

(15) 点検支援システムを活用した道路土工構造物 点検の効率化及び高度化

原田 紹臣¹・岩崎 貴志²・川島 康史³・酒匂 一成⁴・松井 保⁵

¹正会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 (〒552-0007 大阪市港区弁天1丁目2番1-1000号)

E-mail: harada@mccnet.co.jp

²非会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 (〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番1号)

E-mail: iwasaki-takashi@mccnet.co.jp

³非会員 JIPテクノサイエンス株式会社 (〒532-0011 大阪市淀川区西中島2-12-11)

E-mail: yasushi_kawashima@cm.jip-ts.co.jp

⁴正会員 鹿児島大学大学院 理工学研究科 (〒890-0065 鹿児島県鹿児島市群元1-21-40)

E-mail: sako@oce.kagoshima-u.ac.jp

⁵正会員 大阪大学名誉教授 (〒541-0043 大阪市中央区高麗橋4-5-13)

E-mail: t-matsui@csi.or.jp

近年、道路土工構造物技術基準に位置づけられた道路土工構造物（例えば、切土・斜面安定施設や盛土）を対象に、防災上及び効率的な維持修繕の観点から、適切な維持修繕の時期等について把握することとなった。そこで、これまでの道路防災総点検やカルテ点検とは別に、新たに点検（道路土工構造物点検）が義務づけられた。一方、建設業界におけるIT技術を活用した点検作業の効率化や、人工知能（AI）化に向けたデータの蓄積等が望まれている。本稿では、これらの背景を踏まえた今後の円滑な道路管理に向けて、道路管理者や点検技術者等を対象に、道路土工構造物点検の効率化を目的として開発した点検支援システムの内容について示すとともに、健全度評価時における高度化に向けた活用事例を示す。

Key Words: Artificial Intelligence; AI, database, road maintenance, system

1. はじめに

近年、地球温暖化等の影響を受けた集中豪雨等に伴って、道路土工構造物等を中心に多くの変状が報告されている。なお、道路土工構造物は「道路土工構造物技術基準」において位置づけられており、道路を建設するために構築する土砂や岩石等の地盤材料を主材料として構成される構造物及びそれらに附帯する構造物の総称を示し、切土・斜面安定施設、盛土、カルバート等が対象となっている。これまで、道路土工構造物に関する点検に関して、自然斜面等も含めた全国的な道路防災総点検等が実施されてきており、道路利用者や第三者被害の防止など、安全確保が図られてきている。しかしながら、従来の取組みとは別に、降雨や地震などの自然災害の影響を大きく受ける道路土工構造物について、防災上及び効率的な維持修繕の観点から適切な時期を把握して適切な対策を施すため、新たに、道路土工構造物点検の実施が義務づ

けられた¹⁾。

その際、道路土工構造物点検を効果的に実施するため、既存の取組みによって得られた情報について、構造物の位置や諸元の把握を目的に、情報データベース化等による整理が望まれている。また、道路土工構造物の状況は、その構造形式、使用されている材料、交通の状況、道路土工構造物の存する地域の地形、地質、気象及び供用年数その他の条件によって多種多様である。このため、実際の点検にあたっては、個々の道路土工構造物の諸条件を考慮して、点検の目的が達成されるよう、個別に合理的な方法で行うことが望まれている。さらに、道路土工構造物についての損傷メカニズムの解明に向けた研究進展のための変状事例の蓄積や、点検方法に関する新技術開発等を考慮した、点検時の合理化が望まれている。

本稿では、新たに示された道路土工構造物点検¹⁾における効率化を図るために開発した「道路土工構造物点検支援システム」の内容及びその活用事例について示す。

2. 提案する点検支援システムの概要

今回提案する道路土工構造物点検支援システムは、主に3つの機能を有しており、点検様式自動作成機能、点検結果入力支援機能、及び、データベース機能を有している。なお、及びの機能は、主に点検者の支援（効率化）であり、は施設管理者の支援及び次回点検時における点検者の支援（効率化）を目的としている。以降に、これらの機能の特徴に関する概要を示す。

