

# 打撃工法における IT 施工管理装置の概要

一般社団法人 全国基礎工事業団体連合会

技術委員会

# 目 次

1. 管理装置開発の背景と目的	1
1. 1 開発の経緯	1
(1) 打撃工法の打ち止め管理の動向	1
(2) 支持層付近の貫入量・リバウンド量の傾向と打ち止め管理の方法	1
(3) 従来貫入量・リバウンド量の計測方法と問題点	1
1. 2 開発の目的	2
2. 管理装置	2
2. 1 管理装置の構成と計測方法	2
2. 2 NETIS について	2
2. 3 計測可能な距離	2
3. 管理装置で出来ること	3
3. 1 計測時	3
3. 2 計測終了後	3

## 1. 管理装置開発の背景と目的

### 1. 1 開発の経緯

#### (1) 打撃工法の打ち止め管理の動向

打撃工法における従来の打ち止め管理は、計画で打ち止めとされている深さ直前で測定する貫入量やリバウンド量を用いた「打ち止め管理式」（従来は動的支持力算定式と呼ばれていた）で求める算定値（従来は動的支持力と呼ばれていた）から安易に打ち止め判断を行っていた。しかし、打ち止め管理式で求まる算定値は、地盤や杭径、杭長およびハンマの種類によって大きな相違が生じる場合がある。

そこで、最近では、打ち止め管理式による算定値のみに依存するのではなく、次の3項目を管理して、より多くの情報から打ち止め管理を行うこととしている。

①杭先端の支持層への到達。

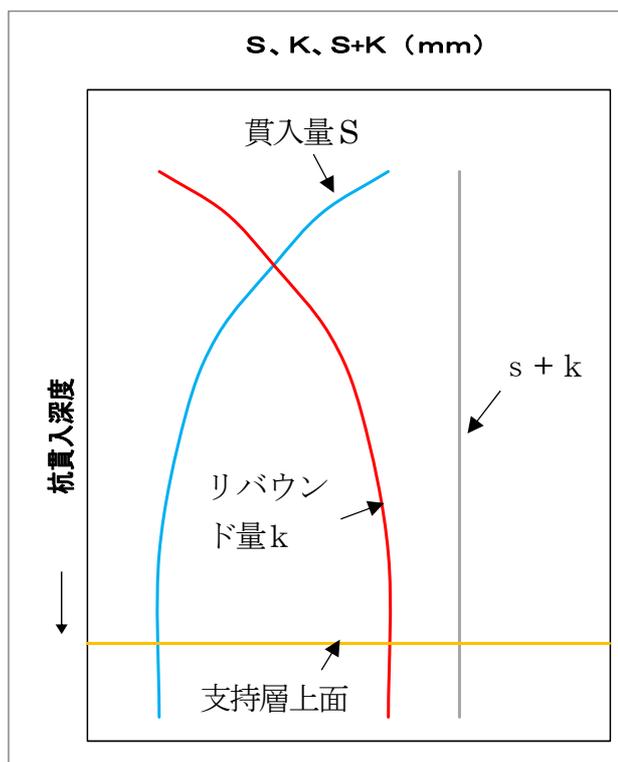
②杭先端の支持層への根入れ深さ。

③打ち止め位置での貫入量・リバウンド量と打ち止め管理式より求まる算定値。

つまり、打撃工法での打ち止め管理にあたっては、他工法同様、支持層到達確認を行った後に打ち止め確認を行うようになっている。

#### (2) 支持層付近の貫入量・リバウンド量の傾向と打ち止め管理の方法

打撃工法では、一打撃ごとに貫入量とリバウンド量が発生する。したがって、上記3項目は、支持層付近、例えば支持層手前3D程度から打ち止め位置までの範囲での貫入量とリバウンド量の値と変化傾向によって管理することが出来ると考える。図-1は支持層付近において同一の打撃エネルギーで打撃した際に計測した貫入量とリバウンド量を、深さ方向の関係で整理した時の概念図を示したものである。支持層付近における貫入量とリバウンド量の関係は、硬い層への根入れとともに貫入量は減少していくが、リバウンド量は逆に増加していく傾向がある。そして、支持層内では貫入量、リバウンド量とも一定値に収束するという傾向がある。このような貫入量とリバウンド量の傾向を利用して、まず杭先端の支持層到達の確認を行い、その後、支持層への根入れ深さと打ち止め



