

狭隘な撮影箇所における UAV による撮影画像を用いた削孔位置の自動抽出

奥村組 正会員 〇三澤 孝史, 正会員 山口 治
奥村組 正会員 川澄 悠馬, 石井 敏之

1. 目的

既設コンクリート構造物の補強工事では、壁等の増厚工法やあと施工せん断補強工法等の補強工法が実施される。あと施工せん断補強工法は、既設コンクリート構造物を削孔後、せん断補強筋を挿入し、定着材により既設構造物と一体化することでせん断耐力の向上を図るが、工事によっては、その削孔数は数千以上となるため、削孔出来形（削孔位置）の計測の効率化が求められる。そこで筆者らは、画像から削孔位置を自動抽出する方法の開発に取り組んでいる。今回、足場が設置されているために壁との離隔が狭い空間で、壁にある孔の画像を効率よく取得する方法として、UAV（ドローン）を用いる方法について実際の壁を用いた撮影試験を行った。また、得られた画像から作成した3次元点群データから孔位置の自動抽出を試みた。本報では、UAVによる撮影試験結果および自動抽出結果について報告する。

2. 狭隘空間における UAV による撮影試験

(1) 撮影試験概要

撮影対象は、奥村組技術研究所・耐震実験棟の反力壁を用いた。反力壁には PC 鋼棒設置用に水平・鉛直方向とも、500mm 間隔で貫通孔（φ100mm）が設けられており、これを削孔した孔と見なし検出対象とした。写真1に示すように、反力壁の前に足場を最小離隔 700mm で設置した。撮影に使用した UAV を図1に示す。この UAV は、外径 400mm の球体状のカーボンファイバー製の部材で覆われており耐衝突性を有する。この UAV には GPS は搭載されておらず、撮影時は UAV の直接目視および UAV から伝送されるカメラ映像により操縦した。撮影終了後、UAV により撮影した動画から、一定間隔で画像を取り出し、3次元点群データおよび3次元モデルを作成した。



写真1 足場設置状況

(2) 撮影結果

撮影状況を写真2に示す。最小離隔 700mm の箇所も支障なく飛行し撮影できた。また、足場部材に UAV が接触する場合もあったが直ぐに機体の姿勢を修正し安定飛行できた。

UAV で撮影した画像から作成した3次元モデルを図2に示す。足場材等は処理の過程で除去した。



写真2 UAV撮影状況



機体名称	ELIOS2
プロペラ	4 枚
大きさ	400mm（球体直径）
重量	1450 g
耐風性能	3.0m/s
通信距離	水平 500m 鉛直 150m
屋内高度維持	○
自動飛行	× 距離ロック機能あり
障害物検知	× 安定センサ搭載
カメラ	フル HD、4K
動画画質	フル HD、4K

図1 使用した UAV

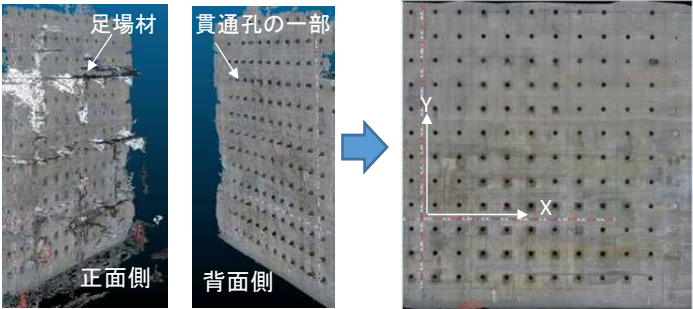


図2 作成した 3 次元モデル

キーワード UAV, 点群, 削孔, 自動抽出
連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株) 奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521

3. 孔位置の自動抽出

(1) 自動抽出方法

作成した3次元点群データから、約4m×4mの範囲を対象として反力壁の貫通孔位置の自動抽出を試みた。点群データの座標は、図2に示すように反力壁表面に対して、水平方向をX軸、鉛直方向をY軸、奥行き方向をZ軸（貫通孔の深さ方向がマイナス）と設定した。自動抽出の手順を以下に示す。

