

(2) 連続条件

各領域の境界における連続条件をまとめると次のようになる。

流体と海底地盤の境界 S_4 :

$$\begin{aligned} t_G &= -n_G P = n_F i \bar{\rho} \omega \Phi \\ -i\omega u_G \cdot n_G &= V \cdot n_G = -(\nabla \Phi) \cdot n_F \end{aligned} \quad (13)$$

流体と構造物基礎の境界 S_5 :

$$\begin{aligned} t_S &= -n_S P = n_F i \bar{\rho} \omega \Phi \\ -i\omega u_S \cdot n_S &= V \cdot n_S = -(\nabla \Phi) \cdot n_F \end{aligned} \quad (14)$$

構造物基礎と海底地盤の境界 S_6 :

$$\begin{aligned} t_G &= -t_S \\ u_G &= u_S \end{aligned} \quad (15)$$

ここで、添字 G は海底地盤、 S は構造物基礎、 F は流体に関係した量を表す。また、 t は表面力、 n は境界の単位法線ベクトル、 P は流体圧、 V は流体の速度ベクトルである。

(3) 仮想境界における連続条件

流体領域 I^- 及び I^+ における水深が一定であれば、この領域内の速度ポテンシャル Φ^{I-} と Φ^{I+} を級数解として求めることが出来る。水面波入射の場合

$$\Phi^{I-} = \Phi^i + \Phi^r + \Phi^{s-}, \quad \Phi^{I+} = \Phi^i + \Phi^{s+} \quad (16)$$

弾性波入射の場合

$$\Phi^{I-} = \Phi^{s-}, \quad \Phi^{I+} = \Phi^{s+} \quad (17)$$

ち、普通の弾性体において、定数を特別な値に選んだ場合の変位が、非排水時における多孔質弾性体の変位と考えることが出来る。海底地盤領域 III に対する境界上の積分方程式は次のように書ける。

$$\begin{aligned} C(x)u(x) &= u^i(x) + \int_{S_4+S_6} U(x,y)t(y)dS_y \\ &\quad - \int_{S_4+S_6} T(x,y)u(y)dS_y \end{aligned} \quad (20)$$

ここで、 $u^i(x)$ は入射波を表す。また $U(x,y)$ は基本解を表し、平面ひずみ問題に対しては次のように与えられる。

$$\begin{aligned} U(x,y) &= \frac{i}{4\mu} [H_0^{(1)}(k_T r)1 \\ &\quad + \frac{1}{k_T^2} \nabla \nabla \{H_0^{(1)}(k_T r) - H_0^{(1)}(k_L r)\}] \end{aligned} \quad (21)$$

構造物基礎領域 II についても式 (20) と同様な積分方程式が成立する。流体領域 I の境界上の速度ポテンシャルに対する積分方程式は次のようになる。

$$\begin{aligned} C(x)\Phi(x) &= \int_{S'} G(x,y) \frac{\partial \Phi(y)}{\partial n_y} dS_y \\ &\quad - \int_{S'} \frac{\partial G(x,y)}{\partial n_y} \Phi(y) dS_y \end{aligned} \quad (22)$$

ここで、 $S' = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$ であり、さらに基本解 $G(x,y)$ は次のようである。

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi} \log \frac{1}{r} \quad (23)$$

流体・構造物基礎・海底地盤連成系に対する積分方程式 (20),(22) に、連続条件 (13)~(15) 及び (18), (19) を導入することにより、海底地盤・構造物基礎・流体系に対する

$$\begin{bmatrix} \bar{H}_1 - G_1^{*b} & \bar{H}_2^c - G_2^{*c} & \bar{H}_3^c - G_3^{*c} & \bar{H}_4 & \bar{H}_5 & -G_4^{*i} & -G_5^{*i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -U_5^i & 0 & \bar{T}_5 & \bar{T}_6 & U_6 \\ 0 & 0 & 0 & -S_4^i & 0 & \bar{D}_4 & 0 & \bar{D}_6 & -S_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_1 \\ a^- \\ a^+ \\ \Phi_4 \\ \Phi_5 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \\ t_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^i (G_2^{*c} - \bar{H}_2^c) \\ 0 \\ u^i \end{bmatrix} \quad (24)$$

ここで、 Φ^i は入射波の速度ポテンシャル、 Φ^{s-}, Φ^{s+} は領域 I^- と I^+ における散乱波の速度ポテンシャル。また、 Φ^r, Φ^i は反射波、透過波の速度ポテンシャルである。このとき、領域 I の仮想境界上の連続条件は次のようになる。

仮想境界 S_2 :

$$\Phi^{I-} = \Phi^I, \quad \frac{\partial \Phi^{I-}}{\partial n} = \frac{\partial \Phi^I}{\partial n} \quad (18)$$

仮想境界 S_3 :

$$\Phi^I = \Phi^{I+}, \quad \frac{\partial \Phi^I}{\partial n} = \frac{\partial \Phi^{I+}}{\partial n} \quad (19)$$

3. 積分方程式

領域 II と III の基礎式 (11) と式 (12) とを比較すれば、Lame 定数の一部が異なるが、両式は同形である。すなわ

積分方程式 (24) を得る。ここで添字 1~6 は境界 $S_1 \sim S_6$ に対応し、添字 *b は境界 S_1 上における流体領域の自由表面での境界条件を表す。添字 *c は式 (18),(19) の連続条件が代入されており、 G_4^{*i} は境界 S_4 における連続条件 (13) が代入されていることを表す。また、 a^i は入射水面波の振幅を表し、 u^i は入射弾性波の振幅を表す。

参考文献

- 1) Biot, M.A.: General theory of three-dimensional consolidation, *J. Appl. Phys.*, Vol.12, pp.155-164, 1941.
- 2) 石原研而：土質力学の基礎，鹿島出版会，1981.
- 3) Skempton, A.W.: Effective stress in soils, concrete and rocks, *Pore Pressure and Suction in Soils*, Butterworths, London, 1961.