位置での貫入量・リバウンド量と打ち止め管理式より求まる算定値より打ち止め確認を行うことができる。

図-1 支持層付近での貫入量・リバウンド量の変化傾向

#### (3) 従来の貫入量・リバウンド量の計測方法と問題点

従来、打撃における貫入量とリバウンド量の計測は、熟練工が記録紙を杭頭部の側面に貼り付けて手で行っている。手動だと以下のような問題点が考えられる。

①同一条件においても計測する人が変わると結果に差異が生じる可能性がある。

- ②直接計測するのは貫入量とリバウンド量であるので、深さ方向の貫入量とリバウンド量の関係図を作図するには、計測した貫入量とリバウンド量を読み取って、その値を別の紙にプロットする必要があるので作図手間がかかる。その結果、上記管理項目の判定も時間を要することとなる。
- ③手動の場合は、施工中に記録紙を貼り付けて計測するため、例えば50cmごとの一定区間での計測しか出来ず、連続計測が出来ない。
- ④②、③で述べたように計測と作図に手間がかかるため、支持層付近の詳細な貫入量・リバウンド量の計測は、試験杭もしくは、例えば支持層が不陸している箇所では何本かに一本ないしは何十本かに一本の割合で実施される管理杭のみで行われ、全杭実施されない。

## 1. 2 開発の目的

開発した管理装置では、従来手法の問題点をクリアにするために、支持層付近での一打撃ごとの貫入量とリバウンド量を連続的に自動計測し、リアルタイムで記録・作図させ上記三項目の管理を行うことを目的としている。つまり、今回開発した管理装置を使用することによって、全杭に対して支持層付近の詳細な貫入量・リバウンド量の計測が可能であることから、全杭について支持層到達確認と打止め確認を行うことを目的としている。

## 2. 管理装置

### 2. 1 管理装置の構成と計測方法

管理装置は、サンプリングモアレカメラ（DSMC-100A、（株）共和電業社製）、制御・記録・作図用のPCおよび格子シートから構成されている。この管理装置での計測方法は、杭から数十m離れた位置に設置したサンプリングモアレカメラで杭表面に貼り付けた格子シートに焦点を合わせ、打撃による杭貫入に伴う格子シートの変位を計測する手法である。管理装置で打撃時の貫入量とリバウンド量を計測している状況を写真-1に示す。この写真は、杭を防音装置で覆った状態で計測している状況である。

