

ラインガイド方式による無人航空機を活用した構造物点検の検証実験結果の報告

西武建設株式会社 正会員 ○井戸田和也, 二村憲太郎, 川前勝三郎, 栗城友花
 国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ 槌本敬大, 宮内博之
 芝浦工業大学 工学部 電気工学科 長谷川忠大
 一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会 坂口晴一

1. はじめに

近年, 省力化を目的に無人航空機 (以下, ドローン) を活用した点検業務をシステムとして確立できるか課題になっている. ドローンの性能, 撮影精度は飛躍的に向上し, 得られたデータは点検業務に対し支障のない水準になりつつある. しかしながら, 衛星測位システム (以下, GNSS) の使用が困難な場所や, 重要なインフラ等ではドローンの飛行に伴う墜落事故等が懸念されるため, 業務への採用が困難となることが考えられる. そこでひとつの解決策として, ドローンをラインでガイドし, 始点, 終点間をドローンが移動できるよう物理的に制御する点検方法 (以下, ラインガイド方式) を, 国立研究開発法人建築研究所 (茨城県つくば市立原) 内のツーバイフォー6階建て実大実験棟を橋脚等土木構造物と見立て実証実験を実施した. 同実験棟の外観を写真1に示す.

2. 実験概要及び方法

使用した実験棟の立面図及び飛行ルートを図1に, 平面図及び段取り替え順序を図2に示す. ラインガイド方式は, 地平面にウェイトを設置し高欄下部にブラケットを1本設置した. ブラケットは全長 5m で伸縮可能な $\phi 32\text{mm}$ のアルミ円筒製とし, 4m跳ね出し人力で固定した. これによりドローンと外壁との離隔は 4m となる. 地平面からブラケットまでの高さは 14.5m であり, 地平面に設置したウェイトとブラケット間にラインを張り 5kgf のテンションを掛けた. ラインとドローンを接続部分は, ドローンにバンドで専用治具を装着し, 治具にラインを上下に通す構造である. この治具とラインの係留によりドローンの上下以外を制動する. 治具を写真2に, ブラケットの外観及び取り付け状況を写真3及び4に示す. ラインガイド方式の実験は建物の南面を1回, 東面を2回段取り替えし, 点検した. ブラケットの段取り替えは1人で作業した. 通常方式も同様の位置において合計3回実施した. ドローンの外観及び飛行状況を写真5に示す. 使用したドローンはカメラ一体型を採用した. このカメラの画角は, 建物上下方向に2回段取り替えし, 撮影することで東側面全面を撮影できた. パイロットは離着陸から上昇下降を操縦した. GNSS および衝突防止センサは適用しなかった. ドローンの上昇速度は 0.3m/s とし, 2秒間隔で1枚撮影した. 実験当日の風速は 2~3m/s を記録した.



写真1 ツーバイフォー6階建て実大実験棟

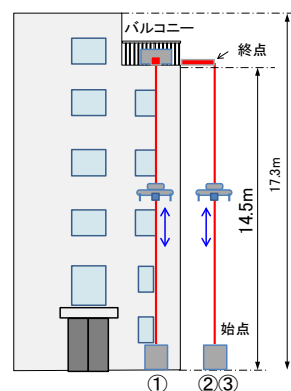


図1 飛行ルート立面図(南面)

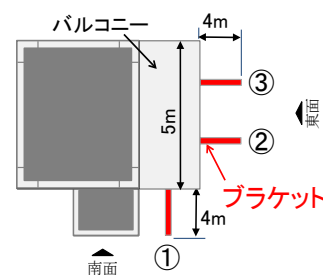


図2 平面図及び段取り替え順序



写真2 専用治具取付状況



写真3 ブラケット外観

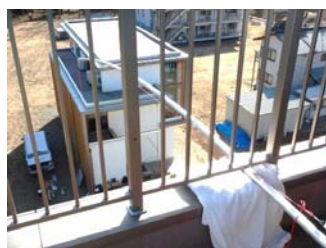


写真4 ブラケット取付状況
(高欄下より跳ね出した棒状の物)



写真5 飛行状況

キーワード 無人航空機, UAV, ドローン, 点検, 安全, ラインガイド方式

連絡先 〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-2 Tel:04-2926-3314 Email:k-itoda@seibu-const.co.jp

