

ドローンを活用した道路舗装の健全性診断 —国営かんがい排水事業「恵庭北島地区」—

札幌開発建設部 札幌南農業事務所 第2工事課 ○土田 将人
山本 裕介
北王コンサルタント株式会社 札幌支社 中辻 至

国営かんがい排水事業「恵庭北島地区」では、農地の湛水被害を解消し、農作物の安定生産を図るため、排水施設の整備を実施している。道路に隣接する排水路改修工事においては、排水断面拡大に伴う地下水位の低下、工事車両の通行、重機の配置等の影響により、一部において道路舗装の損傷が見られる。

本報では、道路舗装の補修を設計するにあたり、ドローンを活用した健全性診断を試行したので、その有効性について報告する。

キーワード：ドローン、舗装、農業、排水路

1. はじめに

近年ドローン（UAV：Unmanned Aerial Vehicle 無人航空機）による画像撮影の技術は、橋梁、ダム、建築物の外壁調査等の保守点検や災害時の緊急対応等に活用されており、その適用の可能性は多岐に渡っている。

国営かんがい排水事業「恵庭北島地区」において工事用道路として一時占用した市道では、工事車両の通行や重機の配置等の影響により一部において道路舗装の破損が見られる。本報では、道路復旧工の実施設計を行うにあたりドローンを活用した健全性診断を試行したので、その有効性について報告する。

2. 概要

国営かんがい排水事業「恵庭北島地区」は、北海道恵庭市に位置する1,635haの農地の湛水被害の解消を図るため、排水機場及び排水路の整備を行うもので、農業生産性の向上や農業経営の安定に資するものである（図-1）。



図-1 地区位置図

今回、ドローンを活用した健全性診断を試行した対象道路は、西6線幹線排水路に並走する市道西6線であり、排水路改修工事に伴い工事車両の通行や重機の配置のため一時占用し利用した。また、西6線幹線排水路の改修工事は、排水能力を向上させるため、排水路断面を拡大するとともに、床下げする工事であった。そのため、地下水位低下に伴う軟弱粘性土の圧密沈下等による周辺地盤の沈下も路面の損傷に影響している可能性がある。

市道西6線は、昭和49年から昭和57年にかけて整備された車道幅員5.5mの道路である。路盤構成は、細粒度アスコン3cm、アス安定処理5cm、下層路盤40cm、凍上抑制層30cmの層厚78cmである。北広島市とのアクセス道路として利用されている市道南9号線と接続していることから、交通量は他の周辺市道と比較すると多い。

西6線幹線排水路の工事期間は、平成29年度から31年度の3カ年であり、そのうち健全性診断の試行を行った区間は、市道南14号線交点から市道南9号線交点までの約2,800mである（図-2）。

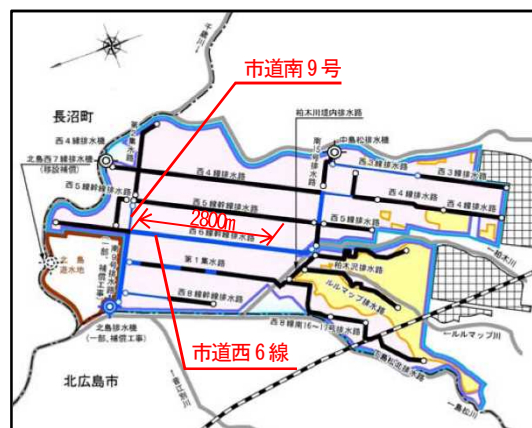


図-2 地区概要図

表-1 管理基準

区分	ひび割れ率	わだち掘れ量	IRI
I 健全	20%未満程度	20mm 未満程度	3mm/m 未満程度
II 表層機能保持段階	20%以上程度	20mm 以上程度	3mm/m 以上程度
III 修繕段階	40%以上程度	40mm 以上程度	8mm/m 以上程度

表-2 診断区分

区分	状態
I 健全	損傷レベル小:管理基準に照らし、劣化の程度が小さく、舗装表面が健全な状態である。
II 表層機能保持段階	損傷レベル中:管理基準に照らし、劣化の程度が中程度である。
III 修繕段階	損傷レベル大:管理基準に照らし、それを超過している又は早期の超過が予測される状態である。
	(III-1 表層等修繕) 表層の供用年数が使用目標年数を超える場合(路盤以下の層が健全であると想定される場合)
	(III-2 路盤打換等) 表層の供用年数が使用目標年数未満である場合(路盤以下の層が損傷していると想定される場合)

3. 健全性診断方針

健全性診断は、国土交通省で策定された舗装の長寿命化・ライフサイクルコスト(LCC)の削減など効率的な修繕の実施にあたり点検に関する基本的な事項を示した「舗装点検要領(平成29年)」¹⁾(以下、「要領」と言う。)に準拠して行った。