(1) 点検様式自動作成機能

点検に際して、各点検区域における点検表記録様式（以降、点検様式）を、それぞれ作成しておく必要がある。その際、これらの点検様式については電子化（汎用表計算アプリケーションソフト、Office Excel 等で作成された点検様式データ）されており、様式データファイルを個別に作成して保存・管理するとともに、各基本諸元情報をこれらのデータに適宜入力していく必要がある。ただし、これらの基本諸元の入力項目は非常に多いため、多大な労力を要するとともに（例えば、一枚の様式で50以上の入力項目）、各点検区域間で共通する基本諸元（例えば、管理者名、路線名）や各様式間で共通する基本諸元（例えば、点検区域名、点検者）等の、多くの重複した入力作業を要するため、これらの簡素化や効率化が望まれる。

そこで、本点検支援システムでは、基本諸元入力作業用として出力した一覧表データに基本情報を一括入力し、その後システムに本データを反映させることにより、これらの一覧表に記載された点検区域毎の点検様式を自動的に一括作成することが可能である（図-1 参照）。なお、これらの自動処理等により、点検様式の自動作成による効率化（例えば、作業時間が約5分の1未満）が図れるとともに、人為的エラー（例えば、入力エラー）の

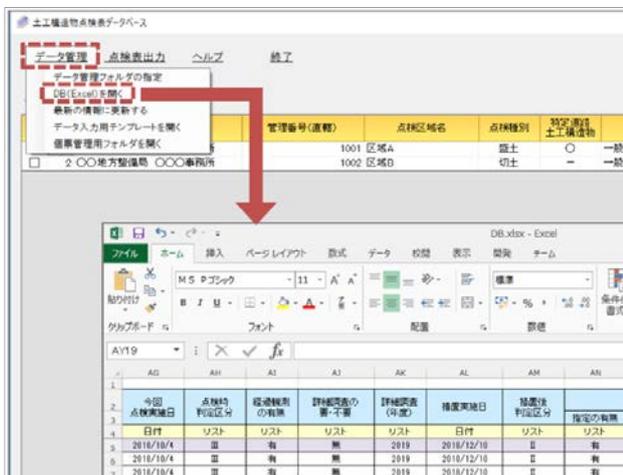


図-1 基本諸元入力作業用一覧表の出力例

低減が可能となり、点検成果の品質確保に寄与することが期待できる。

(2) 点検結果入力支援機能

点検者は、点検マニュアル¹⁾等に準拠して、現地における点検により、変状発生有無の確認や現地状況の写真撮影により、その後、机上にて様式データを作成する必要がある。その際、本点検支援システムでは、これらのデジタルカメラで撮影された写真の自動処理（例えば、写真データの大きさ調整、圧縮処理）や様式データへの添付作業支援（例えば、マウスでのファイル移動による自動処理）機能を有しており、これらの作業における効率化を図ることが可能である。また、構成施設の記載や点検記録（例えば、変状の有無、変状の種類）、その後の措置内容等に関する文字情報入力に関しては、定式化（例えば、事前に用意された項目からの選択方式による自動文字入力化）による作業の簡素化が可能である。さ



図-2 点検結果（状況写真、コメント等）入力例

構成施設の点検			
点検時に記録	構成施設	変状の有無	変状の種類
主な構成施設			
盛土	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
切土	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
のり面保護施設	〇〇・モル吹付、石・ブロック積のり付	<input type="checkbox"/>	
	グラウンドアンカー等	<input type="checkbox"/>	
	植生工	<input type="checkbox"/>	
斜面安定施設	落石防護構等	<input type="checkbox"/>	
カサバート	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
擁壁	Co擁壁	<input type="checkbox"/>	
	ブロック積、井桁組 等	<input checked="" type="checkbox"/>	目地の開き 割
	補強土壁	<input type="checkbox"/>	
排水施設	のり面排水、暗渠排水	<input checked="" type="checkbox"/>	閉塞、閉閉 雨
その他	路面	<input type="checkbox"/>	
	自然斜面	<input type="checkbox"/>	