### 2. 2 NETISについて

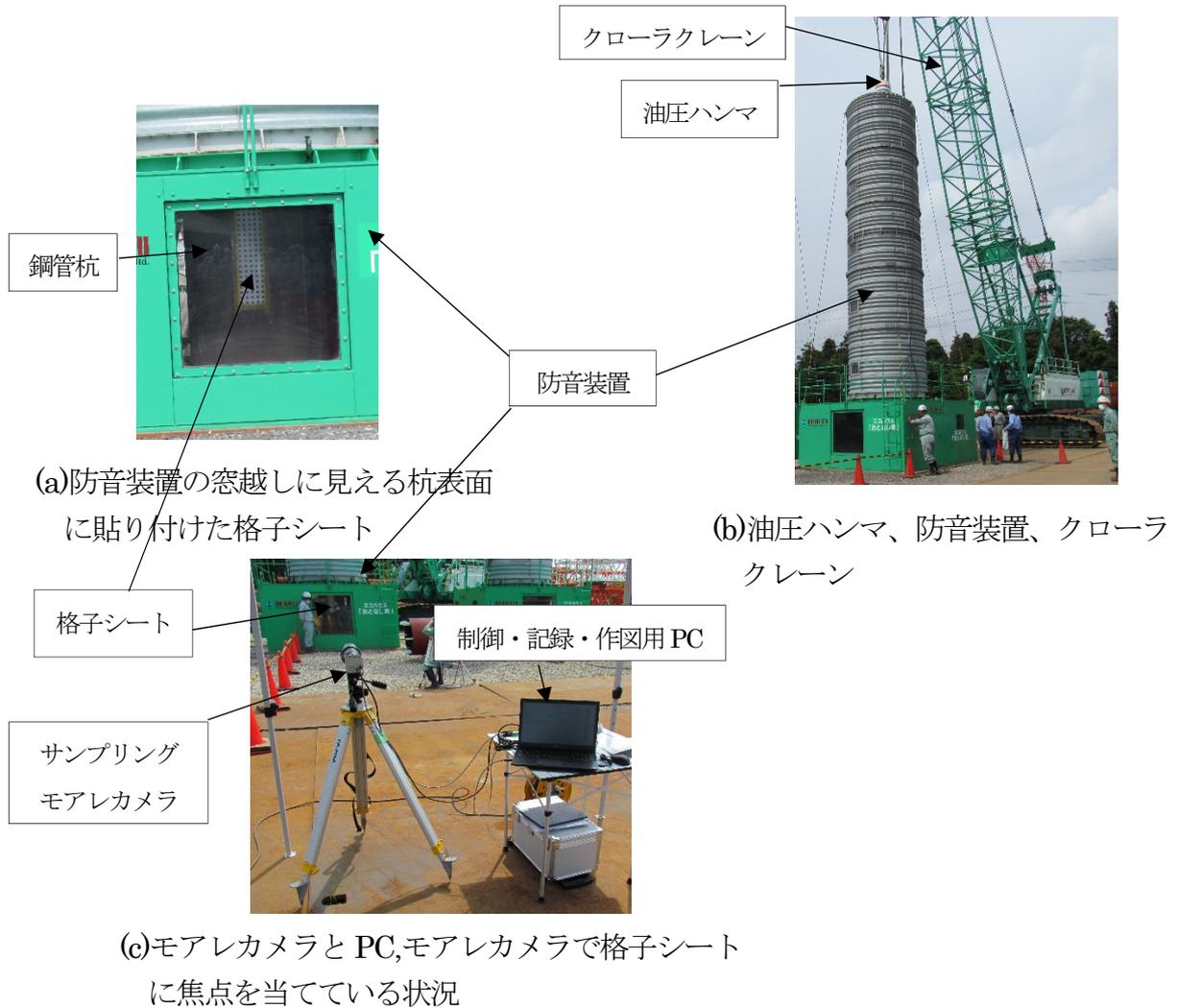
この管理装置はNETISに登録している。技術名称と登録番号は次の通りである。ただし、使用する高速度カメラは、サンプリングモアレカメラに変更している。

- ・技術名称：打込み杭工法における杭の打ち止め管理方法
- ・NETIS登録番号：KT-190085-A

### 2. 3 計測可能な距離

カメラの性能的には100m程度まで計測可能であるので、100m程度までは計測出来ることが予測できる。しかし、この管理装置では、屋外にてカメラは三脚を介して地表面に据え付けて計測するので、現場条件（風、地盤・土質等）の影響を受けることが考えられる。

そこで、現時点では、風はほとんどない状態で、距離15m、30mおよび50mで計測した事例が各1例ある。



写真—1 管理装置による杭打撃時の貫入量・リバウンド量を計測している状況

### 3. 管理装置で出来ること

本管理装置では、計測時、計測終了後に以下の事が出来る。

#### 3. 1 計測時

杭打設時に支持層到達確認と打ち止め確認を行うために、次の図を作図させる。

- (1) 打撃 1 打ごとの波形を計測し作図させ、貫入量・リバウンド量を読み取る。
- (2) 貫入量・リバウンド量を深度ごとにリアルタイムでプロットした「杭打ち止め管理図」。
- (3) 25 c mごとの打撃回数を深度ごとリアルタイムでプロットした「打撃回数図」。

