I－50　　　トレンチの波動遮断効果について

京都大学工学部　正員　丹羽義次
〃　　　　〃　小林昭一
日本国有鉄道　〃　○近藤隆士

1. まえがき

振動の遮断には，現在では，trench，sheet-pile，あるいは多重円筒などが考えられているが，応力波の反射，屈折，散乱などの研究や実験的事実などによれば，trench 特に open trench[1] によるものが最も有効であると思われる。よってここでは open trench について解析を行なった。計算は，振動を波動の連続としてとらえ差分法により逐次的に行なった。また，これにより計算は長時間にわたって行なう必要があるので，いわゆる無限境界についても検討を加えた。

2. 無限境界について

波動問題で，一定の区域の長時間にわたる挙動を求めたい場合，困難なことは境界の定め方である。それは境界において何らかの形で波が反射し，不必要な影響を及ぼすからである。これを完全に防ぐような境界についてはまだ考えられていないが，かなり効果的なものは Lysmer らによって 1969 年に発表されている。[2] Lysmer らは無限境界という概念を入射波のエネルギーを反射しない，あるいは吸収する境界というようにとらえ，次の仮説をたてた。

$$\sigma_{NN} = a\rho V_P \dot{u}_N \quad (1), \qquad \tau_{TN} = b\rho V_S \dot{u}_T \quad (2)$$

ここに，σ_{NN}，τ_{TN} はそれぞれ無限の領域の中に考えられた仮想の境界上の微小要素の直応力およびせん断力，u_N，u_T はそれぞれ考えた微小要素の法線方向および接線方向の変位 V_P，V_S はたて波，横波の速度，ρ は密度，また a，b は無次元化されたパラメーターである。次に，Lysmer らはこの境界に対してたて波，横波，Rayleigh 波を別個に調和波の形で入射し入射波のエネルギーと反射波のエネルギーを比較することによってたて波，横波に対しては，入射角があまり大きくない限り，$a=b=-1$ としてほぼエネルギーを吸収するという結果を得たが，Rayleigh 波に対しては特に表面附近において a，b は複雑な関数となり実際にそれを適用するのは不可能と思われる。しかしながら入力が一点からによるとみなされる場合，表面附近では Rayleigh 波のエネルギーがほとんどであり，Lysmer らの方法は trench のように表面附近を考える問題の境界条件としては適していないということができる。よって我々は次のように無限境界を考えた。

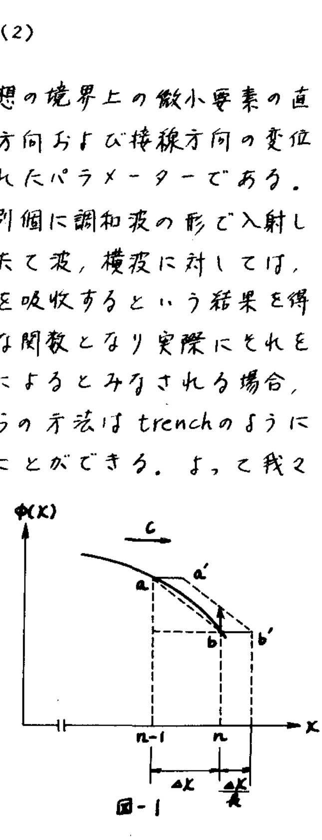

図-1

図-1 はある物理量 $\phi(x)$ が速度 C で X の正の方向に伝播していく状態であるとする。このとき $d\phi/dX$ が時間増分 Δt の間一定であると仮定すれば，図-1 で線分 ab が Δt 後に平行移動して線分 a'b' になることになる。差分法の安定条件は $kC\Delta t=\Delta X$，$k \geq 1$ であり，Δt 後の n 点における ϕ の増分は $(\phi^{o}_{n-1}-\phi^{o}_{n})/k$ となる。ここに $\phi^{p}_{n}=\phi(n\Delta X,\ t_0+p\Delta t)$ を表わす。

よって境界条件は，$\phi'_{n}=\phi^{o}_{n}+(\phi^{o}_{n-1}-\phi^{o}_{n})/k$　　　(3)

