

建設省土木研究所 正 頁 栗林 榮一
 建設省土木研究所 正 頁 川島 一彦
 建設省土木研究所 正 頁 宮田 忠明

まえがき

地震時に基礎杭に生じる応力には、上載構造物の自重および慣性力が伝達されることにより生じる応力と、杭周辺の地盤に生じる地震時の変形が杭に伝えられることにより生じる応力の2種類があると考えられる。本報告は、一本の杭の地中部に生じる応力に着目して後者の影響を簡単な条件の下に試算した結果を示すものである。仮定した条件は、1) 杭周辺の地盤は均一な堅さで基盤の上に水平に一樣に堆積し、2) 杭は質量を無視して、地盤をモデル化した均一な弾性ばねで保持された梁として取扱いことができる、2つである。

一樣な表層地盤中の基礎杭の応力

図1に示すように基盤に入力地震動加速度 $\ddot{z}_g$ が作用した場合の表層地盤のせん断振動の方程式は(1)式で表わされる。式中で、 u : 地盤の変位、 γ_s : 土の単位体積重量、 G_s : 地盤のせん断弾性係数、 C : 地盤の粘性減衰係数、 g : 重力の加速度、である。いま、モードアナリシスにより、減衰はモードごとに適当な値を見込むと仮定すれば、固有周期 T_i および振動モード関数 ϕ_i は(2)式および(3)式で与えられる。(1)式の解を(4)式のように表示すれば、入力地震加速度 $\ddot{z}_g$ が与えられた場合の基準座標 q_i は(5)式の解として求められるが、応答スベクトル曲線を用いるとその最大値は(7)式で求めることができる。ここで、 $S_{D,i}$ は固有周期 T_i 、減衰定数 γ_i の i 次のモードに対応する速度応答スベクトル値であり、 $\gamma_{i,h}$ は基盤における水平震度である。表層地盤の i 次の振動応答による杭の変位 y_i は適当な境界条件の下に(8)式を解いて求めることができる。いま、杭の変位および断面力をモードごとの応答値の2乗和の平方根によって表わすと仮定すれば、杭の応答は(9)式および(10)式によって与えられる。

$$\frac{\gamma_s}{g} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + C \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} (G_s \frac{\partial u}{\partial x}) = - \frac{\gamma_s}{g} \frac{\partial^2 z_g}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} = \frac{4H}{(2i-1)V_s} \quad (2)$$

$$\phi_i = \cos \left(\frac{2i-1}{2H} \pi x \right) \quad (3)$$

$$u(x,t) = \sum_i u_i(x,t) \equiv \sum_i \phi_i(x) q_i(t) \quad (4)$$

$$\ddot{q}_i + 2\gamma_i \omega_i \dot{q}_i + \omega_i^2 q_i = -\Gamma_i \ddot{z}_g \quad (5)$$

$$\Gamma_i = \frac{(-1)^{i-1} 4}{(2i-1)\pi} \quad (6)$$

$$(q_i)_{max} = \frac{4}{(2i-1)\pi} \frac{T_i}{2\pi} S_{D,i} \gamma_{i,h} \quad (7)$$

$$EI \frac{d^4 y_i}{dx^4} + k(y_i - u_i) = 0 \quad (8)$$

$$y_{max} = \sqrt{\sum_i y_i^2} \quad (9)$$

$$M_{max} = \sqrt{\sum_i (EI \frac{d^2 y_i}{dx^2})^2}, \quad Q_{max} = \sqrt{\sum_i (EI \frac{d^3 y_i}{dx^3})^2} \quad (10)$$

数値計算例

(9)式および(10)式により、直径1.2m、内厚16mmの鋼管が一樣な地盤中に設置されている場合の変位および応力を試算した。境界条件は地表面および杭先端において曲げモーメントおよびせん断力がともにゼロと仮定した。また、水平震度 $\gamma_{i,h}$ は0.15とし、図2に示す平均応答スベクトル曲線(建設省土木研究所, 1970)を用いた。図3は地盤の厚さは一丈($H=30m$)に保ち、地盤の堅さを変化した場合の杭の応答を、図4は地盤の堅さは一丈($G_s = 1428 \text{ t/m}^2$)に保ち地盤の厚さが変化した場合の杭の応答を示している。杭に生じる応力は地

