

III-159 シラス地盤上のラフト基礎の動的地盤反力について

宮崎大学工学部 正員 藤本 廣
同 同 横田 漢
同 学生員 〇渡辺 誠

1. まえがき

著者のうちの一人は先に、ラフト基礎の動的地盤反力の基本的研究として、円型等分布荷重が弾性地盤上の板に作用する場合の地盤反力特性を求めた¹⁾。しかし、同報告では地盤は単なる弾性体で $\lambda = G(\lambda, G: \text{ラメの定数})$ の場合の解であった。本報告は、具体的研究としてシラス地盤をとりあげ、シラスの応力・ひずみ関係式²⁾を前記研究に適用し、シラス地盤の動的地盤反力特性を明らかにしようとするものである。

2. 解法

- (i)仮定 ①シラス地盤を半無限弾性体、ラフト基礎を水平方向に無限なスラブと仮定する。(図-1参照)
②シラス地盤、スラブともその動的応力・ひずみ特性を無視し、かつ等方線型弾性体とみなす。
③シラス地盤の変形係数は深さ方向に一定と仮定する。

(地盤表面より150 cm間の平均値を用いる。)

- ④スラブは曲げ変形のみを考え、シラス地盤とは、なめらかに接する。

(ii)基礎式 図-1においてスラブおよび地盤の変形・応力は次式で表わ

される。¹⁾

$$\text{スラブ;} \quad \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right)^2 \bar{w}_p + \frac{\rho_p H}{D} \frac{\partial^2 \bar{w}_p}{\partial t^2} = \{ \bar{q}(r, t) - \bar{R}(r, t) \} / D \quad (1)$$

地盤;

$$\begin{aligned} w &= \int_0^\infty \left[A_0 \frac{\alpha}{k^2} e^{-\alpha z_2} - C_0 \frac{k^2}{j^2} e^{-\beta z_2} \right] H_0(kr) dk \cdot e^{i\omega t} \\ \sigma_z &= \int_0^\infty \left[A_0 \frac{-2k^2 + j^2}{k^2} e^{-\alpha z_2} + 2C_0 \frac{\beta k^2}{j^2} e^{-\beta z_2} \right] H_0(kr) dk \cdot e^{i\omega t} \\ \tau_{rz} &= \int_0^\infty G \left[A_0 \frac{2\alpha}{k^2} e^{-\alpha z_2} - C_0 \frac{k^2 + \beta^2}{j^2} e^{-\beta z_2} \right] \frac{\partial H_0(kr)}{\partial r} dk \cdot e^{i\omega t} \\ \tau_{z\theta} &= 0 \end{aligned} \quad \dots\dots (2)$$

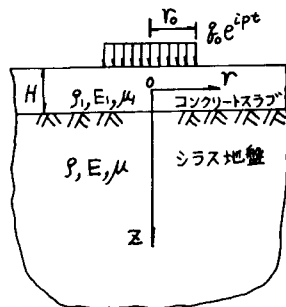


図-1

ここに

$\bar{w}_p$: スラブのたわみ, $\bar{q}(r, t)$: 荷重, $\bar{R}(r, t)$: 地盤反力, $D = E_p H^3 / 12 (1 - \mu_p^2)$, H : スラブ厚

E_p, μ_p : スラブの弾性係数, ポアソン比

$$k^2 = \alpha^2 + \beta^2 = \beta^2 + j^2, \quad k = \rho / \sqrt{\lambda}, \quad j = \rho / \sqrt{\mu}, \quad z_2 = z - H/2, \quad \sqrt{\lambda} = \sqrt{(\lambda + 2G) / \rho}, \quad \sqrt{\mu} = \sqrt{G / \rho}$$

なお、上式において $z_2 \rightarrow \infty$ のとき変位、応力が0または進行波に限られるので、 α, β は正の実数かまたは正の虚数を意味する。

(iii)連続条件および地盤応力 σ_z スラブと地盤との接触面($z_2 = 0$)にて次のような連続条件式を考える。

$$\bar{w}_p = [w]_{z_2=0} = 0, \quad [\sigma_z]_{z_2=0} = \bar{R}(r, t) = 0, \quad [\tau_{rz}]_{z_2=0} = 0 \quad (3)$$

また、荷重 $\bar{q}(r, t)$ を Fourier-Bessel 積分表示すれば $\bar{q}(r, t) = \int_0^\infty J_0(kr) J_0(kr) dk \cdot e^{i\omega t}$ (4)

いま、スラブ、地盤は定常運動を行っているとして、 $\bar{w}_p = w_p(r) \cdot e^{i\omega t}$, $\bar{R}(r, t) = R(r) \cdot e^{i\omega t}$ (5)

以上、式(1)~(5)より地盤反力は求まり、次式で表わされる。

$$\sigma_z = \int_0^\infty F(\zeta) d\zeta \cdot e^{i\omega t}, \quad F(\zeta) = \frac{12(1-\mu_p^2)}{E_p} G a_0 \frac{\Omega(\zeta)}{K(\zeta)} J_1(\zeta a_0) J_0(\zeta a_0) \quad (6)$$

ここに、 $K(\zeta) = \varepsilon^3 \sqrt{\zeta^4 - 6(1-\mu_p) G_1 \rho / \varepsilon \sqrt{\lambda} - 6(1-\mu_p) G_1 \{ (2\zeta^2 - 1)^2 - 4\sqrt{\lambda} \sqrt{\zeta^2} \}}$

$$\Omega(\zeta) = (2\zeta^2 - 1)^2 \exp(-\sqrt{\lambda} \zeta_2) - 4\sqrt{\lambda} \sqrt{\zeta^2} \exp(-\sqrt{\lambda} \zeta_2), \quad \sqrt{\lambda} = (\zeta^2 - \rho^2)^{1/2}, \quad \sqrt{\mu} = (\zeta^2 - 1)^{1/2}$$

$$\zeta = k/j, \quad \varepsilon = a_0 / R_0, \quad a_0 = r_0/j, \quad R_0 = r_0/H, \quad r = k/j, \quad \zeta_2 = \varepsilon \zeta_2', \quad \zeta_2' = z_2'/H$$