図—2には、計測時の PC 画面の状況を示しておく。

#### 3. 2 計測終了後

計測結果を報告するため、次の図を作図させる。

- (1) 計測した証拠のため「計測終了直後の PC 画面」(図—2 参照)。

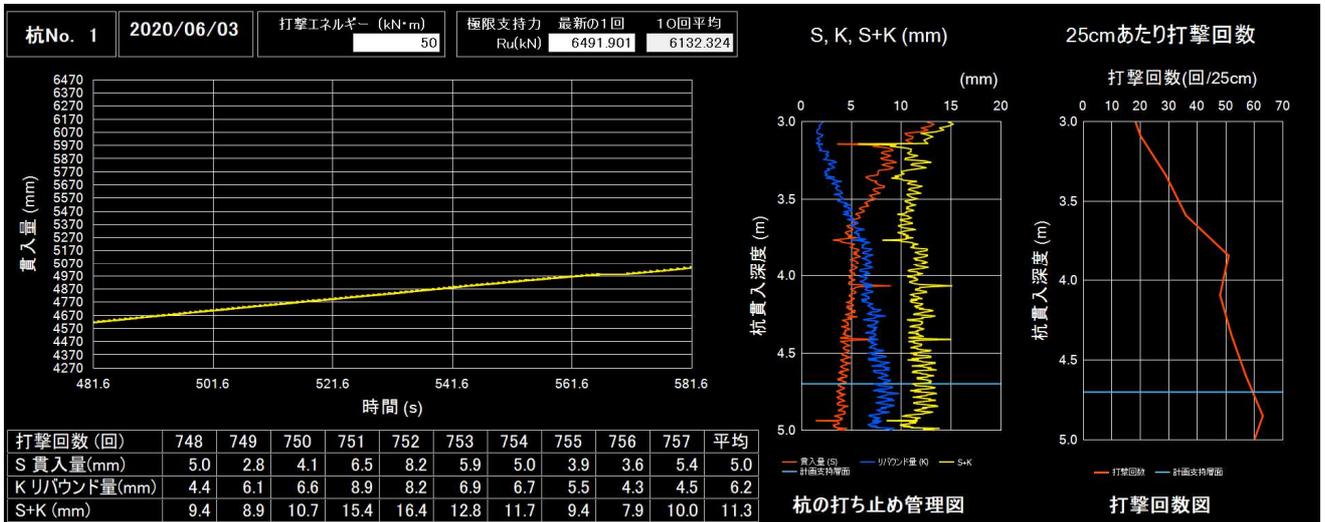
- (2) 打ち止め時の10打撃の計測波形を描いた「杭貫入量測定記録」(図一3参照)。
- (3) 支持層手前～打ち止めまでの貫入量・リバウンド量と貫入量+リバウンド量を描いた「打ち止め管理図」(図一4参照)。
- (4) 支持層手前～打ち止めまでの25cm当たりの打撃回数を描いた「打撃回数図」(図一5参照)。
- (5) 支持層地盤における各打撃エネルギーと貫入量・リバウンド量と貫入量+リバウンド量を描いた「杭打ち特性図」(図一6参照)。

なお、「杭貫入量測定記録」の「打ち止め管理式」については、以下の6種類の式に対応している。

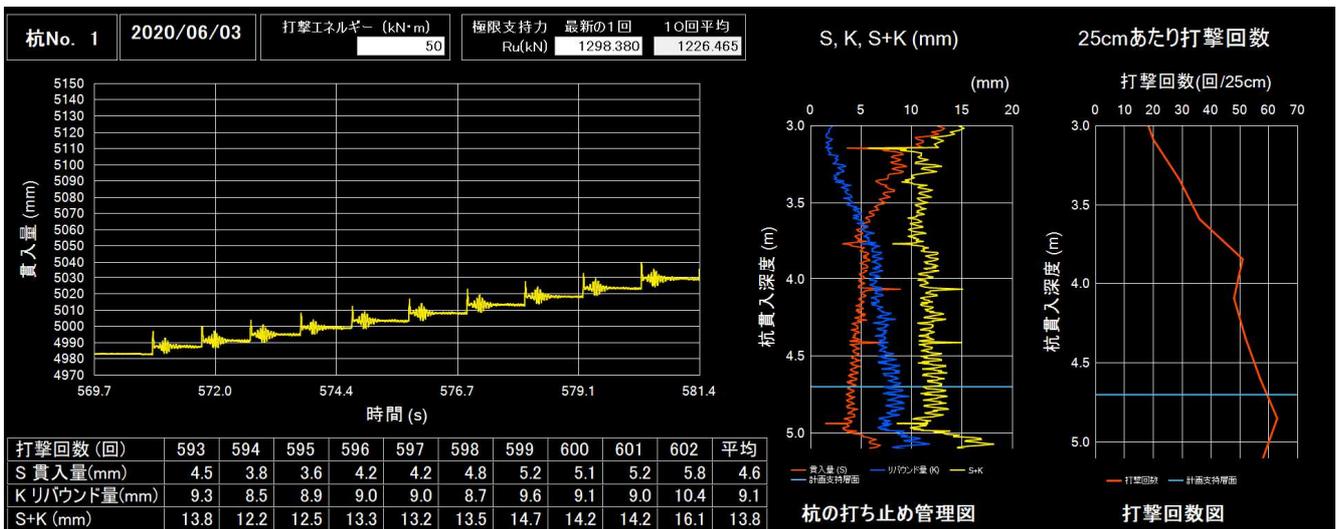
- ①宇都・冬木の式(旧道示式)
- ②係数を考慮した宇都・冬木の式(①式に係数を掛けるようにした式)
- ③ハイリーの簡略式
- ④係数を考慮したハイリーの簡略式(③式に係数を掛けるようにした式)
- ⑤5S式(旧建設省告示式)
- ⑥係数を考慮した5S式(⑤式に係数を掛けるようにした式)

