

京都大学工学部 正員 後藤尚男
 京都大学工学部 正員 土岐 應三
 京都大学工学部 正員 〇秋吉 卓

1 まえがき われわれは先に冲積層のような軟弱な地盤の応力とひずみの非線型性が、入力として正弦波1波を与えたときの地盤の応答にいかなる影響を与えるか、という点から考察を進めてきたが、今回は入力として実際の地震波を与えてかかる軟弱な地盤の弾塑性応答を検討しようとした。かくして得られた結果から、実際の地震時において軟弱な地盤の弾塑性的な応答が、かかる地盤中にある構造物に対する入力として、いかなる影響を持つかということに見通しをつづるための一つの有力な足がかりを得ようとした。

2 対象地盤の設定 地盤は図-1に見るように厚さ一様で軟弱な地盤が堅固な基礎上に存在している場合を対象とした。かかる軟弱地盤の層全体の厚さを H とし、これを n 層に等分割した地盤の第 r 層についての運動方程式は次のように書ける。

$$\ddot{u}_r + \frac{1}{(\rho H/n)} (\tau_{r,r-1} - \tau_{r+1,r}) + \frac{c}{(\rho H/n)} (\dot{u}_{r,r-1} - \dot{u}_{r+1,r}) = -\ddot{e}(t) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 $\ddot{u}_r$ は第 r 層の運動加速度、 ρ は密度、 $\tau_{r+1,r}$ は第 $r+1$ 層と第 r 層の間に働くせん断力、 $\dot{u}_{r+1,r}$ は第 $r+1$ 層と第 r 層との間の相対速度 ($\dot{u}_{r+1} - \dot{u}_r$)、 $\ddot{e}(t)$ は基礎より上層へ入射する水平加速度である。粘性減衰については、第1層のみが線型の範囲で振動する際の臨界減衰すなわち減衰定数を用いた。したがって、 $c/(\rho H/n) = 2\eta p$ ($\eta = \zeta/c_0$, η : 減衰定数, c_0 : 臨界減衰係数, p : 固有振動数) という簡単な関係より減衰を導入し、この値を各層一様に適用した。また式(1)の境界条件は基礎上と地表面においてそれぞれ次のように与えられる。

$$t=0: u_0=0, \quad z=H: \tau_{n+1,n}=0 \quad \text{----- (2)}$$

さらにせん断力を与える応力とひずみの関係は図-2のような弾塑性系とし、ひずみ ϵ は各層間の相対変位を厚さ H/n で除した値とした。今回は各層間の降伏ひずみが一定の場合のみについて取り扱った。さらに各層間におけるせん断強度は鉛直方向に何って比例的に増大するものとし、これは密度 ρ と基礎までの深さ H に比例するものとした。すなわち基礎と第1層との間のせん断強度 $\tau_{1,0}$ は、 $\tau_{1,0} = \alpha \rho H$ とし、第 $r+1$ 層と第 r 層との間のせん断強度 $\tau_{r+1,r}$ は、

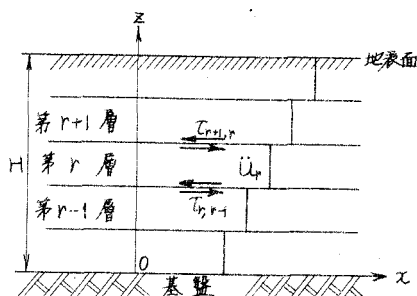


図-1 仮想地盤

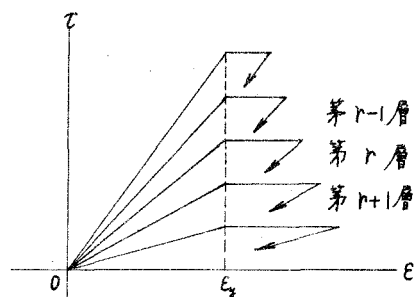


図-2 応力-ひずみ図

$$\tau_{r+1,r} = \alpha \left(\frac{n+1-r}{n} \right) \rho H \quad (r = 1, 2, \dots, n) \quad \text{----- (3)}$$

というぐあいに配分した。なおここで用いた α は地盤の含水比や内部摩擦角というような、地盤の種類を表わす要素を加味した地盤のせん断強度に関するパラメーターである。