- ①点群データの各点から、設定したZ座標の範囲の点を取り出す。今回は、-10～-9mm（貫通孔の深さ方向）に設定した。
 - ②取り出した点について、順次、各点の座標に対しXおよびY方向の設定した範囲内の点群を探索し、それらの点群を一つのグループとして貫通孔毎に分類する。
 - ③分類したグループ毎に抽出する円を式(1)のように表し、最小二乗法により円の中心座標および半径を算出する。
- ②、③の処理は、作成した抽出ソフトに①で取り出した点群データファイルを読み込ませて自動的に処理した。

$$(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 = r^2$$

式(1)

ここで、 x_i, y_i : 円周の任意の点のXおよびY座標値。今回は、貫通孔毎に分類した点群の座標 (x,y)
 a, b : 円の中心のXおよびY座標値、 r : 円の半径

(2) 抽出結果

図3に上記の手順①に沿って取り出した点群を示す。図3に示す点群データから最小二乗法により算出した円を図4に示す。また、図5には、元の点群データと合わせて抽出した円および円の中心を赤色で示す。図4、5より、全ての貫通孔計64個を自動抽出できていることがわかる。

設定した座標値に対する抽出した円の位置（中心）の差異の平均値を表1に示す。X座標（水平方向）で-12.5mm、Y座標（鉛直方向）で-3.0mmであった。水平方向の差が鉛直方向に比べ大きくなっており、画像のラップ率の影響等が考えられるが今後、詳細に検討したいと考える。

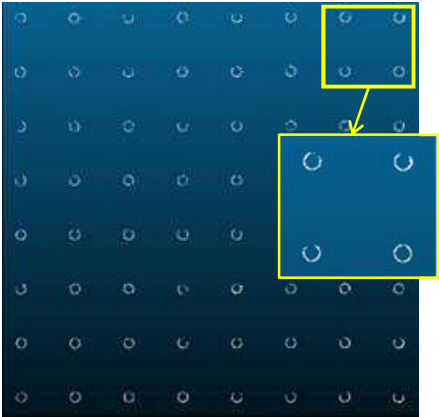


図3 取り出した点群データ

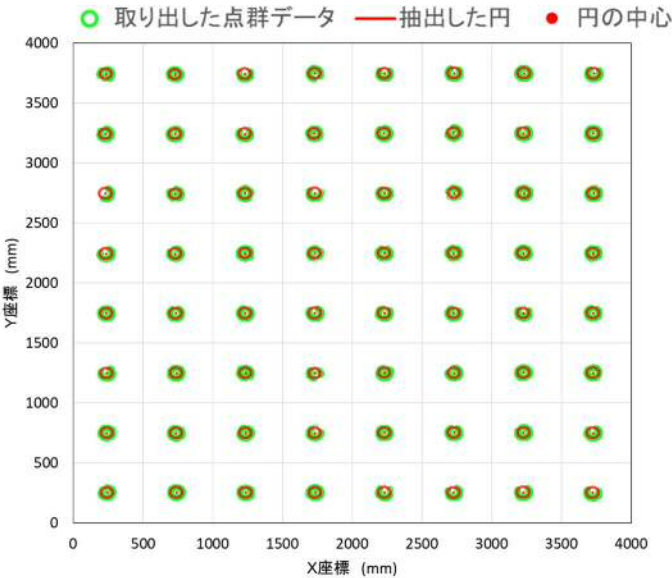


図4 抽出した円および取り出した点群データ

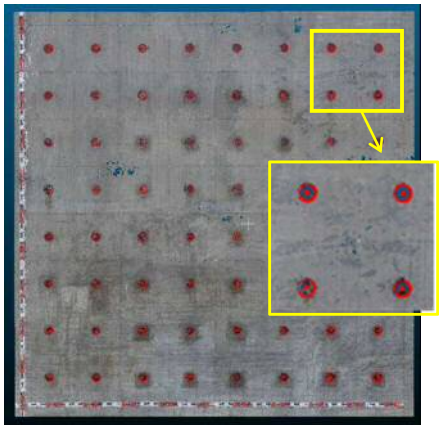


図5 点群データおよび抽出した円

4. おわりに

今回の UAV による撮影試験により、狭隘な空間でも撮影でき、点群データおよび3次元モデルを作成できることがわかった。試行した自動抽出方法についても孔を抽出可能ことが確認できた。ただし、抽出した円の位置精度については、更に向上するように、撮影条件も含め、自動抽出方法を検討したいと考える。

表1 抽出した円の中心位置の設定座標値に対する差異の平均値 (n=64)

X座標（横方向）	Y座標（上下方向）
-12.5mm	-3.0mm