上記の②、④、⑥の式は、①、③、⑤の管理式から求まる算定値のばらつきを低減するために、建設地点で鉛直載荷試験を行い、算定結果を補正して使用する場合等に使用することを考えている。また、ハンマ効率の違う外国製のハンマを使用する場合には補正が必要となるので、このような場合に使用することを考えている。

上記の5項目について(1)～(4)までの図は、基本的には全ての杭について作図させて提出する。(5)の図は、支持層の極限支持力を求めるための打撃エネルギーを見出すため描かす図であるので、基本的には最初の試験杭と杭本数が多い時に実施する管理杭について確認して描かす図である。



図一2(a) 計測時・計測終了時の PC 画面の状況



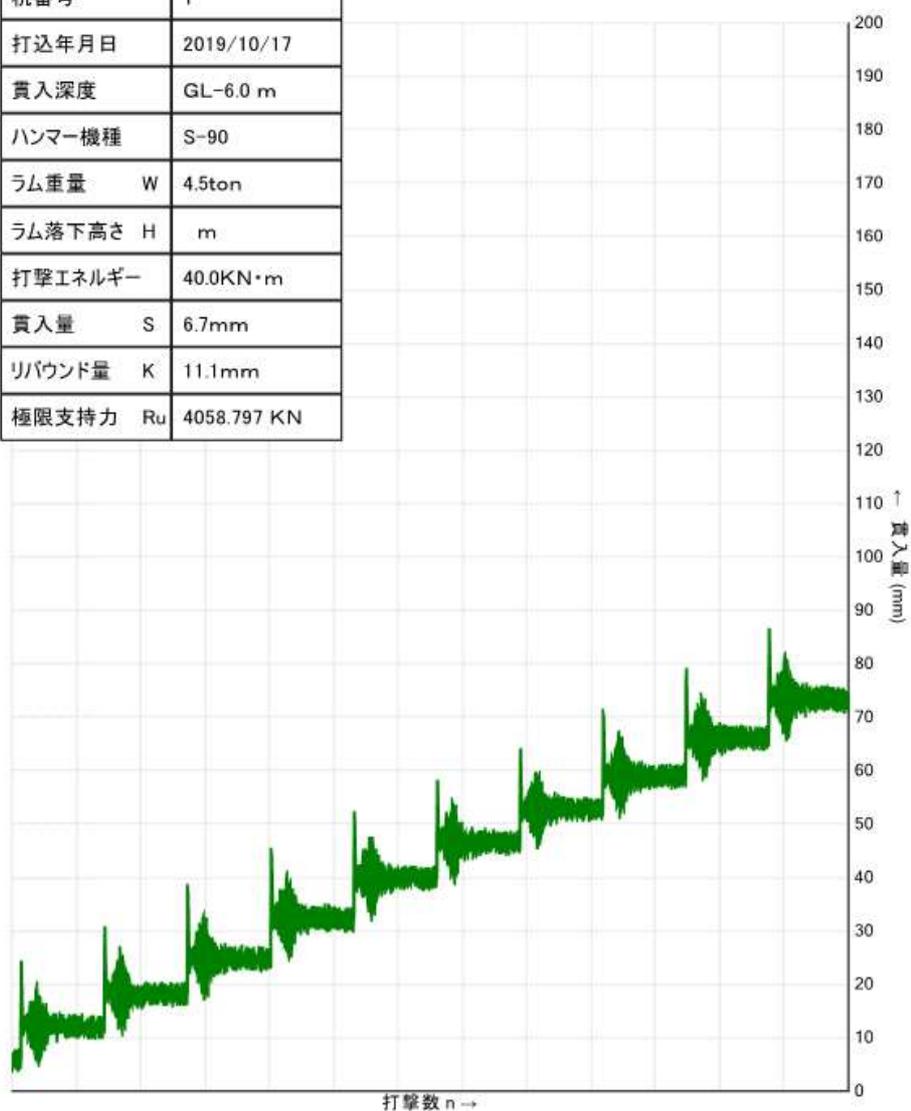
図一2(b) 一打撃ごとの計測波形を拡大した図

# 杭貫入量測定記録

打ち止め管理式:ハイリーの簡略式

$$R_u = (ef \cdot F) / (S + (K/2)) \text{ (kN)}$$

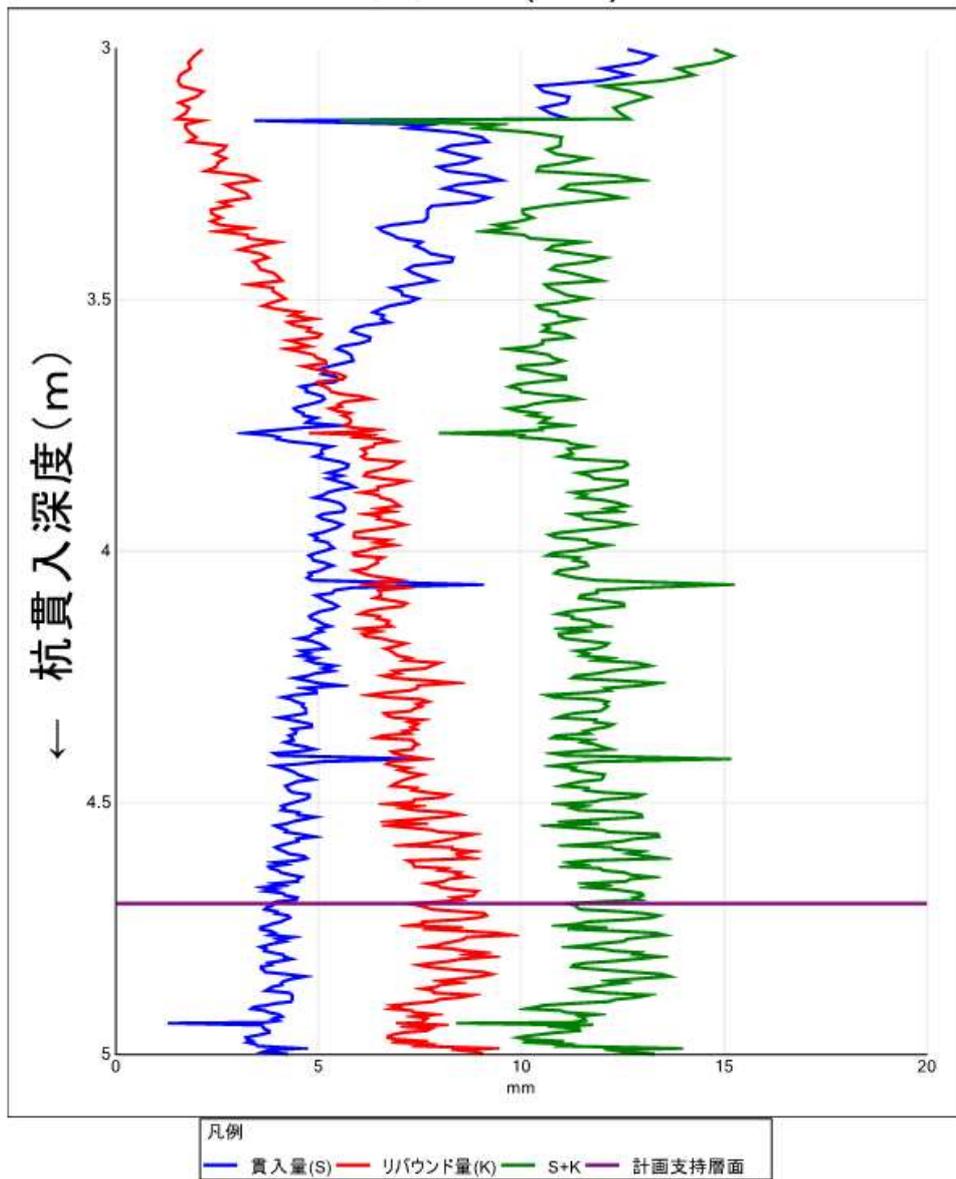
杭番号	1
打込年月日	2019/10/17
貫入深度	GL-6.0 m
ハンマー機種	S-90
ラム重量 W	4.5ton
ラム落下高さ H	m
打撃エネルギー	40.0KN・m
貫入量 S	6.7mm
リバウンド量 K	11.1mm
極限支持力 Ru	4058.797 KN



