

立命館大学工学部 正員 畠山直隆
同 同 早川 清
同 大学院 学生員 杉本正信

1. まえがき 最近、交通機関や工場機械等によって発生された振動が波動となって地盤を伝播し、これが付近住民や建物に対して与える影響が無視できなくなっている。これらの波動は振動源から少し離れると表面波的な性質が顕著であることが知られているが、こうした波動を若干でも軽減する方法として地中壁が考えられている。これは地中に密度の小さい固有音響抵抗の小さい媒質を壁体として埋設しようとするものである。しかしながら、こうした地中壁による地表の振動の軽減効果を理論的に計算することは壁体の透過と回折について考えなければならず極めて困難である。(1,2)

ここでは地盤を弾性体と考え、粗い仮定の下に、地表に加振点がある場合に地中壁をはさんだ両側の地表面の振動状況を階差法を用いて波動的に数値計算を行なってその振動軽減効果の若干の検討を行った。

2. 運動方程式および階差式

(1) 運動方程式：計算地盤は図-1に示すようなもので、加振点には上下方向に強制振動を与えるものとした。地盤の水平方向に x 軸、深さ方向に y 軸をとり計算を単純化するために x 方向の変位を無視し、 y 方向変位を v とすれば運動方程式は次のようになる。

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \quad (1)$$

ただし、 ρ は単位体積質量、 λ 、 μ はラーメの常数である。境界条件は地表面上では $\mu \frac{\partial v}{\partial y} = 0$ とし、壁と地盤との境界面では壁体内の y 方向変位を v' として $v = v'$ とする。

(2) 階差式：第1図に示すように地盤を x 、 y 方向にそれぞれ等間隔 k に区分し、深さ方向に $m_1, m_2, \dots, m_j, \dots$ 、水平方向に $n_0, n_1, n_2, \dots, n_k, \dots$ の番号をつける。同様に時間間隔についても微少時間 τ ごとに区分し $t_0, t_1, t_2, \dots, t_i, \dots$ の番号をつける。しかる時ある時刻における地盤内の任意点 (x, y) における y 方向変位は v_{xi, m_j, n_k} 、この点よりそれぞれ x 、 y 方向に等間隔にとられた各点の y 方向の変位は $v_{xi, m_j, n_{k+1}}$ 、 v_{xi, m_j, n_k} 、 $v_{xi, m_{j+1}, n_{k-1}}$ 、 v_{xi, m_{j+1}, n_k} となり、またこの基準点よりも

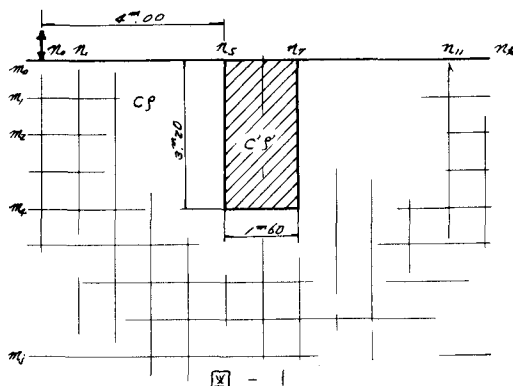


図-1

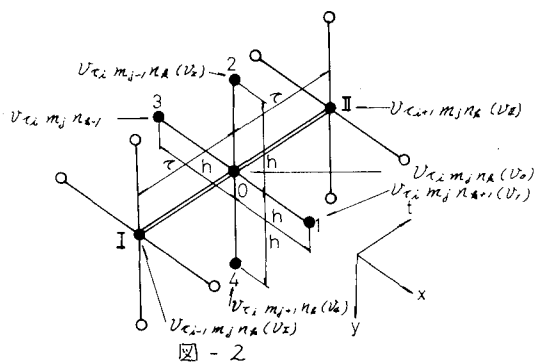


図-2

$t-\tau, t+\tau$ なる時刻における y 方向変位は $V_{zi-mjNk}, V_{zi+mjNk}$ となる。いま地盤について $\lambda=24, \sigma=1/3$, 壁体について $\lambda=4M, \sigma=1/2$ とすれば, 各々に対する階差式は次のようになる。

$$V_{zi+mjNk} = \left(\frac{g}{g_0}\right)^2 \left(\frac{M}{g}\right) \left\{ 4(V_{zi-mj-1Nk} + V_{zi-mj+1Nk}) + V_{zi-mjNk+1} + V_{zi-mjNk-1} - 10V_{zi-mjNk} + 2V_{zi-mjNk} - V_{zi-1mjNk} \right\} \quad (2)$$

$$V_{zi+mjNk} = \left(\frac{g}{g_0}\right)^2 \left(\frac{M}{g}\right) \left\{ 6(V_{zi-mj-1Nk} + V_{zi-mj+1Nk}) + V_{zi-mjNk+1} + V_{zi-mjNk-1} - 14V_{zi-mjNk} + 2V_{zi-mjNk} - V_{zi-1mjNk} \right\} \quad (3)$$

