

東洋建設

# 打設杭トータル施工管理システム Pile T

第12回横浜技術交流会 ©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

1

Confidential Page. 1

## 本日の内容

1. 既設杭の打撃工法
2. Pile Tの開発目的
3. Pile Tの概要
4. Pile Tによる杭の誘導
5. Pile Tによる杭の打止め管理
6. まとめ

東洋建設 ©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

2

Confidential Page. 2

## 1. 既成杭の打撃工法

■ 打撃工法の施工フロー

✓ 施工フローは、杭の建込みからハンマによる打込み、支持層到達の確認、打止めまでの工程から構成

□海上での鋼管杭打設状況



□施工フロー

```

            graph TD
            A[杭打設準備] --> B[杭建込み]
            B --> C[杭打込み]
            C --> D[杭打込み]
            D --> E[杭打止め]
            B --- F[杭の位置誘導と傾斜の管理  
杭の高さ管理]
            C --- F
            D --- F
            E --- G[打止め管理]
            
```

東洋建設 ©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

3

Confidential Page. 3

## 1. 既成杭の打撃工法

■ 杭の打設管理の従来方法

- ① 杭の建込みから打込み中の位置誘導、傾斜の管理
  - ✓ 直交2方向からトランシットを用いて杭の鉛直度と杭芯のずれを目視確認
  - ✓ 2名の技術者が必要
- ② 支持層到達や打止め時の杭の天端高、先端深度の管理
  - ✓ 杭頭に配置したスタッフの値をレベルで測定
  - ✓ 1名の技術者が必要



技術者1 技術者2



技術者3

東洋建設 ©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

4

Confidential Page. 4

## 1. 既成杭の打撃工法

■ 杭の打設管理の従来方法

- ③ 支持層での打止め管理
  - ✓ 打止め管理式（動的支持力管理式）から求める算定値（杭の動的支持力、動的最大軸方向抵抗力）の他、打撃エネルギーや打撃回数、貫入量やリバウンド量の変化傾向などを指標に総合的に打止めの可否を判定
  - ✓ 貫入量やリバウンド量の計測は、人による記録紙へのペン書き法による
  - ✓ 毎日の作業終了後に記録紙の解析が必要
  - ✓ 1名の技術者が必要

技術者4



□ペン書き法の記録紙



人により記録紙の解析が必要

東洋建設 ©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

5

Confidential Page. 5

## 2. 開発目的

■ 従来方法による杭の打設管理における現状課題

- ✓ 杭の誘導に2名、高さ管理に1名、打止め管理に1名の合計4名以上の技術者が必要
- 将来的な技術者不足を補うために作業の省人化・効率化が必要
- ✓ いずれの管理も目視による確認や計測であり、杭の施工管理や記録がデジタル化されていない。
- 現場の安全性や効率性の向上、働き方の変革などへ活用されにくい。

↓

杭の打設における誘導から支持層での打止め管理まで一連の打設管理を合理化・デジタル化する「打設杭トータル施工管理システムPile T」を開発

東洋建設 ©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

6

### 3.Pile Tの概要

Confidential Page.6

■Pile Tのシステム構成

以下の2種類で構成される

I.「杭の誘導システム」(仮称)

- ✓杭の建込みからハンマによる打込み中の杭の位置、傾斜、高さを自動ガイダンスするシステム

II.「杭の打止め管理システム」(仮称)

- ✓支持層での杭の打止め管理において、貫入量、リバウンド量及び打止め管理式(動的支持力管理式)算定値を自動計測・計算するシステム

□Pile Tによる計測概要(海上工事)



©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

7

### 4.Pile Tによる杭の誘導

Confidential Page.7

■システム概要

- ✓当社既存技術の3D鋼管杭打設管理システム(NETIS、CBK-150003-A)を発展
- ✓3台の自動追尾式トータルステーションの計測情報をもとに3Dモデルで表現した杭の打設状況をモニタ上のVR(仮想現実)空間に表示

□計測状況



□計測用PC



□高さ計測用プリアム



©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

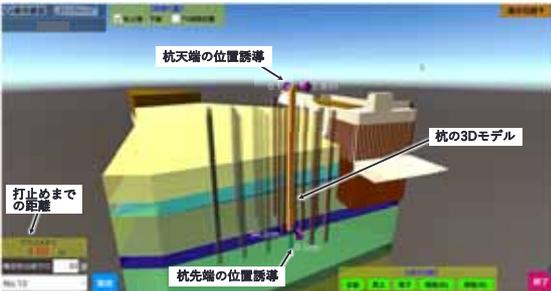
8

### 4.Pile Tによる杭の誘導

Confidential Page.8

■誘導画面

- ✓杭の位置、傾斜:杭の天端と先端の2箇所に対して杭芯のズレを修正するよう、その向きと誘導量を表示
- ✓杭の高さ:打止めまでの杭先端の距離をリアルタイムに表示