と定めることができる。ちなみに(1)式において時間に関して前進差分，Kに関して後退差分をとると(3)式の ϕ を K方向の変位 u に置き換えたものに一致する。

ここまでは一次元の場合について考えたが次に二次元の場合について検討する。

Huygens の原理によると波は波面に対して法線方向に進む。よって波の進む方向を知るには波面の方向がわかればよいことになる。また波の進む方向がわかればこの波の x軸，あるいは y軸にそう速度がわかり一次元の場合に検討した方法により境界での ϕ の Δt 後の増分がわかり境界条件は定まる。今，x, y, $\phi^p_{x,y}$ の三次元座標を考えると，一般に ϕ は x-y 座標の上に曲面的に拡がることになるが，ある微小部分を考え，そこでは ϕ は平面的に分布すると仮定すると図-2が得られる。

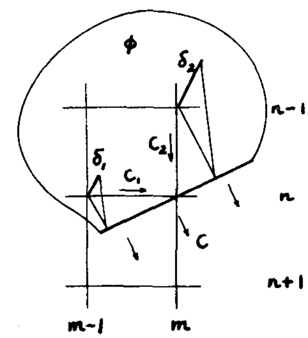

図-2

図において，

$$\delta_1 = \phi^o_{m-1,n} - \phi^o_{m,n} \quad , \quad \delta_2 = \phi^o_{m,n-1} - \phi^o_{m,n}$$

であり，原点を $(m\Delta x,\ n\Delta y,\ t_0)$ と考え，

$$\delta_{x,y} = \phi^o_{x,y} - \phi^o_{o,o}$$ とおくことにより，

この平面は $\dfrac{\delta_1}{\Delta x}x + \dfrac{\delta_2}{\Delta x}y + \delta_{x,y} = 0$ と表わされ波面の向きがわかる。

また，波の進む方向は $\delta_1 \cdot d\phi_{m-1,n}/dt$ の正負によってわかる。結局，若干の演算の後，$(m\Delta x, n\Delta y)$ での ϕ の増分は，$(\delta_1/|\delta_1|)\cdot\sqrt{\delta_1^2+\delta_2^2}\ /\ k$ となる。

これらの方法の精度の検討については講演会当日に発表する。

3，trench の波動遮断効果

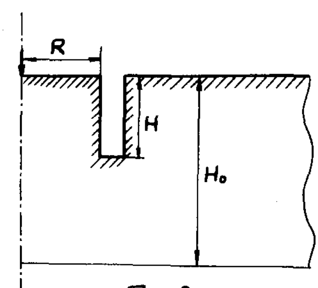

図-3

解析モデルは図-3のように平面ひずみ場とし，地盤は等方，等質な弾性体と仮定すると，基礎運動方程式は次のようになる。 $\mu u_{i,jj} + (\lambda+\mu)u_{j,ji} + X_i = \rho\ddot{u}_i$

差分法により，この式の逐次解を求めた。解析に際しては，Rayleigh波の波長を λ_R，振動数を f として，

R/H，H/λ_R，H_0，f なるパラメーターを用いた。

図-4は減衰率の結果の一例（$f=1$，$R/H=1$，$H_0=\infty$）である。

また，上記の種々のパラメーターを動かしたときの結果については講演会当日に詳述する。

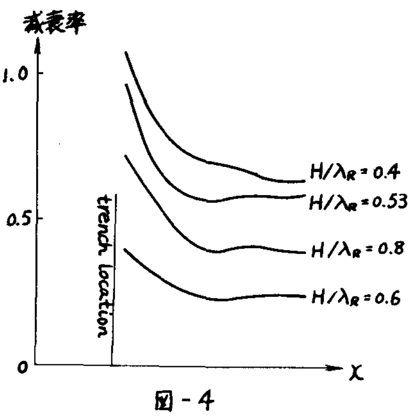

図-4

参考文献

(1) Richart, F. E. Jr., Hall, J. R. Jr. and Woods, R. D., "Vibration of Soils and Foundation", Prentice. Hall, 1970.

(2) Lysmer, J. and Kuhlemeyer, R. L., "Finite Dynamic Model for Infinite Media", Jour. Eng. Mech., 1969, pp. 859 - 877