点検では、舗装路面のひび割れ率・わだち掘れ量・IRI(平坦性)の3要素について調査を行い、管理基準に照らし舗装の健全性診断を行う(表-1)。なお、診断はひび割れ率・わだち掘れ量・IRIのいずれかの管理基準のうち、最も損傷レベルの大きいものを当該区間の舗装診断区分として採用する(表-2)。また、評価延長は局所的な損傷も抽出できるよう、最低単位を10mとして行った。

4. 調査方法

大型車交通量が少ない市町村道の場合、「要領」では点検手法として、「目視を基本としつつ、道路の状況(交通状況や歩道の有無等)により車上及び徒歩による目視が困難な場合は機器を用いた点検などを図ること」との記載がある。

市道西6線に関しては、交通量が非常に多いわけではなく、又、歩道を有する道路であることから、目視による点検を行うこととし、ひび割れ率・わだち掘れ量・IRIの目視による判断基準は、「要領」に記載がある判定用写真を基本に行った(図-3)。ただし、試行を行った当区間のひび割れ率は、他の2つの基準と比較すると舗装の構造的健全度との関連性が高かったことから、判定用写真で判断しにくい箇所は、スケッチによる調査方法で判断した。



図-3 判定用写真の例(ひび割れ率診断区分III)

(1) スケッチによるひび割れ率調査方法

調査は、「舗装調査 試験法便覧(日本道路協会発行)」²⁾によるスケッチによるひび割れ率算定方法を参考に以下の手順で行うこととした。

- ①路面上に0.5mごとのます枠を設置し、センターライン側レーンマークの内側から路肩側レーンマークの内側まで各ます目のひび割れ状況を撮影記録する。
- ②線状のひび割れが1本だけあるます目(ひび割れ面積は、ます目面積の60%とカウント)と、線状のひび割れが2本以上あるます目(同100%)に分けて、それぞれのます目の数を数える。
- ③パッチングがある場合、ます目に占める面積を求め、ます目面積に対し25%未満(同0%)、25%以上75%未満(同50%)、75%以上(同100%)の3種類に分けて、それぞれのます目の数を数える。
- ④各ます目のひび割れ面積を算出する。
- ⑤ひび割れ率を下式より算出する。

$$\text{ひび割れ率(\%)} = \frac{\text{ひび割れ面積(m}^2\text{)}}{\text{調査対象区画面積(m}^2\text{)}} \times 100$$

(2) ドローンの活用

延長が長い舗装路面のひび割れ測定を写真撮影により実施する場合、路面性状測定車による測定が一般的である。しかし、路面性状測定車の多くは、舗装業者が保有しているが、北海道内には常駐されておらず、道内で利用するには工期や費用で問題があった。

そのため、民間施設の舗装道路の路面性状調査では、前項で示した調査手順のうち①の撮影をドローンで行った事例があったことから、健全性診断の活用が可能か試行した。

これまで上空からの写真は航空機で行うことが一般的であったが、カメラを搭載したドローンで低空飛行(地上30m)をさせることにより、手軽に高解像度な写真の撮影が可能となった。

