

GIS を活用した道路土工構造物の維持管理の優先度の検討

西部技術コンサルタント(株) 正会員 ○近藤 竜也
正会員 田邊 信男
岡山理科大学 非会員 大嶋 優斗

1. はじめに

平成24年12月、中央自動車道笹子トンネル上り線で天井板落下事故が発生し、9人の尊い命が犠牲となった。これらを踏まえて、第三者被害防止の観点から、平成25年2月、道路のり面工や斜面安定対策工の道路施設を対象とした総点検実施要領(案)¹⁾が策定された。この道路施設の中で、道路のり面工や土工構造物は、橋梁などの構造物と比べ、自然地形を直接的、あるいは間接的に利用している。このため、場所的な地盤特性や地盤の不均一性などの違いによる特徴などが、維持管理上の課題として指摘されている。²⁾

そこで、本稿では、道路のり面工や土工構造物に着目し、道路施設一次点検データ及びGISを用いて、第三者被害に影響を及ぼす環境要因や維持管理の優先度を分析する。さらに、この分析結果の考察を通して、今後の効率的、効果的な維持管理を検討する際の知見を得ることを目的とする。道路施設一次点検データは、弊社が岡山県から道路施設総点検業務委託³⁾により実施した結果である。なお、この分析結果は岡山県全体の傾向を示しているものではない。

2. 点検方法と分析データ

点検対象と点検方法は、総点検実施要領(案)¹⁾に基づき実施した。また、分析に使用したデータは、目視点検により異常判定の有無を評価したN=1999サンプルとした³⁾。異常判定に影響する変状要因は、点検帳票や斜面安定度の一次評価の項目⁴⁾を参考に、「道路施設種別」、「災害履歴」、「要対策」、「表層地質分類」、「湧水状況」、「降雨量」、「最高最低気温差」の7つの要因を用いて分析する。なお、「要対策」については、道路防災点検により判定された評価である。分析方法は、統計的検定(独立検定、二項ロジスティック解析)やGISを用いた。まず、表層地質分類は、国土調査の表層地質図⁵⁾を用いてGISで作成した。湧水の有無については、

調査記録表のコメント及び現状写真を参考に湧水有、湧水跡、浸み出し、湧水無の4つの評価に区分した上で、「湧水有(湧水有、湧水跡、浸み出し)」と「湧水無」の2つのカテゴリに区分した。また、年平均降雨量及び年平均最高最低気温差は、1988年～2018年の30年間の気象庁の観測データを用いて算出した。分析に使用したデータを表-1^{3,6)}に示す。

3. 道路土工構造物の異常判定に影響を及ぼす要因

第三者被害に影響を及ぼす道路施設や環境要因を分析するため、一次点検による異常判定の評価項目を用いて二項ロジスティック回帰分析を行う。各変数が及ぼす影響の強さは「オッズ比」によって評価する。このオッズ比は、他の変数を一定として、特定の変数が1単位増加した際の「異常」と判定された確率を示す指標である。目的変数は「異常」の有無とし、説明変数は表-1に示す。分析した結果、回帰式は、有意水準1%でモデルに適合している。説明変数の分析結果を表-2に示す。

表-1 一次点検分析データ

表層地質分類	分析データ	施設種別	分析データ
沖積層(砂質土)	未固結土 ダミー変数	カルバート工	カルバート工 ダミー変数
沖積層(粘性土)		コンクリート擁壁工	擁壁工ダミー変数
沖積層(礫質土)		ブロック積擁壁工	
崖錐堆積物		石積み擁壁工	
崖錐堆積物(礫質土)		組立歩道	
扇状地堆積物	半固結土 ダミー変数	張り出し歩道	切土工ダミー変数
段丘堆積物		張出歩道	
山砂利層		グラウンドアンカー工	
砂岩(三疊紀)		のり枠工	
砂岩粘板岩互層(超丹波帯)	堆積岩 ダミー変数	プレキャスト法枠	盛土工ダミー変数
砂岩粘板岩互層(舞鶴層群)		ブロック張工	
石灰岩(三都帯)		ロックボルト工	
粘板岩(三都帯)		吹付工	
粘板岩(舞鶴層群)		盛土工	落石対策工 ダミー変数
頁岩(下部三疊紀)		落石防護柵工	
頁岩砂岩互層(三疊紀)	火山岩 ダミー変数	落石防護網工	
礫岩(三疊紀)		落石防護擁壁	
流紋岩質火砕流堆積岩類		漏水有(漏水、漏水跡、浸み出し)、漏水	漏水ダミー変数
流紋岩質凝灰岩		年平均降水量(年平均最高最低の気温差) (1988-2018:30年間)	
石英閃緑岩	深成岩 ダミー変数	虫明観測所	1173.1mm(9.4°)
細粒花崗岩		高梁観測所	1247.5mm(10.4°)
粗粒花崗岩		津山観測所	1450.2mm(11.3°)
風化細粒花崗岩		恩原観測所	2435.8mm(10.5°)
砂質片岩(舞鶴層群)	変成岩 ダミー変数	災害履歴の有無	災害履歴ダミー変数
泥質片岩(舞鶴層群)		要対策の有無	要対策ダミー変数
盛土(礫質土)	盛土 ダミー変数	総点検実施要領(案)に基づく判定:異常有(×、△)、異常無(○)	異常有無ダミー変数