図-3 点検結果（構成施設、変状等）入力例

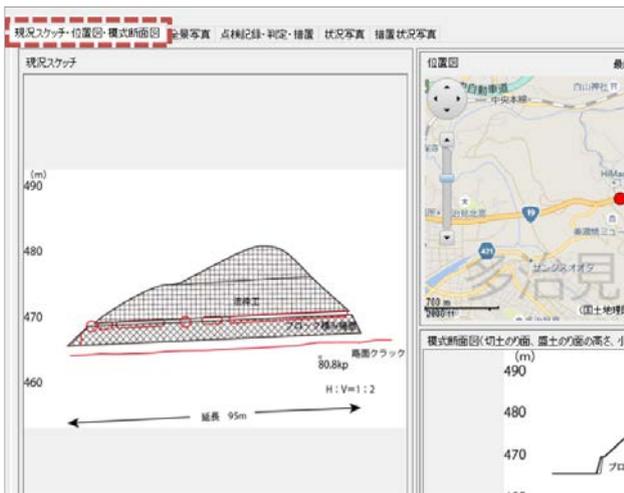


図-4 点検結果（現況スケッチ，位置図等）入力例

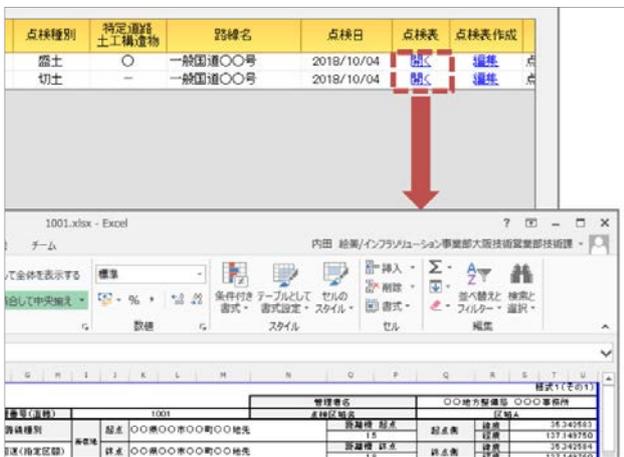


図-5 点検結果の出力及び閲覧の事例

らに，国土地理院等において公開されている位置図を活用した自動位置図作成機能等の支援機能を有しており，作業の効率化が図れる（図-2，-3，-4 参照）。

(3) データベース機能

これまでの点検支援システムにおける点検結果入力支援機能等を活用した点検様式の作成により，各路線や地域毎における点検結果の一元管理（データベース化）が可能となるとともに，必要に応じて，点検表の自動出力や閲覧が可能となり，点検後における運用時の効率化も期待される（図-5 参照）。

なお，今後の点検支援システム拡張として，近年のタブレット PC との連携による現地点検時における効率化²⁾（図-6 参照）や，今後，既往点検結果の分析による健全度評価手法の高度化³⁾等による点検時における更なる効率化が可能である。

以降に，健全度評価時の合理化に関する提案を示す。

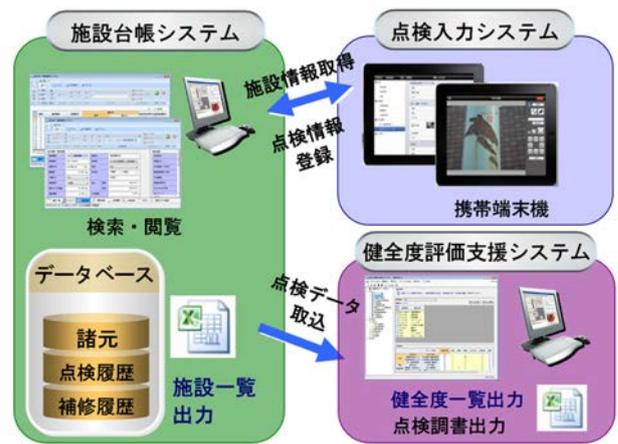


図-6 今後の点検支援システムの高度化イメージ²⁾

3. 点検結果を活用した健全度判定区分の定量化

前述にも示すとおり，今後の円滑な点検の実施や AI 化を目的に，健全度の「意思決定」時における，各変状に対する健全度評価の定量化（重みの明確化）が望まれる³⁾。そこで，本点検支援システムにおいて蓄積された点検結果データを用いて，各構成施設における「変状」と「健全度の判定区分（優先度：健全性重み V_m ）」との関係の定量化を図った活用事例を示す。なお，意思決定時における変状の逆解析により定量化して整理するものとした。具体的には「措置段階（早期・緊急）」として評価された変状を「100」，「経過観察段階」の変状を「50」，「健全」を「0」として評価（ただし，初期値重み： V_0 ）するものとし，確認された全ての変状におけるこれらの評価値を平均化して，これらの「健全性重み（定量的指標）」に関して定量化を図るものとする（図-7）。定式化した一般式を，次に示す。

