05	5.05	5.05
	0.2	-21.33	-21.47	-21.47	-21.47
	0.3	10.13	10.41	10.00	10.00

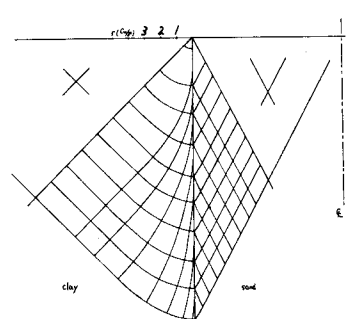


図 8

図1~図4までは紙面の都合上講演時に報告するにとにさせていただきます。

表 3

	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
A ₁	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.08	0.13	-0.08	1.43	-0.87
A ₂	0.01	-0.10	0.42	-0.16	2.72	-11.31	1.53	-26.77	19.97
A ₃	0.04	-0.72	3.16	0.01	-0.14	0.65	-0.07	1.14	4.09
A ₄	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00