次頁上段の写真は、小型ジンバルカメラを使用した人力による撮影写真(図-4)とドローンによる撮影写真(図-5)である。

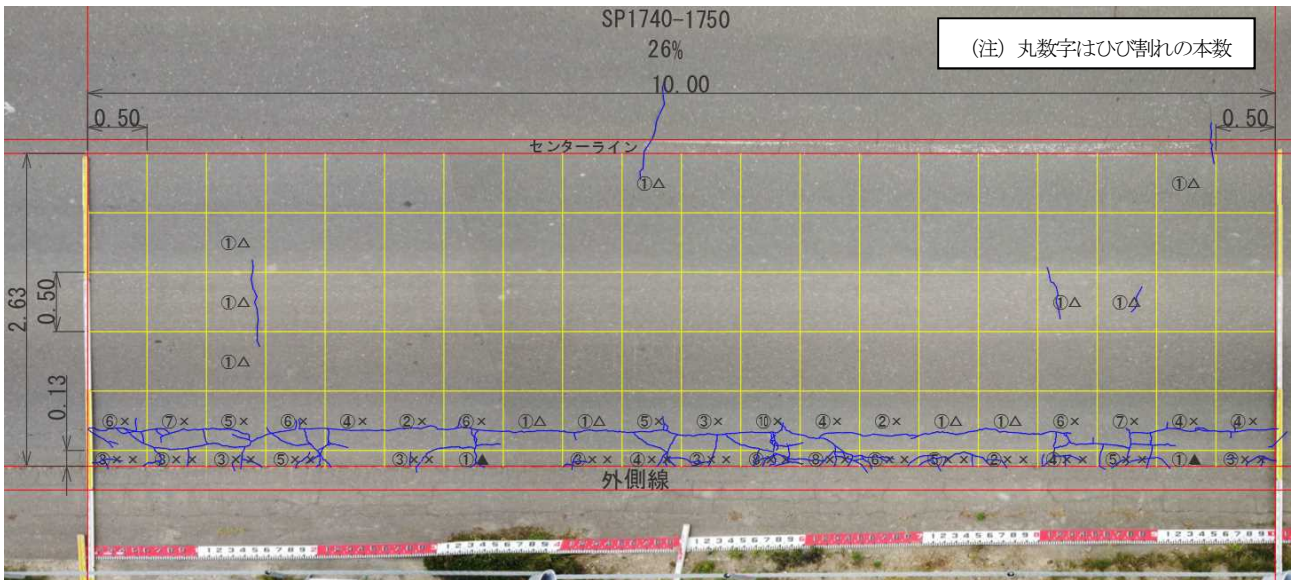


図-4 小型ジンバルカメラを使用した人力による撮影写真（地上約7m）

※ジンバルカメラ：「スムーズな映像を撮るための回転台付きグリップ」をジンバルといい、カメラに設置することにより撮影者が動いてもカメラを一定の向きに保つことが可能となり、揺れや傾きを軽減することができる。

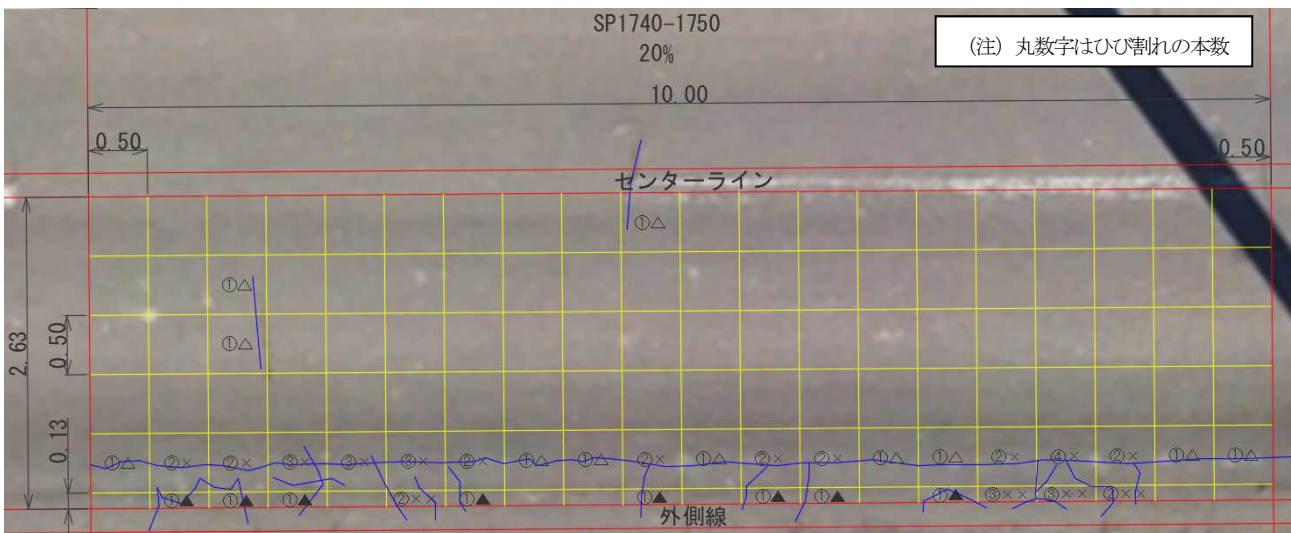


図-5 ドローンによる撮影写真（地上約30m）

表-3 ひび割れ面積算出表
(ジンバルカメラ撮影写真による解析)

ひび 1本	△	ます枠 0.5m×0.5m : ひび割れ面積 0.15 m ²	11ヶ所 : 1.65 m ²
	▲	ます枠 0.5m×0.13m : ひび割れ面積 0.039 m ²	2ヶ所 : 0.078 m ²
ひび 2本 以上	×	ます枠 0.5m×0.5m : ひび割れ面積 0.25 m ²	16ヶ所 : 4.0 m ²
	×	ます枠 0.5m×0.13m : ひび割れ面積 0.065 m ²	16ヶ所 : 1.04 m ²

$$\begin{aligned} \text{ひび割れ率(\%)} &= \frac{\text{ひび割れ面積(m}^2\text{)}}{\text{調査対象区画面積(m}^2\text{)}} \times 100 \\ &= \frac{1.65+0.078+4.0+1.04}{10 \times 2.63} \times 100 \\ &\approx 26\% \rightarrow \text{診断区分II} \end{aligned}$$

表-4 ひび割れ面積算出表
(ドローン撮影写真による解析)