3 数値計算 計算を実施するにあたって、地盤の厚さ $H = 20 \text{ m}$ 、地盤の分割数 $n = 5$ 、密度 $\rho = 1.5 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$ 、地盤の種類に関する係数 $\alpha = 0.06, 0.1, 0.2, 0.4$ 、降伏ひずみ $\varepsilon_y = 0.5, 1, 2\%$ と変化させて、せん断弾性係数の種々異なる場合を検討した。なお入力加速度としては1962年4月23日、SMAC形強震計により得られた釧路地震の南北方向成分をとり、この記録のうちで最大加速度が起った前後約12秒間をとり出し、初期条件を満足しかつその最大加速度が350 gal になるように適当に修正した。ここで ρ 紙面の都合上、一例として $\alpha = 0.06$ 、 $\varepsilon_y = 0.5\%$ 、 $G = 36 \text{ kg/cm}^2$ でかつ粘性減衰のない場合の応答解析の一部について図示したのが図-3である。なお数値計算は京都大学電子計算機KDC-IIにより実施した。

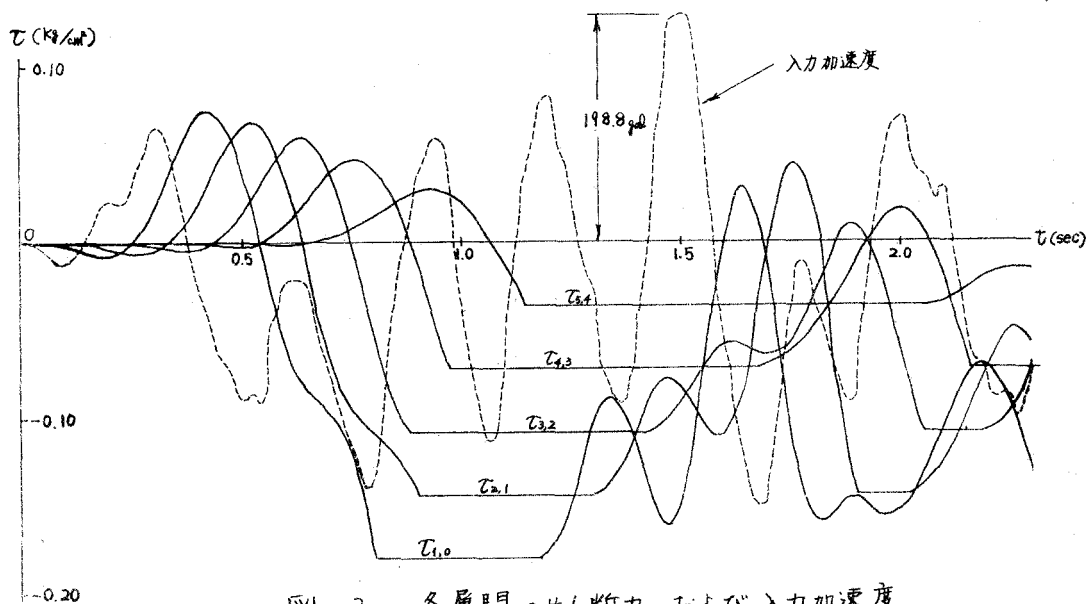


図-3 各層間のせん断力 および 入力加速度

4 計算結果に対する考察 図-3の中に記されているような一方に片寄った加速度入力を受けると、今回のような硬端に軟弱な地盤では割合に早く地盤のせん断力は降伏状態に入り、大体において下層より降伏するようである。そして一度地盤が降伏を起こすと、上層ほどその降伏している時間が長くなり、その間に地盤は大きなすべりによる変位が起る。そのため下層部では初めの位置と異なったところで振動するにもかかわらず、上層部ではほとんど振動することなく一方的に変位が増加するという場合もありうることを示している。しにがって振動が終ったら地盤はかたまり大きなひずみを残すことになる。しにがって軟弱な地盤中にある構造物の耐震設計においてはかかる点をも十分考慮に入れることが望ましい。その他の計算結果とその考察は講演時に示す。

1) 第8回国土学会地震工学研究発表会、地盤の非線型せん断振動について、昭和40年10月