キーワード: 道路施設点検, 変状要因, 維持管理, 統計的手法, GIS

連絡先: 岡山市北区問屋町6-101, TEL086-246-5667, FAX086-246-5671, E-mail r.kondo@seibuct.jp

表-2 二項ロジスティック回帰分析

変 数	偏回帰 係数	標準誤差	標準偏 回帰係数	偏回帰係数の 95%信頼区間		オッズ比	オッズ比の95% 信頼区間		偏回帰係数の 有意性検定 Wald	P 値	判定
				下限値	上限値		下限値	上限値			
要対策ダミー	-0.8929	0.6120	-0.2402	-2.0923	0.3065	0.4095	0.1234	1.3587	2.1289	0.1445	
災害履歴ダミー	0.7040	0.8153	0.1201	-0.8939	2.3019	2.0217	0.4090	9.9929	0.7456	0.3879	
盛土ダミー	-1.7149	0.8713	-0.4347	-3.4226	-0.0072	0.1800	0.0326	0.9929	3.8738	0.0490	*
未固結土ダミー	-1.9230	0.5134	-0.9342	-2.9292	-0.9168	0.1462	0.0534	0.3998	14.0309	P < 0.001	**
半固結土ダミー	-2.1390	0.8966	-0.3308	-3.8963	-0.3817	0.1178	0.0203	0.6827	5.6914	0.0170	*
堆積岩ダミー	-1.3300	0.5260	-0.5585	-2.3609	-0.2991	0.2645	0.0943	0.7415	6.3935	0.0115	*
火山岩類ダミー	-2.3011	0.6462	-0.6384	-3.5675	-1.0346	0.1001	0.0282	0.3554	12.6819	P < 0.001	**
深成岩類ダミー	-1.6186	0.5407	-0.6408	-2.6784	-0.5588	0.1982	0.0687	0.5719	8.9612	0.0028	**
切土工ダミー	2.0548	0.8588	0.7278	0.3715	3.7381	7.8052	1.4499	42.0166	5.7243	0.0167	*
盛土工ダミー	-1.6726	1.3247	-0.5357	-4.2690	0.9238	0.1878	0.0140	2.5187	1.5942	0.2067	
擁壁工ダミー	0.2469	0.8356	0.1218	-1.3909	1.8847	1.2800	0.2488	6.5843	0.0873	0.7677	
落石対策工ダミー	0.3734	0.9525	0.1224	-1.4934	2.2402	1.4526	0.2246	9.3951	0.1537	0.6950	
漏水ダミー変数	4.0654	0.4889	0.5257	3.1071	5.0236	58.2871	22.3570	151.9602	69.1435	P < 0.001	**
平均降水量/年	0.0004	0.0003	0.1867	-0.0001	0.0010	1.0004	0.9999	1.0010	2.3650	0.1241	
気温高低差/月	-0.2762	0.0993	-0.1691	-0.4709	-0.0815	0.7587	0.6245	0.9218	7.7277	0.0054	**

P値判定*:P<0.05 **:P<0.01

説明変数の評価については、「異常有」の影響を及ぼす正の偏回帰係数での「オッズ比:1 以上」に着目して考察する。

この表より、「災害履歴」、「切土工」、「擁壁工」、「落石工」、「漏水」、「平均降水量/年」については、「異常有」への影響があると読み取れる。この中でも「切土工」は、「有意水準5%」で異常有と判定される確率が約42倍程度高くなる。また、「漏水」は「有意水準1%」で異常有と判定される確率が約152倍と高いことがわかった。「漏水」は、すべての道路施設において、鋼材の腐食やコンクリートの劣化、土構造物の安定性の低下に、水が大きく影響しているものと考えられる。また、「切土工」は、他の道路土工構造物に比べて、地山そのものの風化や変質による強度劣化の影響が要因の1つとしてあげられる。今後は、さらにデータを蓄積し、分析結果を検証していくことが必要である。

4. 切土工の維持管理の優先度の検討

3章の分析結果を踏まえ、道路施設の中で異常有と判定される確率が最も高い「切土工」に着目し、維持管理の優先度を検討する。「切土工」は、一次点検で異常有と判定された n=58 サンプルを使用した。維持管理の優先度を検討する項目については、表-3 に示すように、切土工を維持管理していく上で、重要な要素として考えられる6つの項目を抽出した。

分析方法は、6つの項目を用いて、GISによるデータベースにより、それぞれの該当する項目の個数の大きさで維持管理の優先度を評価する。なお、表-3 に示す「③土砂災害危険区域」、「緊急輸送道路」については、国

表-3 維持管理優先度の検討項目

項目	内容
①要対策	道路防災点検の評価
②15m以上(重要度1)	特定道路土工構造物:15m以上
③土砂災害危険区域	土砂災害防止法
④緊急輸送道路	点検帳票より
⑤災害履歴	点検帳票より
⑥漏水	二項ロジスティック回帰分析より