ひび 1本	△	ます枠 0.5m×0.5m : ひび割れ面積 0.15 m ²	11ヶ所 : 1.65 m ²
	▲	ます枠 0.5m×0.13m : ひび割れ面積 0.039 m ²	8ヶ所 : 0.312 m ²
ひび 2本 以上	×	ます枠 0.5m×0.5m : ひび割れ面積 0.25 m ²	12ヶ所 : 3.0 m ²
	×	ます枠 0.5m×0.13m : ひび割れ面積 0.065 m ²	4ヶ所 : 0.26 m ²

$$\begin{aligned} \text{ひび割れ率(\%)} &= \frac{\text{ひび割れ面積(m}^2\text{)}}{\text{調査対象区画面積(m}^2\text{)}} \times 100 \\ &= \frac{1.65+0.312+3.0+0.26}{10 \times 2.63} \times 100 \\ &\approx 20\% \rightarrow \text{診断区分II} \end{aligned}$$

表-5 ひび割れ率比較表

ひび割れ本数	ひび割れ率	マス目数 (計 120)		
		ひび割れ 1本	ひび割れ 2本以上	ひび割れ 無し
ジンバルカメラ撮影写真	26%	13マス	32マス	75マス
ドローン撮影写真	20%	19マス	16マス	85マス

5. 調査結果

ジンバルカメラ撮影写真によるひび割れ率と、ドローン撮影写真によるひび割れ率の調査結果並びに比較結果は、(表-3) (表-4) (表-5)のとおりである。

6. 課題

これまでのジンバルカメラ等を使用した人力による撮影(図-6)と比較すると、ドローンによる撮影(図-7)は、現地における調査作業の大幅な省力化が可能となる。今回のドローンによる撮影は、標定点の設置も含め2人工で半日程度で終了したが、人力で撮影する場合、3人工で4日程度必要となる。また、ドローンによる撮影は、作業者の安全性が向上することも大きな利点といえる。

但し、本報での撮影機材・方法では、ジンバルカメラ撮影写真と比較すると、小さいひび割れ幅の認識度は劣っており、健全度区分ⅠとⅡまたはⅡとⅢを判定する上で判断が難しい路面の場合、現地での詳細調査が必要となる。

又、道路脇の樹木の影や交通車両が路面に映りひび割れの判別が困難なエリアや、土がひびに入り込みひび割れの認識が難しいエリアも見受けられ、更なる視認精度の向上対策が必要である。

視認精度の向上策としては以下の4点が考えられる。

- ①より高解像度の撮影が可能なデジタルカメラを利用することで、ひび割れ幅が小さいひび等の確認を可能とする。
- ②航空法第132条の2第3号の規定で、「ドローンと人又は物件(自動車等)とは一定の距離(30m)を保って飛行させる」旨の記載がある。そのため、30mより近く撮影することができる様、航空法の許可承認を受けた上で、一時的に道路を通行止めとし、より近い距離から舗装の撮影を行う。
- ③日照方向や通行車両を意識し、必要に応じて時間をずらして撮影を行う。
- ④路面の汚れがひどい場合、清掃後に撮影を行う。



図-6 ジンバルカメラを使用した人力による撮影

- 1人目：スケール設置、撮影中に車が来た場合の対応
- 2人目：カメラ撮影(タブレット画面を見ながら調整して撮影)
- 3人目：カメラ持ち(スタッフの先端に取り付けたカメラを持ったまま脚立に乗ってカメラ位置を調整)



図-7 ドローンによる撮影



図-8 地上レーザースキャナ(今回は使用せず)

7. おわりに

本報での撮影機材・方法では、ドローン単体で舗装のひび割れ率の算定を正確に行うには厳しい条件であったが、健全度をⅠ、Ⅱ、Ⅲの3区分に判定することは概ね可能であったことから、地上での現地調査の補完としての役割は充分であった。また、撮影した航空写真は関係者との協議説明資料として用いることもでき、今後の管理資料としての利便性も高い。

路面調査の3要素のうち、わだち掘れやIRI調査については、ドローンによる空中写真を用いる測量と計測対象物の3次元座標データを短時間に取得することが可能な地上レーザースキャナ測量(図-8)を組み合わせることで対応は可能である。

近年、路面性状測定車を利用しない安価な舗装調査方法として、乗用車に高精度GPS計測機を搭載した簡易路面性状調査車が開発され実用化を図っているところであるが、俯瞰的に道路全体を把握できる利点があるドローンによるひび割れ調査の精度が更に上がれば、今後、舗装の健全性診断方法の1つの選択肢としてドローン及び地上レーザースキャナを活用することは可能と考える。

参考文献

- 1) 舗装点検要領(国土交通省道路局国道・防災課)
- 2) 舗装調査 試験法便覧(日本道路協会発行)