

ハンマー落下時の場所打ち杭の挙動

九州大学工学部 ○学生員 前田秀喜
 建設技術研究所福岡支社 正員 松井謙二
 日本道路公団 正員 前田良乃
 九州大学工学部 正員 烏野 清

1 緒言

近年、都市内土木工事において、振動、騒音公害などの施工環境条件により、場所打ち杭が数多く採用されるようになった。ところが、この場所打ち杭については、支持力の定量的評価法として鉛直載荷試験があるだけであり、また、この試験には多額の費用を要することから、場所打ち杭の品質管理は事実上なされていまいとあって良い。そこで本研究は、図-1に示す場打ち杭頭部にハンマー(W=1.012t)による衝撃力を加え、それにより得られた杭頭変位、杭頭ひずみ、及び深さ方向の杭各点のひずみにより、場所打ち杭の挙動を明らかにしようとするものである。

2 解析方法

杭頭にハンマーを落下させた時の振動は複雑なものになるが、ここでは簡単に杭の剛体としての振動と伸縮振動との和として考えることとする。

<剛体振動>いま、杭を完全な剛体として、ハンマーの衝撃力によって鉛直振動をしているとすると振動方程式は、

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = P(\tau) \quad (1)$$

となる。上式をデュアメルの積分を用いて次式となる。

$$\left. \begin{aligned} y(t) &= \frac{1}{mn} \int_0^t P(\tau) \exp\{-hn(t-\tau)\} \sin n(t-\tau) d\tau & t \leq t_0 \\ y(t) &= \frac{1}{mn} \int_0^{t_0} P(\tau) \exp\{-hn(t-\tau)\} \sin n(t-\tau) d\tau & t_0 \leq t \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

n : 杭の振動数 $P(\tau)$: ハンマーによる衝撃力 h : 減衰定数

$m (=m_p+m_s)$: 杭及び杭と一体となつて振動する土の質量 t_0 : ハンマーが杭頭から離れる時刻

杭頭変位の

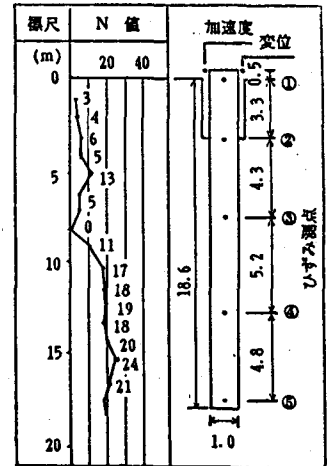


図-1 杭及びN値

上式において、杭の振動数 n は実験より求めたもので、周期よりハンマーの载荷時間をひいて求めたものである。ここで、未知数である m 、 h が判れば、数値積分によって杭の応答変位 $y(t)$ を求めることができる。また、ハンマーの種類及びクッション材を選び、適当な落下高さを選べば $P(\tau)$ はかなりの精度で近似できる。

<伸縮振動>杭自体の全伸縮量は、杭各点のひずみが得られる場合次式となる。

$$y_p = \int_0^L \epsilon(t, x) dx \quad \epsilon(t, x) = A(t)X^{i-1} + B(t)X^{i-2} + \dots + I(t) \quad (3)$$

$\epsilon(t, x)$: 杭の深さ方向 x の時刻 t におけるひずみ分布 $A(t), B(t) \dots I(t)$: 定数 L : 杭の全長

また、衝撃波 $P(\tau)$ が正弦波に近似できる場合には、次式により杭全体の全伸縮量を推定できる。

$$\left. \begin{aligned} y_p(t) &= -\frac{L\epsilon_0}{\pi} \exp\left(-\frac{h\pi C}{2L}t\right) \left(1 - \cos \frac{\pi C}{L}t\right) & 0 \leq t \leq L/C \\ y_p(t) &= -\frac{2L\epsilon_0}{\pi} \exp\left(-\frac{h\pi + 2\pi h t}{2}t\right) \cos \pi t & L/C \leq t \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ϵ_0 : 杭頭ひずみの最大値 C : 衝撃波伝播速度 h : L/C 前の減衰定数 $t (=t-L/C)$: L/C 後の時間

$\bar{h}$: L/C後の減衰定数

$\bar{n}$ ($=\pi C/L\alpha$): L/C後の伸縮振動の振動数

上式で $0 \leq t \leq L/C$, $L/C \leq t$ により振動数が異なるのは、杭先端反射と杭頭反射の場合の反射率の影響によるため、 α は実験より求めた補正係数であり、1.05 程度の値である。

以上より、杭頭変位は剛体振動と伸縮振動の和として求めることができる。

3 結果

図-2 に杭頭のクッション材にゴム製のものを使用した場合と、木製のものを使用した場合の同一杭に対する杭頭ひずみを示す。ここで衝撃波は、杭頭ひずみより $P(t) = EA \varepsilon_t(t)$ (E : 杭の弾性係数, A : 杭の断面積, ε_t : 杭頭ひずみ) として求めることができる。これより、杭頭クッション材を木製のものにすることにより、衝撃波は正弦波に近似できることがわかる。いま、図-2 の (2) に示す杭頭ひずみより衝撃波を正弦波に近似し、(2) 式に代入することにより剛体変位を計算することにする。ここで問題となるのが、減衰定数 h と杭と一体となって振動する土の質量 m_p の値である。そこで、減衰定数 h 及び質量 m をパラメーターとして解析した。図-3 は減衰定数 h

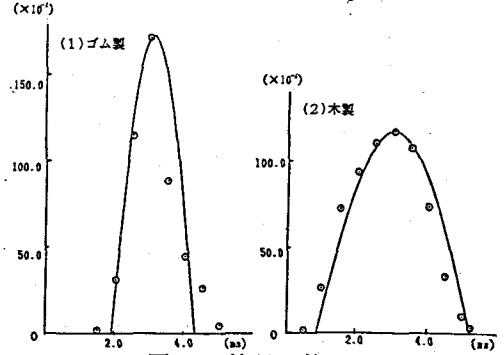


図-2: 杭頭ひずみ

を固定し、質量 m に対する剛体変位を求めたものである。 $m=6.0$ を最適値と取ると、杭と一体となって振動する土の質量 m_s は、杭が排斥した土の質量にほぼ近い値が得られた。また図-2 の (1) の様に正弦波に近似できない場合には、数値積分により剛体変位を求めることができる。次に、(3) 式と (4) 式より得られた伸縮量を図-4 に示す。これらの伸縮量はほとんど同じ値として得られ、杭頭ひずみが測定されれば伸縮量を求められることが分かる。また、同図に杭頭変位の実測値と、剛体変位と伸縮振動の和として求めた杭頭変位を示す。この杭頭変位は、図-3 に示す剛体変位量に (4) 式より得られた伸縮量の 1/2 の和と仮定して得られたものである。