$$V_m = (V_{m-1} \cdot n_m) / n_m \quad \text{ただし, } SV_m > SV_{m+1} \quad (1)$$

ここで， V_m は m 回目の分析において得られた変状に対する健全性重み， n_m は m 回目における各変状を有する施設数， S は感度分析結果（適合率）である。ただし，適合率 S とは，健全性重み (V_m) により得られた健全度判定区分が，実際の判定区分と同じ場合について，「適合」としてみなした適合率を示す。なお，検討した分析結果の一例を表-1 に示す。また，今回の感度分析（適合率 S ）により，最終的に得られた健全性重み (V_m) と健全度判定区分（ただし，及びの区別はサンプル数の関係より今回は行わない）との関係性を表す閾値 B （ただし，健全度 と の閾値）と B （ただし，健全度 と ・ の閾値）を表-2 に示す。ここで，本閾値等での感度分析結果より，適合率は約 70%（ただし，安全側適合率は約 90%以上）であった。なお，安全側適

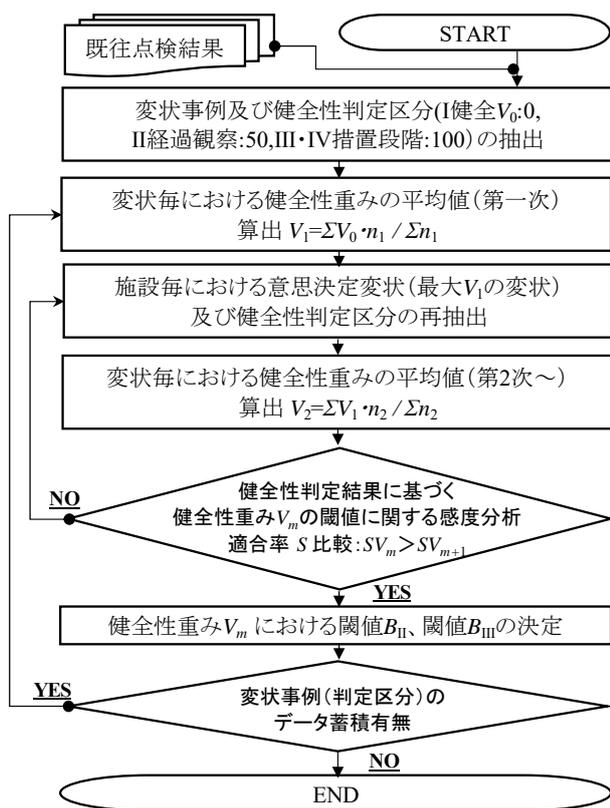


図-7 健全度判定区分の定量化検討フロー

合率とは、健全性重み (V_m) により得られた健全度判定区分が、実際の判定区分より、「厳しい側の判定」(例えば、合率とは、健全性重み V_m による判定区分が経過観察で、実際の判定区分は措置段階) の場合) については、「適合」としてみなした安全側評価の適合率 S を示す。

なお、不適合の主な要因としては、「その他」に対する評価のばらつきや「排水施設」における変状(例えば、閉塞等の維持管理における問題)等に対する判定のばら

表-1 健全度判定区分の定量化の一例

施設種類	変状	重み V_m	変状数	
			n_1	n_m
盛土	段差	39	39	18
	崩壊	66	60	57
	はらみだし	50	8	6
	洗掘	38	23	4
	侵食	40	34	20
	湧水	51	61	43
	その他	40	212	78

表-2 健全度判定区分の定量化値に対する閾値(感度分析結果)

判定区分	評価式
健全 I	$V_m < 20(B_{II})$
経過観察 II	$20(B_{II}) < V_m < 55(B_{III})$
措置段階 III・IV	$55(B_{III}) < V_m$

つき等であった。

今後、これらのばらつき等の要因を改善する点検記録様式や点検マニュアルの高度化を図るとともに、更なる事例収集による変状の重み V_m の精度向上が望まれる。

謝辞：本点検支援システム開発に際して、ご助言を頂いた民間点検従事者の方々、国土交通省、国土技術政策総合研究所、各都道府県等の職員の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：道路土工構造物点検要領，2017.
- 2) 原田紹臣・岩崎貴志・川島康史・水山高久：人工知能等の IT 技術を活用した砂防関係施設における維持管理の高度化，砂防学会研究発表会概要集，2019.
- 3) 原田紹臣：道路防災点検における定量的な危険度評価システムの高度化に関する提案，土木学会，第 56 回土木計画学研究発表会 2017.