

杭打振動の減衰特性に関する考察

東北電力株式会社 土木部 土木建設課副長 正会員〇 開発澄夫
同 上 総合研究所 応用研究室 安田 悟

1. はじめに

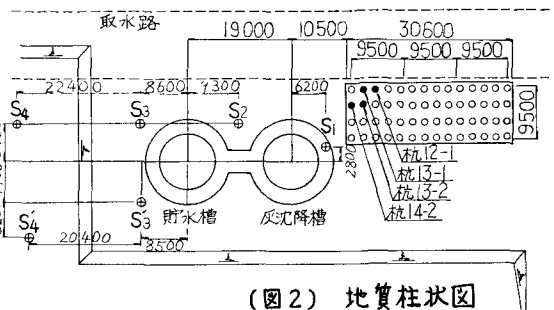
土木・建築構造物の杭基礎工事に伴う、杭打ち時の振動は隣接する構造物への悪影響や周辺住民からの苦情の原因としてしばしば問題になるが、その予測は複雑な地盤条件に左右され、適確に断定することができない実情にある。即ち、幾何減衰と材料減衰を含めたレイリー波の距離減衰 α について Bar Kan は $0.03 \sim 0.13$ ($1/m$)、Richart は $0.02 \sim 0.26$ ($1/m$) を提案しているように採用すべき α の値が広範囲にわたるため、同じ理論解析上からも係数決定が重要項目になる。今回、我々は酒田共同火力(発)の建設現場で杭打ち工事のさいに、周辺地盤の振動を実測する機会に恵まれたので、その結果をまとめ報告する。

2. 振動測定の概要

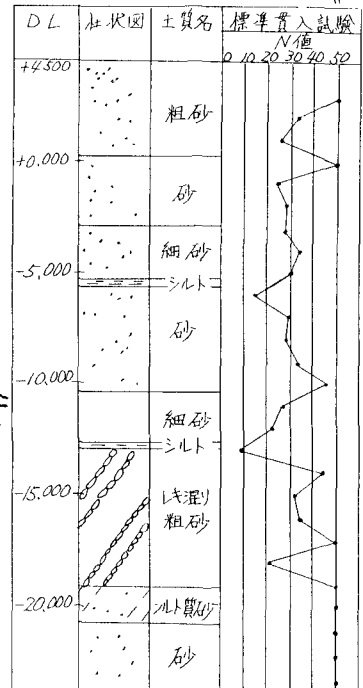
(図1) 位置図

(1) 施工場所および測定位置

振動の測定位置および測定点までの距離は(図1)および(表1)に示したが、杭打ち個所の面側には取水路カルバートがあり、南側の貯水槽、灰沈降槽にはPC杭($\ell = 11.0$ m, $\phi = 500$) 96本を用いた円形フーチング基礎が設けられ、杭打振動により発生する表面波の伝播に少なからず影響を及ぼすものと考えられたが、距離減衰を測定する目的から測点は倍距離に設けることとした。



(図2) 地質柱状図



(2) 地質概要

(表1) 測点までの距離

当地点の地質柱状図を(図2)に示したが、砂と細砂の互層でシルト層を除けばN値30前後であり、-10~-18 m間はN値45前後、-18 m以下はN値50以上の支持層が存在する。

測点	距離	12-1	13-1	14-2	13-2
S ₁	13M	12M	8M	10M	
S ₂	25 "	23 "			
S ₃	43 "	40 "	38 "	40 "	
S ₃ '			42 "	44 "	
S ₄	65 "	63 "	61 "	63 "	
S ₄ '			63 "	65 "	

(3) 測定方法

測定は鋼管杭($\phi 800$ mm, $\ell = 24$ m)をデイルマック45で打込む振動をデータレコーダに記録させ、マイコン内蔵の処理装置で解析する。なお、測定方向は鉛直と杭芯水平方向とする。

3. 減衰の基礎理論

理想半無限弾性体の表面において鉛直振動を受けるフーチング基礎から地盤内に入射するエネルギーの殆どはレイリー波によって伝達されるから地表面付近にある基礎の振動問題に対し、レイリー波が重要となる。

