

道路橋の震後点検における UAV 撮影画像の活用に向けた基礎的検討

(国研) 土木研究所 正会員 ○小林 巧 正会員 菅原 達也
非会員 林 祐葵 正会員 大住 道生

1. はじめに

地震発生後には早急な道路啓開のため、道路橋の被害を迅速かつ的確に把握し、橋の供用安全性について確認する必要がある。しかし、現行の緊急点検はパトロールカーからの目視及び、徒歩移動による近接目視が基本であり点検に時間を要する。そこで本研究では移動能力に長けた UAV を道路橋の震後点検に活用するための基礎的検討として、被写体からの撮影距離と把握できる見込みのある変状との関係を調査した。

2. 道路橋の震後点検で収集したい変状

現行の道路橋の震後点検では、落橋の有無や、橋面から走行性に影響のある損傷の有無（段差等）、上下部構造の異常（ずれ、沈下等）等が車上から確認される。膨大な数の道路橋に対する緊急点検を限られた時間で行うため、点検項目を絞り、人力でスクリーニングを実施していることが実情であろう。

しかし供用安全性等の診断に資する情報を点検で収集するためには、本来、全部材の変状の有無と、エネルギー吸収部材の塑性化程度の情報収集が望まれる。移動能力に長けた UAV の活用により、点検の迅速化に貢献できる可能性がある。

そこで、UAV 撮影画像からあらゆる変状を認知するための基礎的検討を行った。図-1 に被災事例と画像上の情報分類例を示す。あらゆる変状の2次元画像上の幾何学的特徴を同図の4種類の情報に集約し分類した。どの撮影距離からどのような変状が、画像から視認できる見込みがあるかを検討する。

3. 実験概要

図-2 に実験概要を、図-3 に撮影対象を示す。使用した機種は Skydio2+（センササイズ：1/2.3 型、35mm 換算の焦点距離：20mm、画角：94°、画素数：4,056×3,040）と、Phantom4 Pro（センササイズ：1 型、35mm 換算の焦点距離：24mm、画角：84°、画素数：5,472×3,648）の2種類である。地震時には橋脚基部や支承部が損傷しやすいため、位置 A～C の3箇所を選定し撮影対象を設置した。表-1 に撮影対象位置での Lux 値を示す。撮影条件として位置ごとに Lux 値が異なる。また、両機種で撮影日も異なる。3箇所に設置した撮影対象を、距離を変えながら画像撮影を行った。距離は 0.76, 1.0, 1.2, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.4, 10.0, 11.8, 15.0, 20.0m の12段階を基本とし、UAV の性能により接近できない場合は撮影を行わなかった。

撮影対象は亀裂等を模擬したパネル（左上、右上）¹⁾、変形



図-1 被災事例と画像上の情報分類例

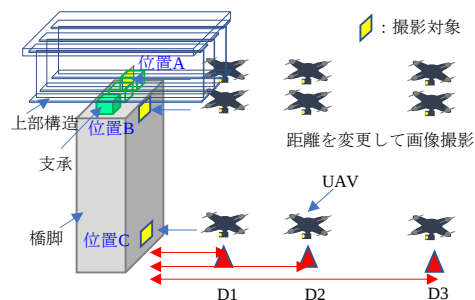


図-2 実験概要

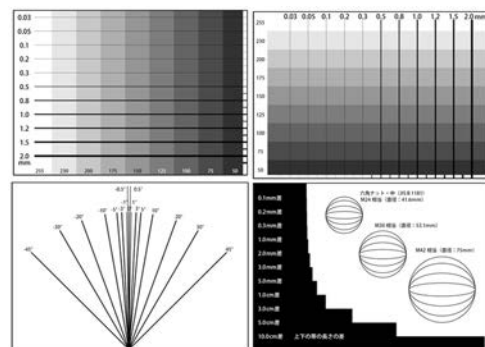


図-3 撮影対象

キーワード 道路橋、震後点検、UAV、撮影距離、画像

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6

国立研究開発法人 土木研究所 TEL029-879-6773

角を模擬したパネル（左下）、変形量及び、六角ナットの大きさを模擬したパネル（右下）を作成した。亀裂等を模擬したパネルは輝度差が視認性に与える影響を確認するために RGB を次第に変化させ、輝度差を次第に小さくし（RGB：255→50）、背景に濃淡を付けた。六角ナットの大きさは、支承部のアンカーボルトのナットとして多く使用される寸法として、M24、M30、M42 相当の 3 種類を記載した。ナットは支承部の部材の中で比較的小さい部材であり、多くの支承に同じ大きさの規格品が使用される。ナットがナットとして視認できれば支承を構成する他部材も視認できると考えた。

