

テーマ：超高层住宅におけるドローン・赤外線を活用した外壁調査の試行実施について

所 属：東京都住宅供給公社 住宅営繕部 営繕推進課

1. はじめに

建築基準法第12条の定期調査では、外壁仕上材（タイル、モルタル等）について、おおむね10年に一度、落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分の全面的な打診等を行うこととされている。そのため、公社では外壁計画修繕とは別に定期に、全面打診を実施している。

公社管理住宅の多くは中層・高層住宅（建物高さ15～45m程度）であり、可搬型ゴンドラ等を用いた全面打診を実施している。一方、一部の超高层住宅（建物高さ60～110m程度）においては、可搬型ゴンドラ等の設置が困難な事例が多く、全面打診の実施における技術的な課題があった。

令和4年3月に国土交通省が発出した「建築基準法施行規則の一部を改正する省令等の施行について（技術的助言）」において、赤外線装置を搭載したドローンを外壁調査に活用することが可能である旨が示された。これにより、ゴンドラ等を設置しない定期調査の実施が可能となった。



【可搬型ゴンドラによる全面打診状況】

2. 試行実施について

(1) 目的

関係団体等へのヒアリングによれば、超高层住宅におけるドローン・赤外線を用いた外壁調査の実績は依然として少ない。そのため、今後の実運用に向けて、建物廻りでのドローン飛行の安全性や赤外線等の精度に関する技術的検証を行うことを目的とする。

(2) 概要

対象建物は全面打診対象の超高层住宅で、外壁計画修繕の予定がある住棟より選定した。外壁計画修繕工事の着手に先立ち、ドローン・赤外線による外壁調査を実施することで、打診による調査結果とドローン・赤外線による調査結果を比較・検証した。

(3) 対象建物

都営東雲二丁目第2アパート

所在地	東京都江東区東雲2-7
構造	SRC造（ハーフPC）
規模	地上32階建（建物高さ：約112m）
建設年度	竣工年1996年（築29年）
外部仕上	PC打込タイル （一部現場張りタイル）



【都営東雲二丁目第2アパート 外観写真】

(4) 実施日程

計画・事前調査	令和6年5月	(1か月)
外壁調査 (ドローン・赤外線による調査)	令和6年6月24日～28日	(5日間)
外壁調査 (外壁計画修繕工事)	令和6年8月～令和7年1月	(6か月)
画像解析	令和7年1月～2月	(1か月)
報告書作成・考察	令和7年2月～3月	(1か月)

(5) 実施内容

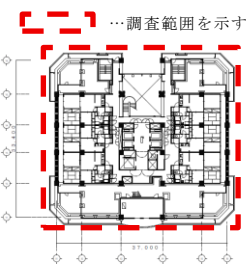
- ・ドローンに搭載したカメラによる赤外線画像・可視画像の撮影
- ・撮影した画像の解析、外壁等不具合箇所の判定及び報告書の作成
- ・ドローン・赤外線による調査結果と計画修繕で実施した打診調査の結果を比較・検証

3. ドローン・赤外線調査について

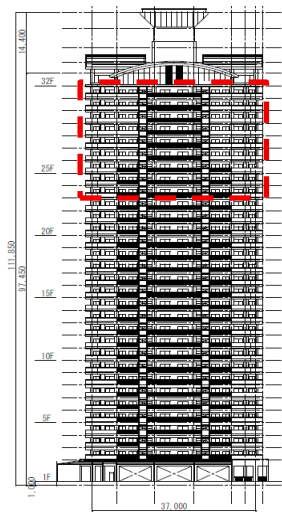
(1) 調査内容・範囲

調査は、「定期報告制度における赤外線調査（無人航空機による赤外線調査を含む）による外壁調査ガイドライン」に基づき実施した。

調査範囲は、日射条件の違いによる影響を確認するため、東・西・南・北の四面とし、高さ方向は各階で概ね同一条件であるため、23～32階を対象とした。



【平面図】



【南側立面図】

(2) 周辺環境への対応

建物の南側には国道、首都高湾岸線、鉄道りんかい線が通り、建物敷地は公開空地として多くの歩行者が通行する。

道路や鉄道などの近傍や第三者の通行が多い箇所におけるドローン飛行は、フライアウェイ（飛行中の制御不能）によって、衝突事故や交通機関の停止などを引き起こす可能性が高いため、安全対策が不可欠である。そのため、今回の施行実施においては、次に挙げる安全対策を図った。

