

I-6 弾塑性状態における横波伝播の数値計算例(才2報)

京都大学防災研究所 正員 石崎發雄
立命館大学理工学部 正員 〇島山直隆
全 上 正員 芹生正巳

建物の振動時における挙動が塑性領域にまで及んだ場合の非線型振動に関する研究は小堀氏のものがある。これは建物を質点系に抽象しており、建物の耐震問題に関して多くの重要な結果をえている。ここでは地盤を高さ方向に連続体とし、せん断振動を取り扱うことにした。この場合に振動時における地盤の応力が塑性領域に入ることになれば周知の通り、もはや偏微分方程式は重ね合せの原理が適用されず解析的に解くことができなくなる。そこでここでは階差法を用いて微小時間ごとの変形と応力を求めることにした。地震波の破壊的な波は地震のごく初期に現われるものであり、したがって破壊的一波をまづ問題にすべきであらう。この意味でこの階差法を用いて底部より横波が入射した1周期以内のごく初期の状態について数値計算を行なうことにした。つぎに地盤の振動時における応力-歪曲線をここでは完全弾性、完全塑性と仮定したが、実際の地盤ではこのような応力-歪曲線を示すものとは考えられないし、地盤を構成する土の振動時における特性を考慮することなしに、実際の地震動による地盤の振動特性を考えることはできないけれども、地盤の動態時における挙動が塑性領域にまで及んだ場合の基礎的性質を明らかにすることは重要なことと考える。

(1)階差式：完全剛な地盤の上に1つの表層があるものとし、横波が剛地盤より入射するものとする。深さ方向に x 軸をとり、これと直角方向の変位を u とする。層厚と H 、せん断弾性係数を μ 、密度と ρ とする。 $\mu/\rho = C$ とすれば運動方程式は次のようになる。

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial C}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + C \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad \text{----- (1)}$$

つぎにある時刻 t の位置 x なる点の値と u_0 とし、高さ方向に長なる等間隔に区分した場合、各点の x 方向の変位をそれぞれ u_1, u_2 とし、 u_0, u_1, u_2 における $C = \mu/\rho$ をそれぞれ C_0, C_1, C_2 とする。 $t - \tau, t + \tau$ なる時刻の u_0 の値とそれぞれ u_I, u_{II} とすれば(1)式は次の階差式で表わすことができる。

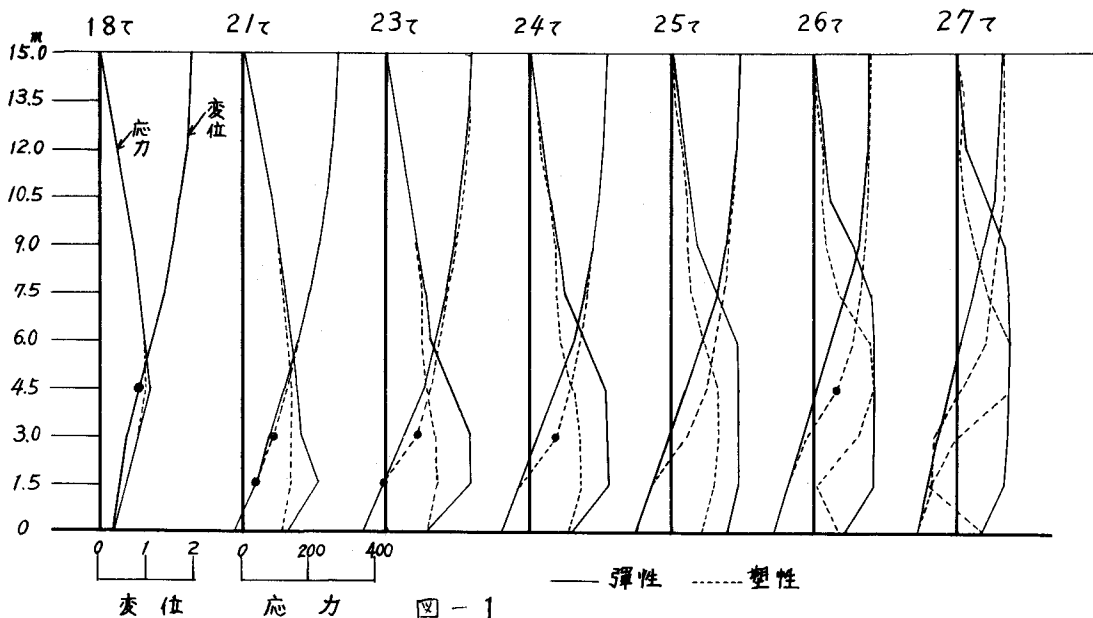
$$u_I + u_{II} - 2u_0 = \tau^2/\lambda^2 \{ 1/4 (C_1 - C_2)(u_1 - u_2) + C_0(u_1 + u_2 - 2u_0) \} \quad \text{----- (2)}$$

高さ方向の区分点0, 1, 2が弾性域にあるか、塑性域にあるかによつて(2)式より8通りの階差式が得られる。

(2)数値計算：表層の厚さ $H = 15 \text{ m}$ とし、 1.5 m ごとに区分する。横波速度 $V_s = 120 \text{ m/sec}$ とする。この表層を弾性体と考えれば固有周期は $0.5''$ となる。下層より $A \sin pt$ の形の横波が入射するものとし、 $A = 1$, 周期を $0.45'', 0.50'', 0.55''$ する。各加振周期とそれぞれ36, 40, 44等分し、時間間隔 $\tau = 0.0125''$ とする。この微小時間ごとの変位とせ

せん断応力を弾性体と考えた場合、塑性を考慮した場合について計算した。計算結果の1例を図-1に示した。図-2は剛地盤より1.5, 3.0mにおける応力-歪曲線を示した。

$$T_0 = 0.50'' \quad \alpha = u_1 - u_2 = 0.5$$



(3)計算結果: (i)正弦波が入射した場合は剛地盤に近いところで塑性領域に入り易い。(ii)塑性域に入って時間が経過すると弾性体の場合より変位は大となる。(iii)応力分布は弾性体の場合とは相当異なった形になる。(iv)ある時刻に1点が塑性領域に入ると、時間の経過とともに次第に上、下方の点も塑性領域に入ってくるが、再び弾性域に入る。このときの塑性区間の歪の大きさは剛地盤から1.5~3.0mの地盤において最も大である。(v)弾性域から塑性域に入る歪の大きさが小さいほど塑性区間の歪の大きさが大である。

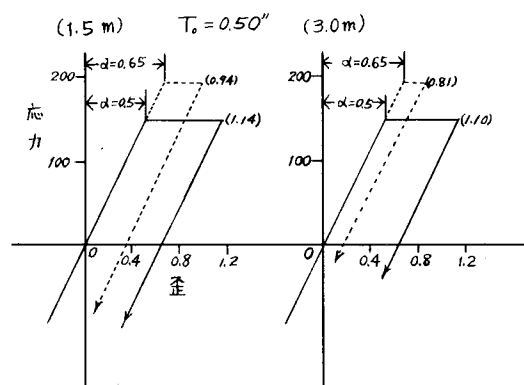


図-2

(4)結言: 質点系の計算では得られない多くの結果が得られるようであるが、なお計算例が少いので十分な検討が進められない。さらに多くの場合の計算を続行中である。

なおこうした地盤のせん断振動としての結果は建物のような構造物にも適用されるものと考えられる。