3. 数値計算方法 地盤の波動伝播速度 V_s

$(M/g)^{1/2}$ は $100m/s$ に, 壁体中の伝播速度 $V_s' =$

$(M/g)^{1/2}$ は $50m/s$ とした。区間隔 $\delta = 0.8m$

地中壁の寸法は厚さ $1.6m$, 深さ $3.2m$ とする。

これらより地盤と壁体それぞれに対する階差式の表示は次のように求められる。入射波

を示す一般式は $V_{zimm} = \sin(2\pi f i \tau)$ とし, 時間間隔 $\tau = 0.002''$, 入射波の振動数 $20Hz$ として,

1 周期を 25 等分した計算を行なった。

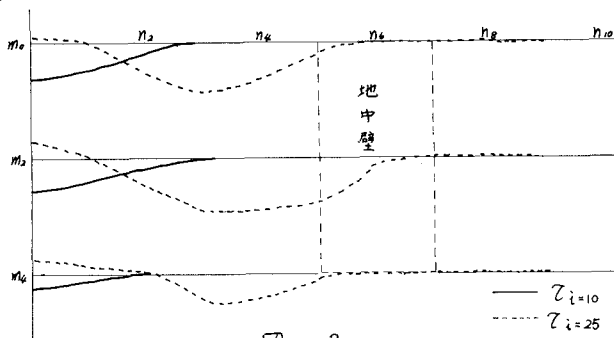


図 - 3

$$V_{zi+mjNk} = 0.252(V_{zi-mj-1Nk} + V_{zi-mj+1Nk}) + 0.063(V_{zi-mjNk+1} + V_{zi-mjNk-1}) + 1.370(V_{zi-mjNk}) - (V_{zi-1mjNk}) \quad (4)$$

$$V_{zi+mjNk} = 0.096(V_{zi-mj-1Nk} + V_{zi-mj+1Nk}) + 0.016(V_{zi-mjNk+1} + V_{zi-mjNk-1}) - 0.024(V_{zi-mjNk}) - (V_{zi-1mjNk}) \quad (5)$$

4. 計算結果について 計算結果の代表例として経過時間 $\tau_i=10, \tau_i=25$ における例を示したのが図-3である。これより加振点で発生させた波動が地盤を伝播し, 壁体に向うにつれて減衰していく様相がわかる。 $\tau_i=10$ 程度では時間が短すぎるため波動は壁体に入射することなく前面ですでに減衰されている。加振点における深さ方向の波動の変位は深さ $2.4m$ までは同程度であるが, これより以深になると急速に減衰することが知られる。 $\tau_i=25$ では加振周期が 1 周期になり壁体前面に波動が到達しうが, この時の変位は地表上では小さく深さが増す程大きくなり, 深さ $8m$ で最大値を示している。しかし計算時間が充分長くないために壁体を透過後の変位は明確には言えないけれども壁体の吸振効果を受けて減衰される傾向にある。

5. 結び 地盤を半無限の二次元弾性モデルと仮定し, 地中に壁体を設けた時の振動の減衰効果を階差法を用いて算定することを試みたが, モデルの設定条件が粗くまた今回は計算を手計算で行なったので, 計算時に手違いが生じ一例を示すにとどまり余り明瞭な結果は得られなかった。しかしながら, 壁体の前後面では各変位にかなりの相違が生じており, これらは壁体の吸振効果によるものと思われる。さらに地盤条件を種々に変えた場合, たとえば境界層を持つ場合等についての計算を電子計算機を使用して行なっているため, これらについては講演のさいに報告するつもりである。

参考文献: 1) 畠山, 早川; 地中防振壁による地盤振動の軽減に関する実験, 第26回土木学会年次学術講演

昭和46年10月

2) 畠山, 早川, 杉本; 地中防振壁および防振柱による振動減衰効果の比較, 土木学会関西支部講演概要

昭和47年6月