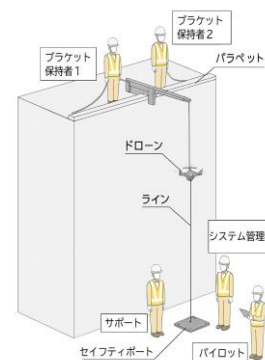


【建物周辺の航空写真】

〈2点係留装置の採用〉

2点係留とは、上下2か所をラインで結び、ドローンをラインで係留して飛行する方法で、これを採用することでドローンのフライアウェイを防止することができる。

この方法は右図のとおり、屋上においてブラケットを保持する必要があるため、屋上に人が立ち入り、作業するスペースが必要となる。当該建物においては、一部で、作業に障害となる屋上ルーバーがあったが、一時撤去が可能であったため、安全な作業が可能と判断し、2点係留装置を採用することとした。



【2点係留のイメージ】

〈誘導員を配置した安全な飛行計画〉

地上部においては、大半が通行人の多い公開空地での作業となるため、第三者事故等の防止のために適切に作業区画を形成し、誘導員を配置した。

〈有資格・経験者によるドローン操作〉

当該調査はドローン飛行高さが100mを超えるため、操作者等は有資格者でかつ超高層建物における実績を考慮し選任した。

(3) 調査方法

〈使用機材〉

使用する赤外線カメラ搭載ドローンは、狭い環境での飛行が可能で、墜落した場合の被害が最小限に抑えられるように小型軽量の機種を選定した。

◆機体スペック

- [機体重量] 約 900[g]
- [機体寸法] 約 340×280×100[mm] (長×幅×高)
- [限界高度] 約 6000[m]
- [飛行時間] 約 45[分]



【ドローン機体の写真】

〈実施体制〉

飛行は2点係留装置を使用し、以下の体制で作業を実施した。

- ・ドローン飛行管理責任者 (1名)
- ・操作者 (1名)
- ・監視人 (1名)
- ・補助者 (1名)
- ・ブラケット保持者兼合図者 (2名)
- ・赤外線調査者 (1名)



【実施体制のイメージ】

〈撮影方法〉

赤外線・可視画像は、建物から4m程度離れたドローンより、ドローン飛行管理責任者がパソコンで映像を確認しながら撮影した。撮影作業は5日間にわたり、建物四面で計96回の飛行・撮影を実施した。

4. 試行実施の検証結果

(1) ドローン飛行の安全性

飛行に先立ち、建物形状や周辺環境を考慮した適切な飛行計画を策定し、これに基づいて実施した結果、飛行中に事故・トラブル等は発生しなかった。

この結果を踏まえ、建物ごとに個別に飛行計画を策定することは必須ではあるが、安全性の各観点から建物廻りでのドローン飛行が可能であると判断することができる。

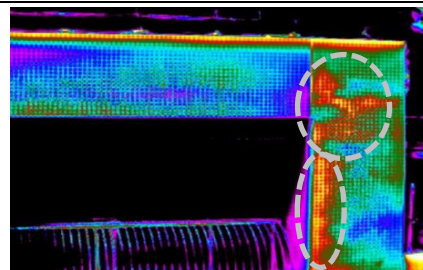
(2) ドローン飛行に係わる関係法令や規制

関係法令である航空法、小型無人機等飛行禁止法、道路交通法、民法、電波法などを対象としたチェックリストを作成し、これを用いて法規制の有無を確認した。さらに、道路管理者や鉄道会社との協議を通じて、当該飛行計画に対する規制の有無を把握した。これらの結果、規制に抵触することなく調査の実施が可能であることが判明した。また、公社が管理する住宅の敷地内でのドローン飛行については、建物の立地条件により一部規制が存在するものの、概ね法的な制約を受けないことが明らかとなった。