3. 実験結果

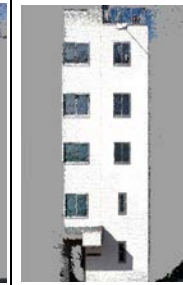
ドローンを使用した通常の点検方法（以下、通常方式）とラインガイド方式を比較した。表 1 に作業内容及び所要時間を示す。準備において、ラインガイド方式は、ドローンへの治具の取り付け及びラインヘテンションを掛ける作業等に時間を要した。飛行に関しては同じ時間であった。段取り替え及び片付け、いずれも通常方式が時間を要しない。ラインガイド方式は通常方式と比較し、準備から片付けまでの合計時間は 3 倍以上要する結果となった。表 2 に建物南面を撮影した写真を合成した画像を正面画像として、飛行軌跡を矢印で示した画像を側面画像として示す。飛行軌跡の矢印は写真に組み込まれている座標を線状に連結し表示した。正面画像を比較すると通常方式は建物正面左側に歪みが認められた。側面画像を比較すると、通常方式は蛇行しているが、ラインガイド方式はほぼ直線状の飛行となった。これはラインガイド方式のドローンは飛行中に前後及び左右方向の揺動を抑制し、壁との離隔を一定に保持したことによると考えられる。一方、通常方式の飛行に前後及び左右方向に生じた揺動は、壁面に対し接近と離脱を繰り返す結果を示す。これは撮影精度に影響を及ぼしている可能性がある。この揺動の主な原因は、風の影響やパイロットの飛行スキルへの依存が大きいと考えられる。ラインガイド方式は、壁との離隔を一定に保ち、壁面への衝突や操縦不能に陥る危険性が軽減される。また、パイロットにヒアリングしたところ、ラインガイド方式は通常方式と比較し、心的ストレスが少なかった。

表 1 作業内容及び所要時間(単位：min)

No	作業内容	所要時間	
		通常方式	ラインガイド方式
1	準備・片付け	10'00"	37'00"
2	飛行（平均）※	2'31"	1'43"
3	段取り替え（平均）	3'00"	11'30"
合計		15'31"	50'13"

※ どちらも GNSS、衝突防止センサ適用せず

表 2 合成画像と飛行軌跡（建物南面）

通常方式		ラインガイド方式	
			
正面画像	側面画像	正面画像	側面画像

4. 検証

4.1 点検精度，安全性，経済性及び作業性による比較

点検精度，安全性，経済性及び作業性を比較項目として比較した。点検精度において，ラインガイド方式は通常方式と比較して飛行安定性が高いため点検精度が向上する。また，点検精度の水準を一定にする効果も期待できる。安全性において，ラインガイド方式は物理的にドローンの飛行を制動することで風の影響や飛行時の誤作動等の要因を低減し，安全性を向上させる。また，同方式はパイロットに掛かる心的ストレスも軽減される。経済性において，ラインガイド方式は治具及びブラケットのコストが加算される。さらに本実験では，建物のバルコニーにおいてブラケットを 1 名で固定したが，橋脚等土木構造物の高所において 1 名で作業することは危険であることから，複数名配置することが考えられる。そのため人件費の増加が考えられる。作業性において，ラインガイド方式は通常方式と比較すると，準備や段取り替え作業が増加する。これは高度のある構造物に採用する場合，ブラケット取り付けに要する作業員の移動が作業性に影響を与えると考えられる。

4.2 総合評価

総合評価を表 3 に示す。この結果，経済性及び作業性に対し，点検精度及び安全性の関係はトレードオフにあることを示す。これは高い精度が要求される場合や重要インフラ等墜落により生じるリスクが高い場合は，ラインガイド方式が優位である。一方，精度や安全性を経済性，作業性が卓越した場合は通常方式が優位となる。

表 3 総合評価

比較項目	通常方式	ラインガイド方式
点検精度	△	○
安全性	△	○
経済性	○	△
作業性	○	△

5. おわりに

ドローンの安全性は，ドローンの性能及びパイロットの技量に依存する側面がある。これは建設業へのドローンの普及を妨げるひとつの要因となっている。本報告では場面に応じてラインガイド方式等ドローンを係留する方式を採用することでドローンの適用範囲を拡大し，活用を促進する可能性を示した。今後，ラインガイド方式において経済性及び作業性を向上するための改良を進める所存である。