(IV) シラス地盤の変形係数 前述²⁾の応力・ひずみ関係式、すなわち

$$\begin{Bmatrix} d\varepsilon_{oct} \\ d\varepsilon_{vol} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1 & f_2 \\ h_1 & h_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} d\sigma_{oct} \\ d\tau_{oct} \end{Bmatrix} \quad \text{----- (7)}$$

を利用する。本研究では等方線型弾性体を対象にしているの

で、式(7)において、 f_1 と h_1 の初期一定値を用いければよい。その数値例は後述する。なお $K=1/3 f_1$ 、 $G=1/h_2$ とて変形係数は求まる。(K:体積弾性係数)

3. 算例

(i) スラブについて 鉄筋コンクリートスラブを例にとり、用いた諸定数は次の通りである。

$$E_1 = 1.4 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2, \quad \rho_1 = 2.3 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3, \quad \mu_1 = 1/6, \quad H = 30 \text{ cm}$$

(ii) シラス地盤について f_1, h_1 に関して次式を用いる。²⁾

$$\varepsilon_{oct} = 0.00256 \sigma_{oct} \quad (8) \quad \tau_{oct} = 0.0113 \tau_{oct} / \sigma_{oct} \quad (9)$$

式(8)からKは求まるが、式(9)からはGが求まらない。 σ_{oct} が不明だからである。従って σ_{oct} を近似的に一定値として表現しなければならぬ。ここでは次のように考えて一定値とみなした。

$$\sigma_{oct} = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3 = \sigma_1(1 + 2K_0)/3 = (P_0 + \gamma_1 z_2)(3 - 2\sin\phi')/3 \quad (10)$$

ここに、 $K_0 = 1 - \sin\phi'$, $\sigma_1 = P_0 + \gamma_1 z_2$ (P_0 :スラブ死荷重による σ_1 , γ_1 :シラスの単位重量)

式(10)を式(9)に代入すれば $G = (P_0 + \gamma_1 z_2)(3 - 2\sin\phi')/3 \times 0.0113 \quad (11)$

式(11)で表わされるGは当然、深さ方向に変化する。一方、波動方程式の解である式(2)はGが一定の場合である。

ここでは、仮定②に基づいてGを平均化した。なお、 $\rho = 1.6 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, $\phi' = 44.30^\circ$ である。

(iii) 動的地盤反力 (i), (ii)における諸定数を式(6)に代入し、荷重半径 $r_0 = 25 \text{ cm}$ の場合に対して地盤反力分布を求めれば次の通りである。

式(6)の被積分関数 $f(s)$ は表-1に示すように極 z_R を有している

場合がある。この場合は $\sqrt{\cdot}$, $\sqrt{\cdot}$ の無限遠の条件も含めて、図-2に示す積分路を選ばねばならない。³⁾そのとき、式(6)の積分は

$$\sigma_z = V \cdot P \left[\oint_{\Gamma} f(s) ds \right] - i\pi \text{Res} [f(s); z_R]$$

ここに $V \cdot P$: Cauchyの主値, Res :留数の形で表わされ、上式の数値計算結果を

$$[\sigma_z]_{z=0} = g_0 (g_1 + i g_2) e^{i p t} = g_0 \sqrt{g_1^2 + g_2^2} e^{i(p t - \theta)}$$

と表現し、図-3, 4に示す。

4. むすび

種々の仮定のもとでラフト基礎に作用するシラス地盤の動的地盤反力を算出した。ラフト基礎を無限板とみなしたことや有限深さのシラス地盤を半無限体と取り扱

ていること、さらには変形係数のとり方などについては合理的根拠はなく、今後模型実験を行う中で検討を加えてゆきたい。

(参考文献)

- 1) 横田, 知識; 宮大工学部研究報告第19号, pp65~67, 昭和48年8月
- 2) 瀬崎, 横田, 藤本; 宮大工学部研究報告, 第24号, pp11~19, 昭和53年9月
- 3) 金井, 田治見, その他; 地震工学, pp93~95, 彰国社, 昭和43年11月

表-1

f	z_R
0.2	1.053348896
0.4	1.050412887
0.8	1.023046210

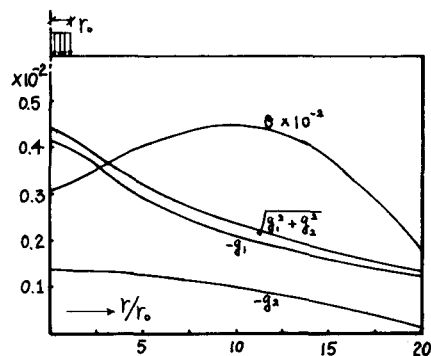
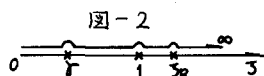


図-3 $f=2.0\%$ ($P=2\pi f$)の時の地盤反力分布

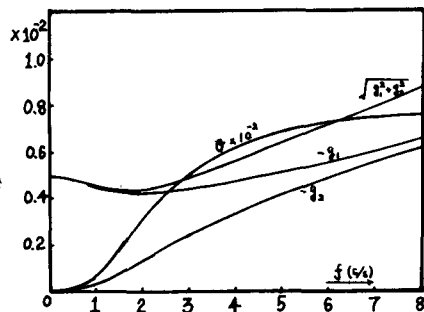


図-4 種々のfに対する $r=0$ の点の地盤反力の値