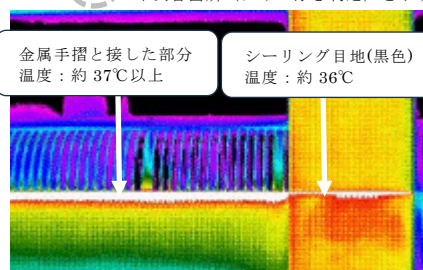
### (3) 赤外線等の精度

#### 〈タイル浮き等の内部不具合〉

赤外線調査と打診結果の比較により、タイルの浮き部分は温度変化によって概ね正確に判定可能であることが確認された。【画像①】一方で、健全な箇所においても温度変化により浮きと誤判定される事例が見られた。【画像②】考えられる要因は2つある。第一に、日射の影響を受けやすい部材による温度上昇が挙げられる。特に、金属部材（手摺や笠木）や黒色系建材（シーリング等）は高温になりやすく、それに接する躯体も高温となることで浮きと判定された可能性がある。第二に、躯体部材の材質や形状による影響が考えられる。鉄骨、鉄筋、PC部材などは蓄熱量が異なるため、躯体内部に温度差が生じ、誤判定につながったと推察される。

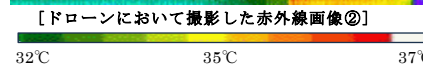


【ドローンにおいて撮影した赤外線画像①】  
○…不具合箇所（タイル浮き判定）を示す



金属手摺と接した部分  
温度：約 37℃以上

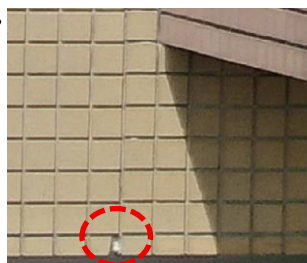
シーリング目地(黒色)  
温度：約 36℃



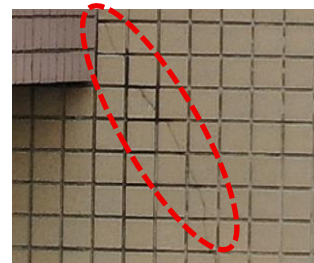
【ドローンにおいて撮影した赤外線画像②】  
32℃ 35℃ 37℃

#### 〈欠損・ひび割れ等の表面上の不具合〉

可視カメラによる撮影画像は、【写真】のとおり鮮明に撮影されており、欠損やひび割れ等の不具合箇所を確認することができた。また、現地目視確認との比較により概ね正確に判定されていることが確認された。



【可視カメラ画像：欠損部】



【可視カメラ画像：ひび割れ部】

○…不具合箇所を示す

#### 〈建物の方位や日射量の違いによる影響〉

赤外線調査は部材間の温度差を利用する手法であるため、日射量が調査精度に大きく影響する。特に北面では日射量が極端に少なく、調査精度の確保が課題となっていた。今回の調査では、北面にタイルの浮きが確認されなかったことから、検証に必要なデータが得られず、今後の課題として残された。一方、東・西・南面では十分な日射が得られたため、日射量を要因とする誤判定は確認されなかった。

#### 〈赤外線等の精度まとめ〉

欠損・ひび割れなどの表面上の不具合は可視画像により概ね正確に判定することが可能である。一方でタイル浮きなどの内部的な不具合については、赤外線画像のみでの判定は課題が多い。そのため、判定には部材の性質、環境条件及び可視画像の情報等を考慮したうえでの検証が必要と考えられる。また、その精度を上げるためには、現地での打診や目視などの追加調査を実施することが必要である。この赤外線画像の判定には、知識や経験が必要とされ、その精度向上が今後の課題として挙げられる。

## 5. 今後の展望

今回の試行実施の結果を踏まえ、条件が整えばドローン・赤外線における安全で効率的な外壁調査は可能だ。また、赤外線等の精度について課題は残るものの、全面打診に代わる調査手法として実運用可能と判断できる。

この検証結果を踏まえ、今後は実施条件等を整理して実運用を始める予定だ。一方で、残る課題については、今後も検証を継続する。また業界の動向にも注視しながら課題解決に取り組みたい。