

帯状基礎の支持力の精密解 (斜め荷重の場合)

東京工業大学工学部 正員 山口 柏樹
同 上 大学院 学生員 ○寺師 昌明

§1 はじめに： 地震時に於ける如く 基礎に対して傾斜荷重が作用する事がある。本研究では帯状基礎に静的に傾斜荷重が働く時の極限支持力とスベリ線網目を 差分化Kötter 方程式の数値積分によって求めようとするものである。この種の研究としては G.G. Meyerhof(1953), A. Kézdi(1961)を初めとして幾つか見られるが いずれも近似的なスベリ線より出発している。又 J. Biarez, B. Wack等は基礎底面で換算応力の傾角を一定として数値計算を行なっている。

筆者等は支持力に対する傾斜角の影響と同時に 強度係数 C' , δ , 基礎中の組合せによっても支持力が変化する事を示した。尚 数値計算に際しては 東京大学大型計算機を使用した。

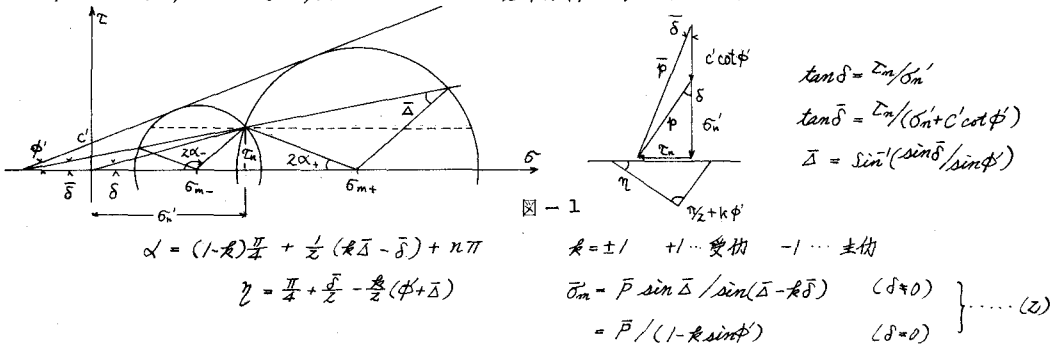
§2 基本式及び境界条件： 有効応力規準式と釣合式より周知の Kötter 方程式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\sigma_m'}{dS_1} - Z(\sigma_m' \tan \phi' + C') \frac{d\alpha}{dS_1} &= -\gamma \frac{\cos(\alpha + \mu)}{\cos \phi'} \\ \frac{d\sigma_m'}{dS_2} + Z(\sigma_m' \tan \phi' + C') \frac{d\alpha}{dS_2} &= \gamma \frac{\cos(\alpha - \mu)}{\cos \phi'} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

$$\left(\begin{aligned} (1) \text{式で } \sigma_m' &= (\sigma_x' + \sigma_y')/2.0 = (\sigma_1' + \sigma_3')/2.0, \quad \mu = \pi/4 - \phi'/2 \\ \alpha &: \text{大なる主応力と} x \text{軸のなす角} \end{aligned} \right)$$

基本式(1)を差分化し、この種の極限支持力問題を数値計算するには スベリ線の始点で σ_m' と α またはスベリ線傾角 δ と 終点では α または δ を境界条件として与える必要がある。

以下に直線境界に外力 (σ_n', τ_n') が働く時の 境界条件を考えて見よう。



以上より明らかな如く P , δ が与えられなければ 境界条件は決まらない。

スベリ線の始点では P, δ を与える為 P, δ も知られ 問題なく境界条件は決まる。

しかしスベリ線の終点では当然 P は未知であるから $\delta \neq 0$ の時 δ は決まらず一般に δ は求められない。但し $C'=0$ の時 $\delta = \delta'$ であり又 $P \gg C'$ の所では $\delta \approx \delta'$ と見做しうる。

そこで本研究では 傾斜荷重傾角 δ' を与えず 便法として δ (もしくは δ') を境界条件として与える事とする。 δ を一定とすると当然 δ の値は基礎底面で変化するが 得られる接触応力の平均値より $\delta_{mean} = \tan^{-1}(\tau_{n, mean} / \sigma_{n, mean})$ として δ_{mean} をもって傾斜角とする。勿論 δ を一定としても $C'=0$ の時 $\delta = \delta'$ であり, $\delta=0$ であれば接触圧は基礎底面で一定値をとるから $C'=0$ 又は $\delta=0$ なら δ は底面で一定となる。

β3 数値計算結果： 数値計算は $\phi=30^\circ, \gamma=60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ で ($c'=0, \delta=0$), $c'/\gamma b=0.2, c'/\gamma b=2.0$ ($c'=0, \delta=0$) の 16 通りについて サーチャージのない表面基礎について行なった。その結果を 表-1 に示す。尚 基礎中を z_b とした。又以下の表で N_{cr} は $c'/\gamma b \neq \infty$ の時は c' を単位とし それ以外は γb を単位として表わした接触応力の平均値, σ_b/σ_A スベリの大きさを示す