©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

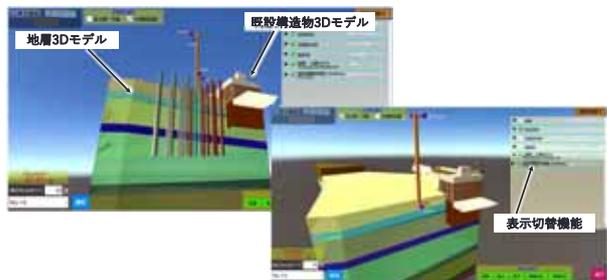
9

### 4.Pile Tによる杭の誘導

Confidential Page.9

■誘導画面

- ✓杭の打設状況を360度の自由視点で確認可能
- ✓既設構造物や地層などの3Dモデルのほか測定の点群データも登録可能
- ✓3Dモデルは、表示・非表示・透過のレイヤー別の表示切替が可能



©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

10

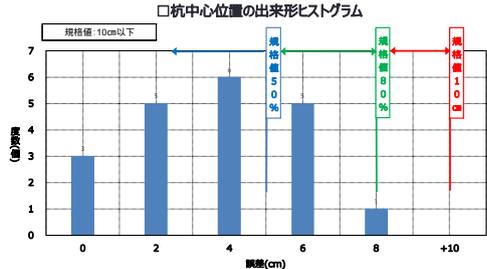
### 4.Pile Tによる杭の誘導

Confidential Page.10

■鋼管杭打設の出来形実績(参考)

- ✓杭頭中心位置が規格値(10cm)の80%以下に収まる
- ✓杭頭天端高が規格値(±5cm)の50%以下に収まる
- ✓杭の傾斜が規格値(2度)の25%以下に収まる

□杭中心位置の出来形ヒストグラム



規格値:10cm以下

規格値:50%

規格値:80%

規格値:100%

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

11

### 5.Pile Tによる杭の打止め管理

Confidential Page.11

■計測機器

- ✓ターゲット用の格子シートの撮影画像からXY方向の微小変位を計測できるサンプリングモアレカメラを使用

□サンプリングモアレカメラ概要



□サンプリングモアレカメラ性能表

製品名	DSMC-100A: (株) 共和電業製
分解倍率	格子ピッチの1/100から1/1000 (格子の撮影画像による)
計測フレームレート	1~500fps (処理部負荷/撮影サイズ、露光時間による)
画像サイズ	1枚あたり、400万画素以内(CMOSイメージセンサー)
視野角	20.8°(W) × 20.8°(H)
焦点調整	1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 2.0, 2.4, 2.8, 3.2
レンズマウント	Eマウント
サイズ/重量	76 (W) × 63 (H) × 121 (D) mm, 約850g
動作環境	温度: 0~40℃, 湿度: 20~80% (結露しないこと)
電源	AC100V
接続	計測対象PC/USB3.0接続、本体側でPC側が計測リターン送信可能

カメラコントロール PC

AC電源

格子シート

20mm

40mm

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

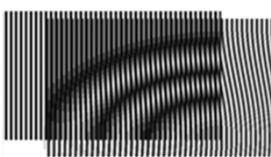
12

5.Pile Tによる杭の打止め管理 Confidential Page.12

■モアレ法とは

- ✓規則正しい模様を重ね合せたときに、それらのズレなどにより視覚的に発生する縞模様（干渉縞とも言う）
- ✓モアレを解析し、変形や変位を計測する手法がモアレ法

□縞模様を重ねて生じるモアレ（例）



※参考文献：http://4d-sensor.com/

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

13

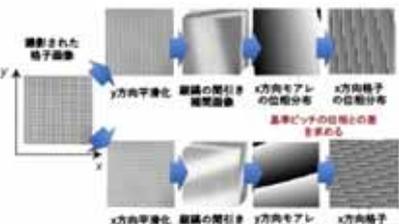
5.Pile Tによる杭の打止め管理 Confidential Page.13

■サンプリングモアレ法とは

- ✓画像処理技術により1枚の画像から複数のモアレを生じさせ、位相シフト法により、その位相分布を解析することで変位を計測

位相シフト法とは  
デジタルカメラで撮影した格子画像から、サンプリングによってカメラの画素を一定間隔で間引き、このサンプリング位置をシフトすることで複数のモアレを生じさせ、その位相分布を解析して変位を計測

