

○東北学院大学 正員 菅井幸仁

東北学院大学 正員 樋渡 滋

日本技術開発 正員 坂井清貴

本研究は鋼杭・鋼矢板の打込み時の挙動力学的性質等を知るための基礎的な研究である。周囲の土から種々の拘束を受ける棒を考える場合、周囲の土と棒の動的相互作用に関してはいまだ不明な点が多く残されている。棒周囲の土を考慮に入れて解析する場合、周囲の土を棒に沿って分布するバネと質量に置換える方法と二次元あるいは三次元の有限要素で置換える方法が考えられる。棒に沿うバネや質量に置換える方法に比較して、二次元あるいは三次元の有限要素によって置換える方法は多くの自由度を必要とすることにより計算時間および記憶容量を多く必要とする。そこで周囲の土を棒に沿って分布するバネ・質量・ダッシュポットによって置換えた。

以上のような棒に衝撃荷重が作用した場合の過渡的性質を調べる。すなわち、周囲の土と棒の境界面にせん断抵抗のある場合の縦振動の性質を研究する。運動方程式は線形加速度法を使用して解いた。

周囲の土の影響を受ける棒の運動方程式を求めるために次の仮定を行なう。⁽¹⁾ 周囲の土と棒は常に密着していて棒と周囲の土の間の反力は棒の任意の点における変位に比例する。

運動方程式は次の式によって表わされる。

$$[M]\{\ddot{x}\} + [D]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{Q\}$$

$[M] = \Sigma [M_b]^e + \Sigma [M_s]^e$ $[M_b]^e$: 棒要素の質量マトリックス $[M_s]^e$: 棒要素の周囲の土の質量マトリックス

$[D] = \Sigma [D_b]^e + \Sigma [D_s]^e$ $[D_b]^e$: 棒要素の減衰マトリックス $[D_s]^e$: 棒要素の周囲の土の減衰マトリックス

$[K] = \Sigma [K_b]^e + \Sigma [K_s]^e$ $[K_b]^e$: 棒要素の剛性マトリックス $[K_s]^e$: 棒要素の周囲の土の剛性マトリックス

$\{x\}$: 節点変位ベクトル, $\{\dot{x}\}$: 節点速度ベクトル, $\{\ddot{x}\}$: 節点加速度ベクトル, $\{Q\}$: 荷重ベクトル

$[K_b]^e = \int [B]^T E [B] dv = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$ A : 棒要素の断面積 ρ_b : 棒要素の密度

$[M_b]^e = \int [N]^T \rho_b [N] dv = \frac{\rho_b A L}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$ E : 棒要素の縦弾性係数 α_b : 係数

$[D_b]^e = \alpha_b [K_b]$ L : 棒要素の長さ

$[K_s]^e = \int [N]^T A_s \rho_s [N] d\ell = \frac{A_s \rho_s L}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$ A_s : 棒要素の周りの長さ ρ_s : 土の密度 α_s : 係数

$[M_s]^e = \int [N]^T \rho_s A_s [N] d\ell = \frac{\rho_s A_s L}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$ ρ_s : 周囲の土の単位面積当りのバネ定数

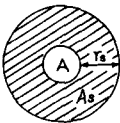
$[D_s]^e = \alpha_s [K_s]$ A_s : 棒要素の加速度を使用することにより、周囲の土の慣性力によって

行なわれる仕事に等しくするために必要な面積

$[N]$ および $[B]$ はそれぞれ要素内の軸方向変位 w と要素の節点変位ベクトル $\{x\}^e$ とを結びつけるベクトル、要素内の軸方向ひずみ ε と要素の節点変位ベクトル $\{x\}^e$ とを結びつけるベクトルである。($w = [N]\{x\}^e$, $\varepsilon = [B]\{x\}^e$)

以下に示す数値解析は、荷重 Q として 1000 Kg のステップ関数型の衝撃荷重、棒の長さ 15 m を 15 要素に分割・減衰については考慮していない、節点 16 は固定、棒要素の直径 $r_b = 12$ cm, $A = 113.1$ cm², $E = 2.1 \times 10^6$ Kg/cm², $\rho_b = 0.0079$ Kg/cm³

$L = 100$ cm, $\rho_s = 0.0017$ Kg/cm³, $A_s = 37.7$ cm

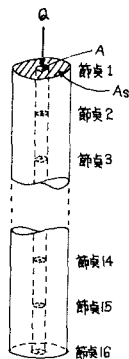


	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9	Q_{10}	Q_{11}	Q_{12}
r_b (cm)	10	15	20	25	30	35	40	20	20	20	20	20
A_s (cm ²)	691.1	1272.3	2010.6	2906.0	3958.4	5167.9	6534.5	2010.6	2010.6	2010.6	2010.6	2010.6
ρ_s (Kg/cm ³)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.4	0.7	1.0	1.3

	Q_{13}	Q_{14}	Q_{15}
r_b (cm)	20	20	20
A_s (cm ²)	2010.6	2010.6	2010.6
ρ_s (Kg/cm ³)	1.6	1.9	2.2