(1) 幾何減衰

レイリー波は円筒状の波頭となって外側へ放射状に伝播し、振巾は(オ1式)である。

$$W = W_0 \sqrt{r_1/r} \quad \text{----- (オ1式)}$$

ここに、 r_1 , r = 振動源から振巾のわがっている点、および、問題にしている点までの距離

$(\omega_1, \omega = \text{距離} r_1, \text{および} r_0 \text{の地点におけるレイリー波の鉛直成分の振中})$

(2) 材料減衰

土は完全な弾性体でないで、実際の地盤では材料減衰によるエネルギー損失がある。
幾何減衰と材料減衰の両者を含むレイリー波の距離減衰式は(オ2式)である。

$$W = W_1 \sqrt{r_1/r} \exp[-\alpha(r - r_1)] \quad \text{----- (オ2式)}$$

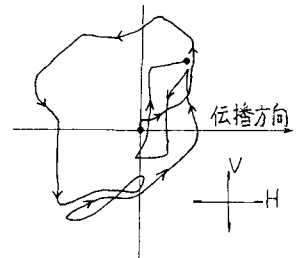
ここに $\alpha = \text{距離の逆数の次元を持つ距離減衰係数}$

以上の理論は半無限弾性体の表面にある基礎が鉛直振動を繰り返す場合で、打撃エネルギーが杭から地盤内に入射するのとは厳密には異なるが、地表面付近にエネルギーが入射することは同じなので上記理論を適用した。

4 測定結果および考察

(図3) S_2 の運動軌跡

(1) (図3)の運動軌跡から杭打振動は概ねレイリー波の伝播に起因していることが分る。

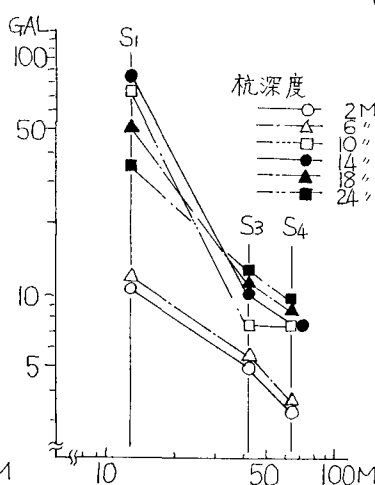
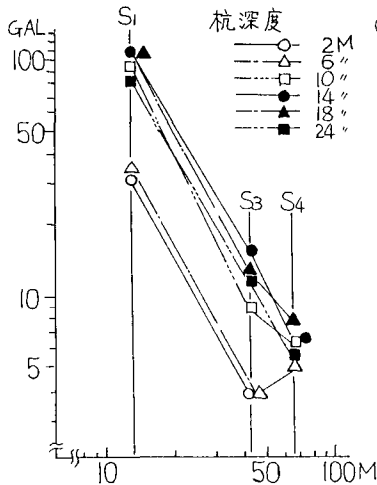


(2) 振動記録(図4)～(図6)から次のことが分る。

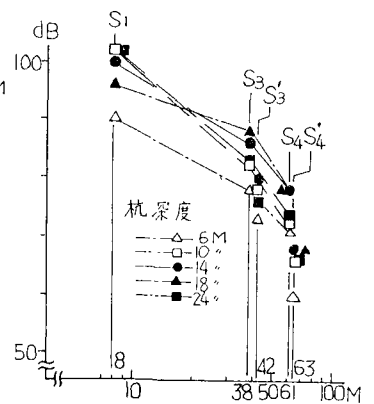
a. 振動発生源近傍では鉛直成分より水平成分が卓越しているが、水平成分は距離による減衰傾向が著しく、遠距離になると両成分の値に差がなくなる。

(図4) No.12-1 水平方向加速度の減衰状況

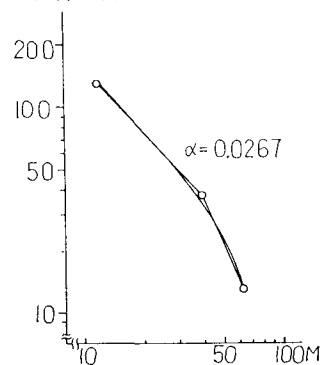
(図5) No.12-1 鉛直方向加速度の減衰状況



(図6) No.14-2 鉛直方向加速度レベル



(図7) No.13-1 深度14mにおける α ($\times 10^{-3} \text{ mm}$)



b. 振動変位は、中間層の打抜き時にピークを示し、打始めと打止め付近で小さくなる傾向がある。

(3) 実測結果、減衰係数 α は応答量が最大となる中間層(10～18m)の場合概ね、0.022～0.030の範囲に分布し、平均は0.026である。(図7)に α の1例を示す。

5. おわりに

本考察で使用したデータはあくまでも発電所構内という限定された施工条件の下で得られたものであり、また減衰特性に影響を及ぼす因子も複雑多岐にわたることから、今後異なった施工条件下におけるデータを集積し、一層信頼性の高いものとした。貴重なデータを提供していただいた(株)間組にお礼申し上げます。