

III-2

地盤の振動伝播の数値計算例 (第2報)

立命館大学理工学部

全 上

正員 島山直隆

正員 O井生正己

大地震によって被害を受けた場所の被害状況と地下構造の関係を見ると地層の硬軟、厚さ、成層状況、地震波特性などのほかに基盤層の傾斜などの状態によってかなりの影響があったのではないかとと思われる例がみられる。こうした地層の傾斜とくに基盤層の影響を調べるために若干の数値計算を試み、若干の計算例を第19回年次学術講演会において述べた。しかしこの場合の計算はリレー式計算機を使用し、漸く一周期近くまで計算したにすぎない。この場合の計算は階差法によって行なったものであるが時間の経過とともに波動は地層内に伝播してゆき、計算点数が次第に多くなり計算は著しく困難さを加えてくる。したがってデジタル電子計算機を利用することによってこれを容易にし、さらに複雑な条件下の様々な場合について計算を行う必要がある。ここでは前回の問題にしがってデジタル電子計算機による計算を試みた若干の結果について述べる。

(1)運動方程式：上層の水平方向に x 軸、深さ方向に y 軸をとり、 x 方向の変位を u とし、 y 方向の変位を省略すれば運動方程式は次のようになる。

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

ただし ρ は単位体積質量、 λ 、 μ はラーメの常数である。

また入射波は横波とし基盤層より上層に入射するものとする。

この式は x 方向の伸びと y 方向のせん断歪のみを考えていること

になり、傾斜面からの入射波によって上層内には縦波と横波を生じ、また基盤層の水平部分からは上方に向って横波のみが伝播し、これらの波が時間とともに次第に重なり上層内に変位を生ずる。境界条件は上層の表面にて $\mu \frac{\partial u}{\partial y} = 0$ とする。基盤は岩石を想定し一応計算を簡単にするために完全剛とした。

(2)階差式：上層を x, y 方向にそれぞれ等間隔 Δ に区分し、水平方向に $m_0, m_1, \dots, m_p$ 、上下方向に $n_0, n_1, n_2, \dots, n_t$ の番号を附す。また時間間隔は τ 、 $\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_i$ に区分し第1報に示した階差式によって横波の入射にしたがう各微小時間 τ との上層内の変位を計算するものとする。上層内の縦波速度 $V_p = 300 \text{ m/s}$ 、横波速度 $V_s = 150 \text{ m/s}$ 、したがってポアソン比は $1/3$ となり、 $\lambda = 2\mu$ となる。上層の最大深さ $H = 21 \text{ m}$ 、端部傾斜 $\angle 45^\circ$ とし、区分間隔 $\Delta = 3 \text{ m}$ とする。基盤より入射する横波の周期を 0.2 秒 とし、時間間隔は1周期を 40 等分して $\tau = 0.005 \text{ 秒}$ とする。この場合の階差式は上述の記号にしたがい次のようになる。

$$\begin{aligned} u_{\tau_{i+1} \cdot m_j \cdot n_k} = & 0.25 (u_{\tau_i \cdot m_j \cdot n_{k-1}} + u_{\tau_i \cdot m_j \cdot n_{k+1}}) \\ & + 0.0625 (u_{\tau_i \cdot m_{j-1} \cdot n_k} + u_{\tau_i \cdot m_{j+1} \cdot n_k}) \\ & + 1.375 u_{\tau_i \cdot m_j \cdot n_k} - u_{\tau_{i-1} \cdot m_j \cdot n_k} \quad (2) \end{aligned}$$

ただし, $i = 0, 1, 2, 3, \dots$, $j = 0, 1, 2, 3, \dots, 7$, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$
 地表面では,

$$U_{\tau i+1, m_0, n_k} = 0.25(U_{\tau i, m_0, n_{k-1}} + U_{\tau i, m_0, n_{k+1}}) \\ + 0.125(U_{\tau i, m_1, n_k}) + 1.375(U_{\tau i, m_0, n_k}) - U_{\tau i-1, m_0, n_k} \quad \text{----- (3)}$$

(3) 計算結果について: 使用した電子計算機は OKITAC 5090 であるがこの種の無限計算は機械の記憶容量に限度があるため水平方向の区分数を有限として最後の列の高さ方向の各点の変位を 0 とするため計算のくり返しにより誤差が生じ時間とともに傾斜面方向に向って波及してくる。この計算では, 区分数 120 点, したがって 3 周期, また水平方向区分数は 90 点すなわち 270 m までとしたが変位の計算のみを行った。時間の経過に伴う地表面の変位の状況の 1 例を第 2 図に示した。この図によれば第 1 次最大振巾は常に水平方向区分数 n_{18} 附近に生じ, さらに第 2 次最大振巾は n_{33} 附近に生ずるようである。この場合は傾斜層の上端から 2.5 倍程度の距離の地表面に大きな振巾を生ずるがこのことは実際の震害の様子と何か関連を生ずる可能性があると考えている。しかし不完全な仮定による 1 例の計算であるので多くの計算によって確かめる必要がある。第 3 図は上層内部における変位の状況を示した 1 例である。なお主応力の計算を進めておりこれらの結果を併せて講演の折に詳しく報告したいと考えている。

本計算を行うに当り多大の御厚意を戴いた沖電気工業 K・K の中江康史氏に謝意を表します。