表-1 $N_{cr} \sim \gamma$

$c'/\gamma b$ γ	0			0.2			2.0			∞ ($\gamma=0$)		
	N_{cr}	δ	σ_b/σ_A	N_{cr}	δ	σ_b/σ_A	N_{cr}	δ	σ_b/σ_A	N_{cr}	δ	σ_b/σ_A
60°	15.35	0°	2.63	25.30	0°	3.40	85.89	0°	4.30	30.22	0°	5.29
70°	9.990	$6^\circ 38' 10''$	2.19	17.45	$6^\circ 46' 10''$	2.90	64.40	$6^\circ 59' 30''$	3.70	23.84	$7^\circ 06' 50''$	4.41
80°	5.826	$13^\circ 05' 00''$	1.69	11.31	$13^\circ 29' 10''$	2.50	45.95	$14^\circ 01' 50''$	3.10	17.93	$14^\circ 17' 50''$	3.63
90°	3.230	$19^\circ 06' 20''$	1.44	6.906	$20^\circ 00' 00''$	2.08	31.12	$21^\circ 03' 20''$	2.58	12.79	$21^\circ 28' 20''$	2.84

表-1 より内挿して $\delta=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ についての N_{cr} を求め 表-2 に 傾斜角 δ による N_{cr} の変化を示し 表-3 に於いて重ね合わせを行なった時の支持力 N_{cr}^* との比較を試みた。

表-2 傾斜角 δ による N_{cr} の変化

$c'/\gamma b$ δ	0		0.2		2.0		∞ ($\gamma=0$)		∞ (A. Kézdi)	
	N_{cr}	λ	N_{cr}	λ	N_{cr}	λ	N_{cr}	λ	N_c	λ
0°	15.4	1.0	25.3	1.0	85.9	1.0	30.2	1.0	30.1	1.0
10°	7.50	0.49	14.2	0.56	56.1	0.65	21.0	0.70	20.5	0.68
20°	2.97	0.19	6.91	0.27	33.4	0.39	13.6	0.45	14.0	0.47

$$\text{但し } \lambda = (N_{cr})_\delta / (N_{cr})_{\delta=0}$$

$$\mu = N_{cr} / N_{cr}^*$$

$$N_{cr}^* = (N_c \times \frac{c'}{\gamma b} + N_r)$$

$$N_c = (N_{cr})_{\gamma=0}$$

$$N_r = (N_{cr})_{c=0}$$

表-3 重ね合わせの検討

δ $c'/\gamma b$	0		0.2		2.0		∞	
	N_{cr}	μ	N_{cr}	μ	N_{cr}	μ	N_{cr}	μ
0°	N_{cr}	15.4	25.3	1.18	85.9	1.13	30.2	1.0
	N_{cr}^*	15.4	21.4	1.18	75.8	1.13	30.2	1.0
10°	N_{cr}	7.50	14.2	1.21	56.1	1.13	21.0	1.0
	N_{cr}^*	7.50	11.7	1.21	49.5	1.13	21.0	1.0
20°	N_{cr}	2.97	6.91	1.21	33.4	1.11	13.6	1.0
	N_{cr}^*	2.97	5.69	1.21	30.2	1.11	13.6	1.0

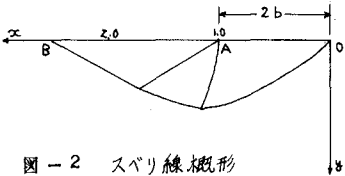


図-2 スベリ線概形

表-2 より傾斜角の影響は 粘着力より自重に対して顕著である事が $c'/\gamma b$ が小となると λ が小となる事より推定される。又筆者等が鉛直荷重の付く底面滑り帯基礎に対して 指摘した如く $c'/\gamma b$ の変化によって支持力係数は変化し 重ね合わせが厳密には成立たぬ事を傾斜荷重の付く時にも指摘しうる。

尚 じり線形状の詳細は省いたが Meyerhof, Kézdi の用いた不等辺三角形土領域は $\gamma=0$ の時のみ適用しうるものである。又 $\gamma=0$ の場合について N_{cr} は Kézdi の値と良く一致している。

β4 補足： 本研究では 傾斜荷重が作用する時に換算応力の傾角 δ を底面で一定とし又じりは基礎端より発生すると仮定した。しかしこの仮定によると傾斜角零の時は 底面全体で $\delta=0$ となり滑らかな帯基礎の場合に相当する。しかるに底面滑りの時は半サイズのじりが生ずるとする事が妥当とされており、くい違いが生ずる。従って傾斜荷重の問題を論ずるには、同時に底面粗度をも考慮せねばならないと思われ 今後この方向で研究を進めて行くつもりである。

参考文献

G.G. Meyerhof "The Bearing Capacity of Foundations under Eccentric and Inclined Loads" Proc. 3rd I.C.S.M.F.E. (1953)
A. Kézdi "The Effect of Inclined Loads on the Stability of a Foundation" Proc. 5th I.C.S.M.F.E. (1961)
山口, 木村, 寺師 "極限支持力の精密解について" 第3回土質工学研究発表会 (1968)