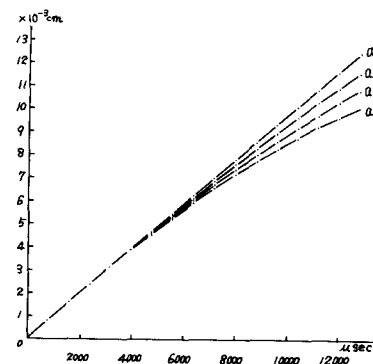
参考文献 ⁽¹⁾ 宮原 玄「土の弾性特性の行列表示について」

昭和45年土木学会年次学術講演会Ⅲ-7

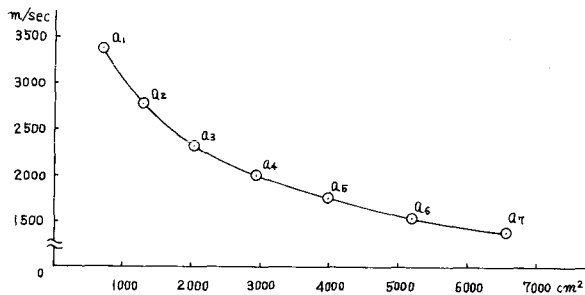


$r_s = 20\text{ cm}$, $A_s = 2010.6\text{ cm}^2$ と一定にして,
 ハネ定数を 0.1 Kg/cm^2 から 2.2 Kg/cm^2 まで
 0.3 Kg/cm^2 きざみで増加させた場合 ($Q_8 \sim$
 Q_{15}) 節点1が最大変位を生じるまでの
 平均伝播速度は 2344 m/sec とほぼ一定
 となる。

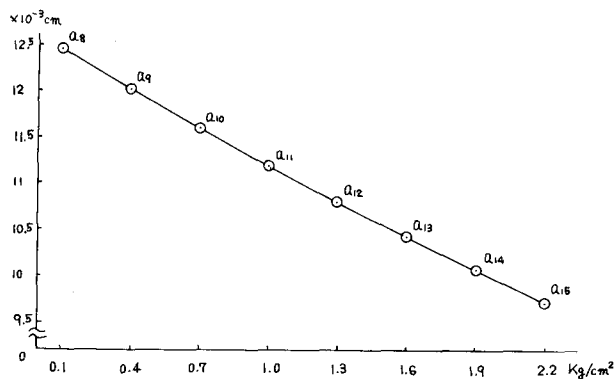
ハネ定数 0.5 Kg/cm^2 , $A_s = 691.1\text{ cm}^2$ (Q_1)
 とハネ定数 0.5 Kg/cm^2 , $A_s = 2010.6\text{ cm}^2$ (Q_3)
 についての節点1, 4, 7, 10, 13の変位-時
 刻図において、時刻の縮尺を変える事
 によって、 Q_1 と Q_3 の変位-時刻図が
 なりよく一致する。このことは、ハネ
 定数が同じ Q_2, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7 について同様の
 事がいえる。



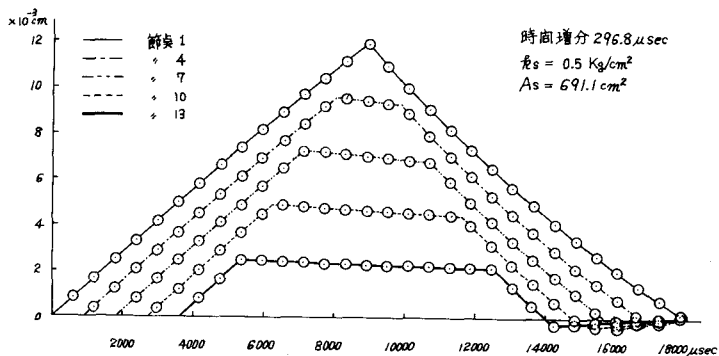
節点1が最大変位を生じるまでの
 変位-時刻図



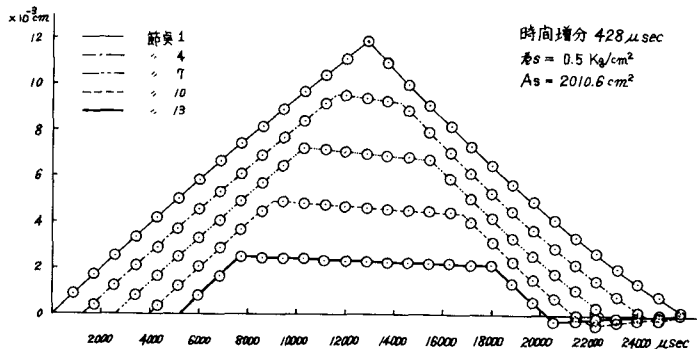
節点1が最大変位を生じるまでの平均伝播速度と A_s との関係



節点1の最大変位とハネ定数 k_s との関係



Q_1 の変位-時刻図



Q_3 の変位-時刻図