

UAV を活用したコンクリート床版下面墨出し作業の省人化工法

(株)竹中土木 正会員 ○平井 卓
(株)竹中土木 正会員 倉知 星人

1. はじめに

公共工事の主要分野は今後、新設構造物の構築から既設構造物の維持・補修へと推移することが予想される一方で、技能を有する建設業従事者の減少が懸念されている。

維持・補修工事は下地処理や不陸調整など作業工程が非常に多く、足場上での狭所作業となるため非効率になりやすく、工数が増大するといった課題がある。そこで、このような非効率な作業の中での補修工事では共通の工種となる墨出し作業の省人化に着目した。

本稿では無人飛行機 Unmanned Aerial Vehicle(UAV)を活用したコンクリート床版下面の墨出し自動化技術の開発に関して報告する。

2. 対象工事

本開発技術の適用対象は維持・補修工事の中で、実施事例の多いコンクリート床版下面における炭素繊維シート接着工法とした。本工法の一例を図-1 に示す。幅 25 mm の炭素繊維シートを 100 mm 間隔で格子状に貼っていく仕様になっており、炭素繊維シートを正確に貼るためには、非常に多くの墨出しが必要になる。作業環境は吊足場上での狭所かつ上向きのため、工数が膨大に増加し、コストを圧迫する。そのため、自動化による墨出しの省人化を検討した。

3. UAV を用いた自動化機械の仕様

自動化機械の外観と仕様を写真-1、表-1 に示す。

墨出しの目標性能は ± 2 mm (出来形基準 ± 5 mm) とした。一般的な UAV は、ホバリング状態における完全な静止が困難であり、図-1 のように周囲が床版や桁に囲まれた場合は GPS の受信も不可能になり位置制御が困難になる。そこで、UAV の上部にタイヤにより移動できる車体を結合し、ホバリング状態ではなく浮力により車体をコンクリート床版下面に押しつけ安定した状態で墨出しを行う構成とした。また GPS に代わる位置認識方法として、施工箇所は縦横が桁に囲われており、炭素繊維シートはその桁に対して平行に貼る仕様になっているため、UAV の車体部に搭載したレーザー距離計により桁からのオフセット位置を認識させる方法を考案した。墨出し装置には、ロールマーカ (写真-2) を適用し、連続飛行を可能にするため、バッテリー電源ではなく外部電源からの給電方式を採用した。写真-3 の液晶パネルにより離陸、墨出し、着陸までのほぼ全ての操作を行える仕様になっている。

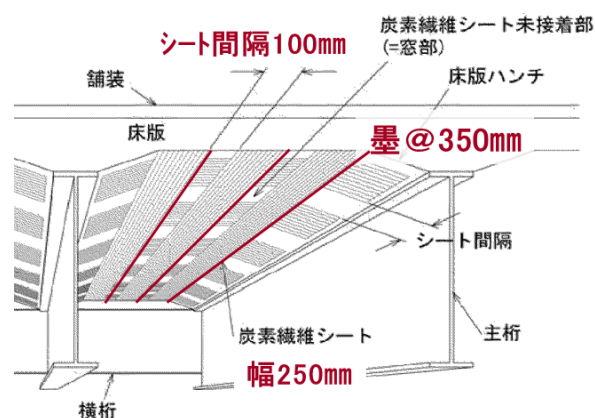


図-1 炭素繊維シート格子貼り接着工法

表-1 自動化機械の仕様

UAV	寸法	1044 × 1044 mm
	重量	3kg
	ケーブル	0.6kg (2.5m)
	ペイロード	10kg
車体	寸法	390 × 390 mm
	重量	3.5kg