分析では、撮影距離を変えて撮影した画像を、ディスプレイ画面上で拡大し、どこまで視認できるかを整理した。

4. 撮影距離と把握できる見込みのある変状

図-4 及び図-5 に、撮影距離と識別可能な線の幅の関係を示す。凡例の数字は RGB 値である。データは左上のパネルのデータのみを使用した。識別可能な線の幅は、機体に搭載されたカメラの性能と輝度差に大きく依存し、一方、Lux 値の影響は小さい。一般論として「撮影距離 3m から 0.2mm のひび割れ幅が視認可能」と言われるが、カメラの性能や輝度差に大きく依存するため、一概には言えないことがわかった。

図-6 に撮影距離と識別可能な変形角の関係を示す。機器差はあるが、変形角は僅かな場合でもそれを検知したい。例えば鋼部材では、僅かな残留変形でも降伏以上の損傷であるため、僅かな変形角でも視認できる撮影条件が理想と言えよう。

図-7 に撮影距離と識別可能な変形量の関係を示す。変形量については他の点検指標と比べ機器差が少ない傾向がある。他方、六角ナットは、撮影距離が離れるにつれて線がぼやけて見えなくなるが、その領域は把握できるため、20m 以内の撮影条件では M24（直径 41.6mm）が認識出来なくなることは無いと推測される。

以上の検討により、点検指標と撮影距離の性能曲線が示せた。例えば対象から 10m の撮影距離では、2mm 以上（RGB：125）の亀裂幅、5° 以上の変形角、10mm 以上の変形量が把握できる見込みがある。今後は実物の変状を対象に同様の検討を行い、本研究で得られた知見との関係を示す。

5. まとめ

道路橋の震後点検に UAV 撮影画像を活用するために、撮影距離と各種変状の認知可能性に関する検討を行った。その結果、どの距離からどんな変状がどの程度把握できる見込みがあるか、画像撮影技術の性能曲線例が示せた。

参考文献 1) 大本・松田：土木構造・材料論文集，第 35 号，2019.

表-1 撮影対象位置での平均 Lux 値

機種	Skydio2+	Phantom4 pro
位置 A	1,305 Lux	375 Lux
位置 B	2,040 Lux	1,450 Lux
位置 C	3,340 Lux	2,600 Lux

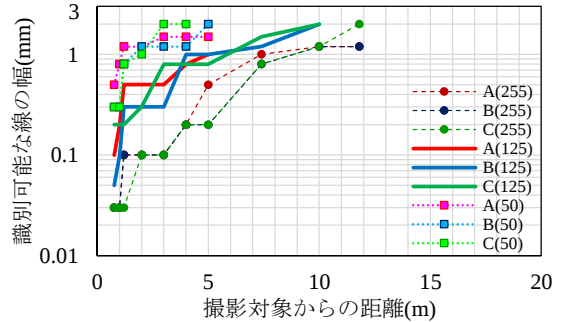


図-4 撮影距離と識別可能な線の幅の関係 (Skydio2+)

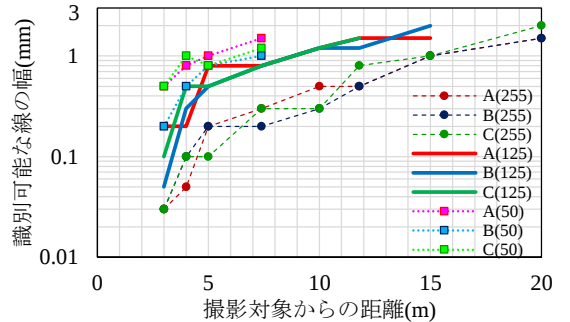


図-5 撮影距離と識別可能な線の幅の関係 (Phantom4 pro)

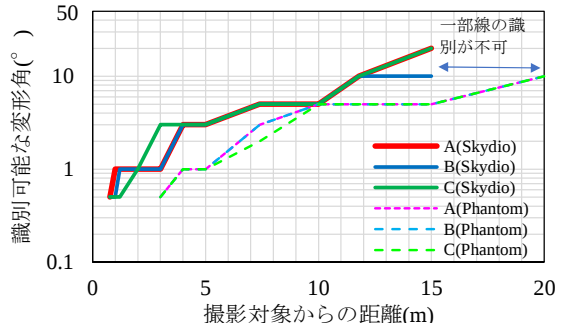


図-6 撮影距離と識別可能な変形角の関係

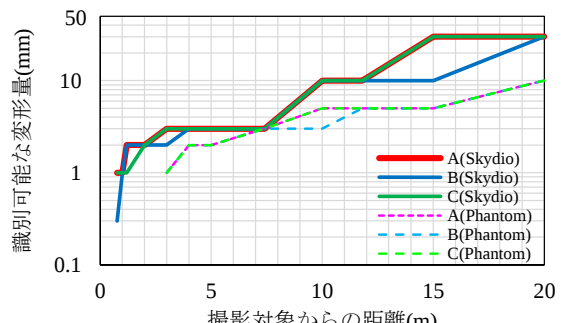


図-7 撮影距離と識別可能な変形量の関係