

### 画像データによる杭施工精度の検証と施工管理への活用

(株)奥村組 正会員 ○森田修二 (株)奥村組 井 君人  
(株)奥村組 宮本達哉 (株)奥村組 辻 栄治

#### 1. まえがき

基礎杭の施工において、先掘り式の杭施工の管理は杭打設機の位置や鉛直精度の確保によって行われている。施工完了後は杭頭の出来形検査や孔壁測定器によって孔曲がり測定も行われる。また、施工中にオーガ等の掘削機を CCD カメラなどの画像を見ながらオペレータが鉛直精度を維持するという技術も開発されている。今回、鹿児島県鹿屋市の甫木水門改築工事において CCD カメラのシステムを利用して施工管理を行っているが、本報告では、これらの画像データを利用してさらに施工精度の向上を図る手法を検討した。連続する画像データから杭打設機の傾斜角を数値的にシーケンスに抽出し、地中部分の杭の孔曲がりを推定することで施工管理に反映させることや地中での出来形を確認する方法について考察を行った。

#### 2. 基礎杭の工事概要

甫木水門改築工事は甫木川における現水門の老朽化対策と治水安全度の向上を目的として新水門を構築する工事である。工期は平成 24 年 7 月から平成 27 年 3 月を予定しており、新水門の基礎杭は径 700mm (p41~p136 の 96 本)、径 450mm (44 本)、径 350mm (40 本) の施工を完了している。図-1 にはこれらの杭の杭伏図を示した。これらの杭の施工管理に CCD カメラによる鉛直精度の管理を行った。写真-1 は CCD カメラの画像の例であるが、このような画像が直交 2 方向から一定の時間間隔で保存されている。本報告では、この画像データを利用して堰柱を含む主要部分の基礎杭 (径 700mm) の杭について施工精度を検証した。

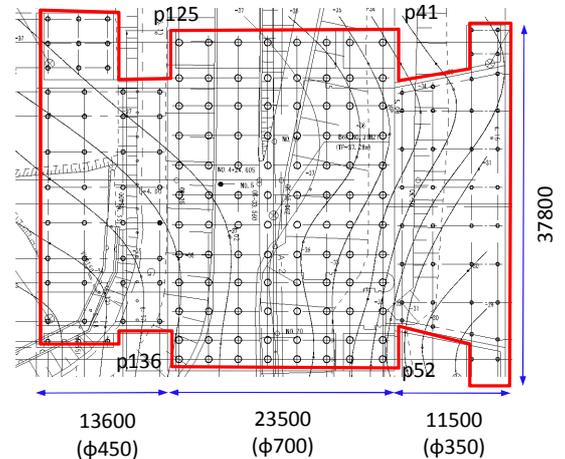


図-1 杭伏図

#### 3. 画像処理による杭偏芯量の推定

従来の CCD カメラのシステムはオペレータが目視で施工中の鉛直管理に利用しているが、これらの画像から杭の傾斜角を数値的に抽出することを検討した。杭の地中の孔曲がりは地層分布や地盤の硬軟に影響されるが、地表における杭打機の鉛直精度によっても孔曲がりは生じる。また、地中の孔曲がりが地表のオーガの傾斜に反映することも考えられる。

本報告では、地表のオーガの(傾斜角)×(スパン長)が杭の偏芯量を表すと仮定し、この偏芯量をシーケンスに積算することで杭先端位置や孔曲がりを推定した。図-2 にこの仮定に基づく孔曲がりを示した。式(1)は地表から n 番目の杭先端の位置を表している。

$$Dx_n = \sum_{i=1}^n dl \times Gx_i \quad (1)$$

ここで、 $Gx_i$  は杭の傾斜角、 $dl$  は一定のスパン長、 $Dx_i$  は中心線からの偏芯量である。傾斜角  $Gx_i$  は地表で計測した角度であり、地中でもこの傾きが維持されると仮定する。小さい孔曲がりが適用範囲と考えている。



写真-1 杭の打設状況

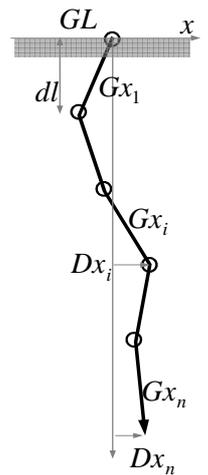


図-2 杭の孔曲がり

キーワード：杭の孔曲がり、CCD カメラ、画像処理

連絡先：〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2 (株)奥村組 森田修二 (TEL)06-6625-3980 (FAX)06-6621-9315

### 4. 杭偏芯量の推定結果

図-3 には式(1)によって推定した深度ごとの直交2方向の杭の傾斜角(赤線)と偏芯量(青線)の例を示した。概ね杭の傾斜角は 1/100 以下に抑えられながらも杭が徐々に一定方向に偏芯する結果となっている。

図-4 には直交2方向の変位を合成した偏芯量を示した。凡例は図-1 の杭番号を示している。深度 40m における杭先端の偏芯量は概ね 20cm 以下となっており、平均傾斜角は 1/200 以下となっている。一部の杭では 20cm~30cm の偏芯となっているが、深度 30m 付近で傾斜角がやや増加する傾向が見られる。土質柱状図ではシルト質砂層から一次シラス層に土質の変化があり、地質の変化との相関が窺える。