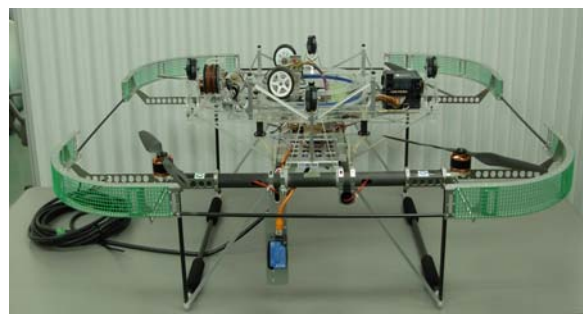


写真-1 自動化機械外観

キーワード UAV, 省力化, 維持・補修工事, 墨出し

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂 1-1-1 (株)竹中土木技術・生産本部 TEL 03-6810-6215

車体は、アンカーを床版下面に押しつけながら車軸を定位置に 90 度回転でき、桁に対して平行または直行方向にタイヤ移動が可能であり、桁から所定のオフセット位置への移動と墨打ちをスムーズに切り替えられる。また、プロペラガード、フレーム等は工具を使用せずに簡易脱着できるようになっている。そして、離着陸の操作を誰でも簡単にできるように、自動化機械のフレーム（持ち手）部分にスイッチを設置し、スイッチを 2 秒間長押しすることによりプロペラが回転、停止するような仕様も備えられている。



写真-2 ロールマーカー



写真-3 操作パネル

4. 墨出し精度確認試験

4. 1 地上での確認（車体のみ）

地上での墨出し精度確認試験の状況を写真-5 に示す。

試験は桁を想定した壁から任意のオフセット距離で墨長 1 m の指示を与えて、墨出しを行った。墨出し後、印字された墨線と壁との距離をコンバックスで計測し、指示したオフセット距離との比較を行った。

精度に大きな影響を及ぼすレーザー距離計と基準面との距離を因子としたが、4mまでの全てのケースで目標性能の $\pm 2 \text{ mm}$ 満足した。

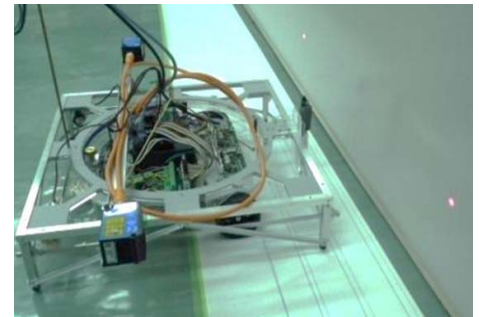


写真-5 試験状況(地上)

4. 2 天井での確認（UAV+車体）

車体のみでの地上での試験で要求性能 $\pm 2 \text{ mm}$ を満足したため、その車体を UAV と結合させ、天井での墨出し精度確認試験を実施した。試験状況を写真-6 に示す。試験内容は車体のみでの地上部と同様に、壁からのオフセット距離を指示し、印字された墨線と指示値の比較を行った。実際に印字された墨を写真-7 に示す。全てのケースで指示値との差は 2 mm 以内に収まり、要求性能を満足する結果となった。



写真-6 試験状況(天井)

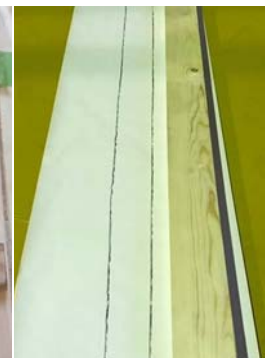


写真-7 結果

4. 3 実現場での確認

実現場にて適用を行った。試験状況を写真-8 に示す。4.2 と同様に現場の割付図から桁からのオフセット距離を指示し、印字された墨線と指示値の比較を行った。実際に印字された墨を写真-7 に示すが、指示値との差は 2 mm 以内に収まり、要求性能を満足する結果となった。省人化の効果は本開発技術を用いることにより、従来までの人力での墨出し作業に比べて、40%程度向上することが確認できた。



5. まとめ

コンクリート床版下面の維持・補修工事の墨出し作業を、人力から UAV を活用した自動化技術に代替可能なことが確認できた。