盤が軟くなる程大きくなり、杭の長さには著るしい影響を受けないのが認められる。

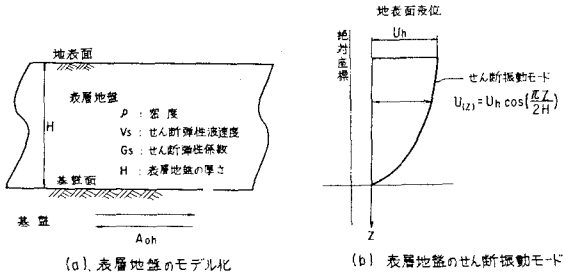


図 1. 表層地盤モデル

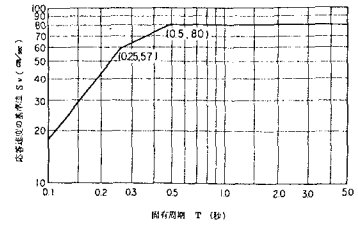


図 2. 応答速度スペクトル

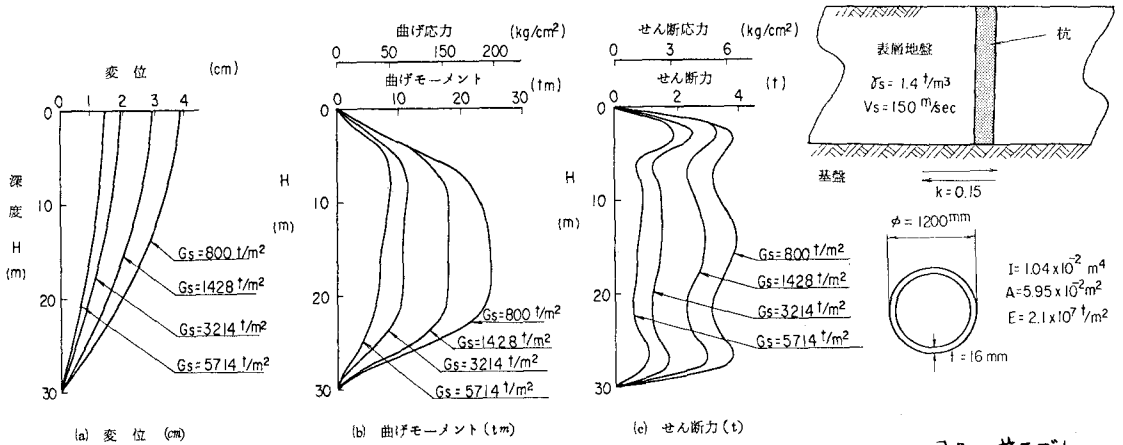


図 5. 杭モデル

図 3. 地盤の堅さを变化させた場合の杭の変位および応力

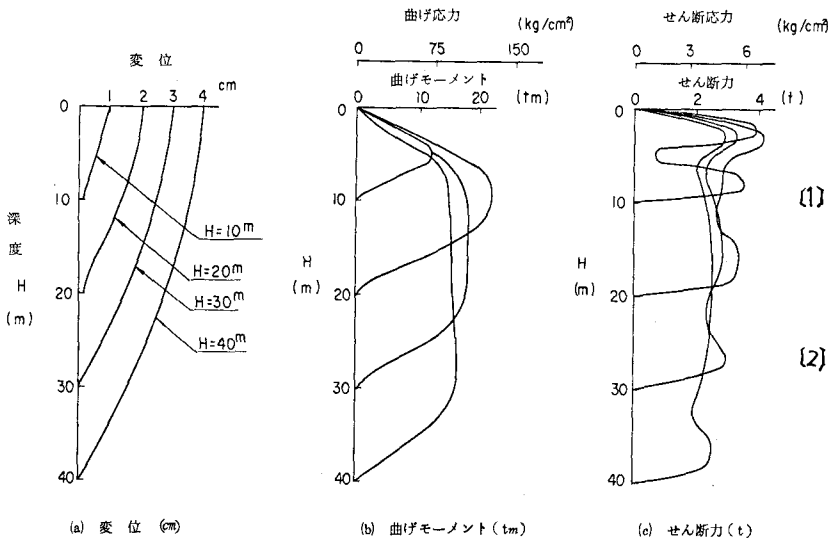


図 4. 表層地盤の厚さ (= 杭の長さ) を变化させた場合の杭の変位および応力

参考文献

- (1) 栗林, 川島, 宮田: 地震時における地盤の変形を考慮した基礎杭の応力算定法, 土木研究所資料第 972 号。
- (2) 栗林, 川島, 木本, 宮田: 基礎杭と地盤の動的相互作用に関する実験, 土木研究所資料第 1039 号。