図-5 には比較的偏芯量の大きい杭駆動装置の電流値を示した。深度 GL-20m 付近と GL-30m 以深で電流値が大きくなる傾向が見られ、土質状況を反映して電流値が変動しているものと考えられる。

以上のことから、傾斜角による杭偏芯量の推定値は土質柱状図や電流値との相関関係があり、地中の杭の孔曲がりを一定評価できている。

### 5. 出来形検査との比較検証

本工事では先掘した掘削孔に既成杭を挿入しており、出来形検査では地表部分の杭頭の傾斜角と杭芯の偏芯量を計測している。既成杭は十分に剛な構造体であり、ほぼ掘削孔の傾斜に沿って設置されることになる。したがって、杭頭の傾斜角は掘削孔の傾斜を反映していると考えられる。

図-6 には画像処理による杭偏芯量の推定値と出来形検査による傾斜角を比較した。推定値は GL-0m から GL-10m の傾斜角の平均値を示しているが、出来形検査の傾斜角は推定値の比較的浅層部の傾斜角を反映していると想定している。推定値と出来形検査の傾斜角の相関係数は 0.60 であり、出来形検査との比較によっても推定値による杭の孔曲がりも一定評価できている。

### 6. 施工管理への活用

今回は杭鉛直精度について記録された画像データから考察を行ったが、リアルタイムに画像処理を行い、地中における杭の孔曲がりを示すことができれば杭打ち機の傾斜角を調整することによって孔曲がりの修正が可能になり、施工管理の精度が向上する。

### 7. あとがき

本報告では CCD カメラの画像を利用して地中の杭の孔曲がりを推定する手法を検討した。今後は孔壁測定器などを利用して本手法の精度を検証したい。

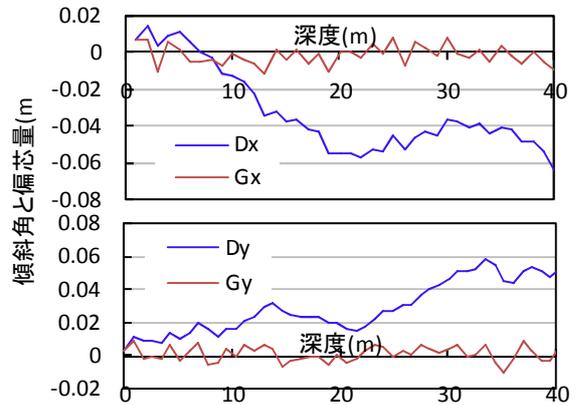


図-3 杭の傾斜角と偏芯量(p44)

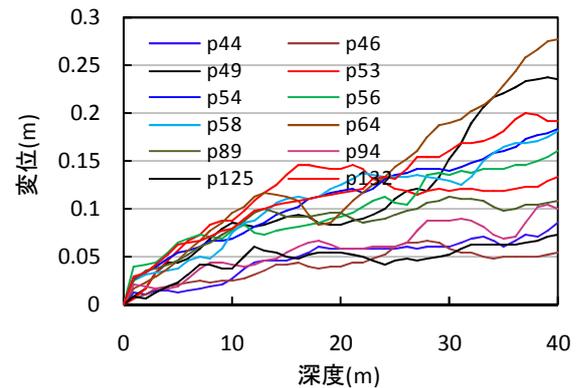


図-4 杭の深度と偏芯量

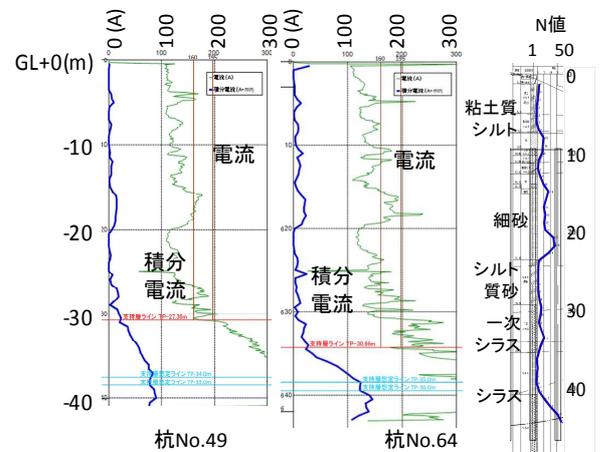


図-5 オーガ駆動装置の電流値と土質分布

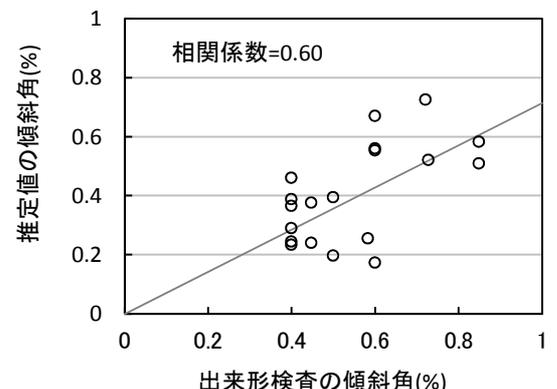


図-6 出来形検査と推定値の相関