図一3 杭貫入量測定記録

杭番号	1
打込年月日	2019/10/17

S,K,S+K (mm)

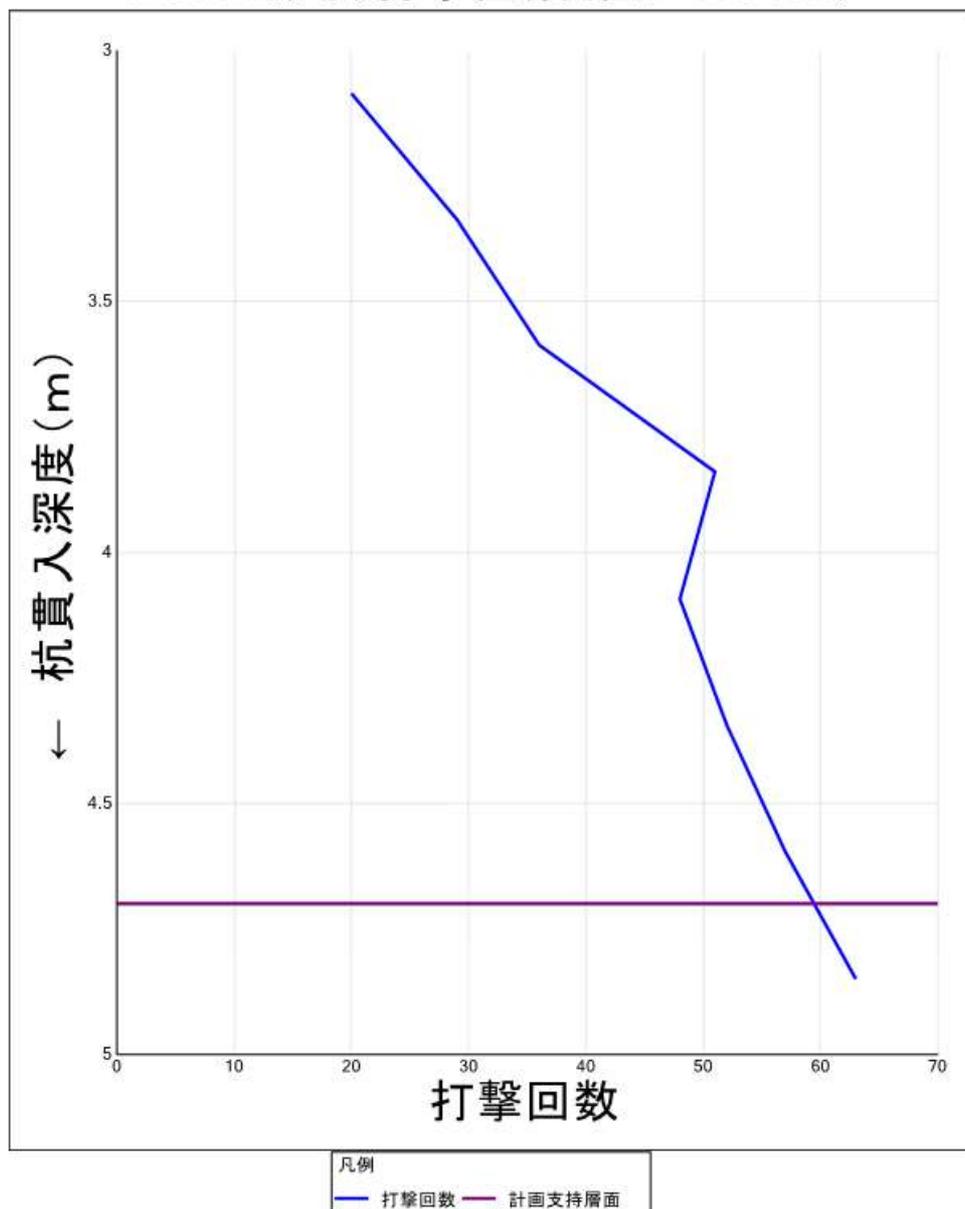


打撃エネルギー: 40.000 kN・m

図一4 打ち止め管理図

杭番号	1
打込年月日	2019/10/17

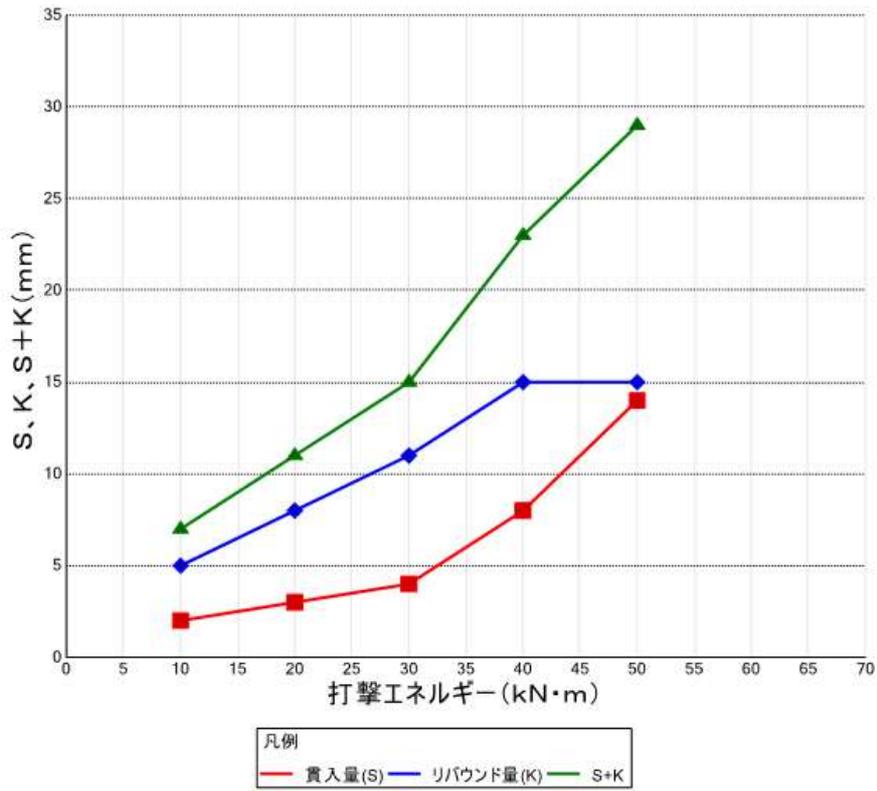
25cmあたり打撃回数(回/25cm)



打撃エネルギー: 40 kN・m

図一5 打撃回数図

杭番号	1
打込年月日	2019/10/17



### 杭打ち特性図

打撃エネルギーと推定支持力:ハイリーの簡略式

打撃エネルギー(kNm)	10	20	30	40	50
推定支持力(kN)	8889	5714	4211	2581	1860

図一6 杭打ち特性図