□サンプリングモアレ法による二次元変位計測



1枚の格子の画像から、x方向とy方向の変位を高精度に簡単に計測可能

※参考文献：原田元治、大型建造物の変位分布を画像を使って遠隔からリアルタイムに計測する技術の紹介、2013.10.31、第71回空情報誌読者交流会

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

14

5.Pile Tによる杭の打止め管理 Confidential Page.14

■サンプリングモアレカメラとは

- ✓サンプリングモアレ法により格子シートの撮影画像をカメラ内で解析し、高速に位相分布算出などの処理が可能なハイスピードカメラ

主な特徴として

- ・1台のカメラで多点同時に非接触で計測可能
- ・格子サイズの1/100から1/1000の分解能（10mmピッチの格子サイズを用いた場合、0.1mmから0.01mmで微小変位の計測可能）
- ・望遠レンズで格子シートを撮影することで遠方の変位計測が可能
- ・最大500fpsの高速撮影で動変位のピーク値を逃さず捉えられる

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

15

5.Pile Tによる杭の打止め管理 Confidential Page.15

システム概要

- ✓杭の頭部に格子シートを貼り付けることで、サンプリングモアレカメラによる杭の1打撃ごとの変位計測情報から、貫入量、リバウンド量及び打止め管理式算定値をリアルタイムに自動計測・計算

□杭の打止め管理時の計測状況



□格子シートの事前設置状況



格子サイズ（白色と黒色サイズの合計）は20mmと40mmを準備し、貫入量やリバウンド量の大きさに合わせて選定

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

16

5.Pile Tによる杭の打止め管理 Confidential Page.16

■計測画面

- ✓1打撃ごとの貫入量とリバウンド量の値をグラフと数値で表示
- ✓貫入量とリバウンド量の値から打止め管理式算定値を計算
- ✓ハンマの打撃エネルギーなどを変更して再計算する機能を搭載



©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

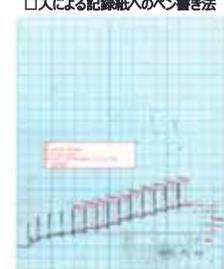
17

5.Pile Tによる杭の打止め管理 Confidential Page.17

■システムによる帳票出力

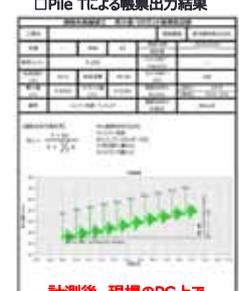
- ✓計測した記録をその場で帳票出力

□人による記録紙へのペン書き法



毎日の作業終了後、技術者が記録紙を解析

□Pile Tによる帳票出力結果



計測後、現場のPC上で帳票を自動作成

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

18

Confidential  
Page.18

## 5.Pile Tによる杭の打止め管理

■システムの精度確認

✓Pile Tとペン書き法で貫入量とリバウンド量を同時計測したデータから打止め管理式算定値（Hiley式を使用）による散布図を作成

➢ペン書き法での人的な計測誤差や計測記録の読み取り誤差を考慮すると、サンプリングモアレカメラによる計測値は、ペン書き法と同等以上の精度

➢特に海上工事では写真のようにペン書き法による計測足場が不安定である

□打止め管理式算定値の比較

○海上工事でのペン書き法による計測状況（例）

導槽上での計測

船外機上での計測

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

19

Confidential  
Page.19

## 6.まとめ

■Pile T導入の効果

✓Pile Tでは、計測機器やパソコンを1箇所集中配置することで、杭の打設管理に要する技術者を4名から最小1名への省人化が可能

✓VR空間上での杭の誘導により、打設状況をリアルタイムかつ360度の自由視点で確認でき、デジタルデータを用いた高精度な施工管理が可能

✓杭の打止め管理では、貫入量とリバウンド量、打止め管理式算定値の自動計測・計算及び帳票出力により、打止めの可否をより明確かつ迅速に判定可能

✓記録紙解析作業での省人化や効率化

✓打撃中の杭直下に人が入らず安全性が向上

©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

20

人と地球にあたたかな技術、  
ハートテクノロジー。

海外展開、人材育成、そして環境の改善。業務の発展に貢献する為の課題です。またその解決策として、人と地球にやさしい技術を開発し、社会に還元していきます。

ご聴講ありがとうございます  
ございます

第12回横浜技調技術交流会 ©2022 TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

21