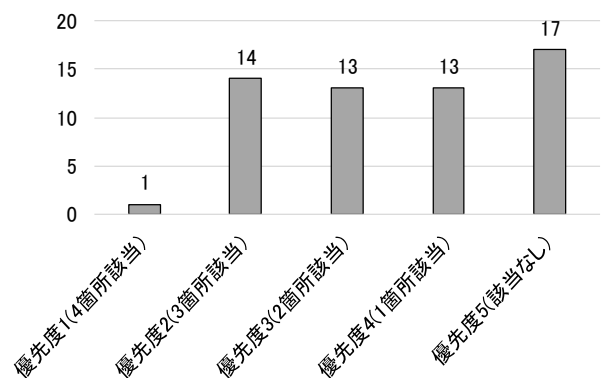


図-1 維持管理優先度項目の集計結果

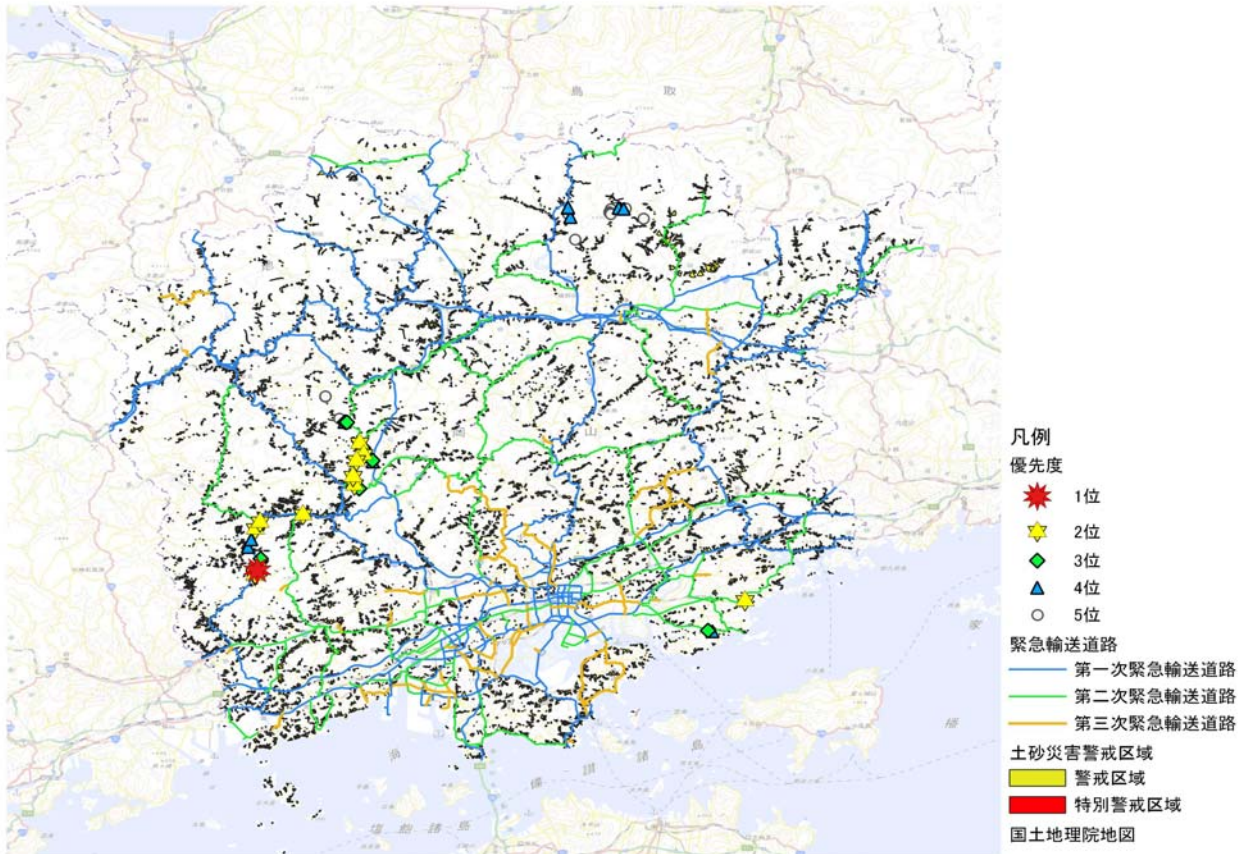
土数値情報⁷⁾のデータを使用した。

分析結果を図-1、表-4 に示す。優先度の高い順に見ると、「優先度1」の「切土工」については1箇所が該当する。次に、「優先度2」では14箇所、「優先度3」は13箇所、「優先度4」は13箇所が該当した。「優先度5」の17箇所については、すべての検討項目への該当は見られなかった。それぞれの優先度の箇所を表-4 に示す。

「優先度1」の「切土工」の優先度の内容については、「要対策」、「15m以上」、「土砂災害危険区域」、「漏水」の4項目となった。

オープンデータを用いたGISによるデータベースの

表-4 切土工の維持管理の優先度箇所



構築により、切土のり面工の維持管理の優先度が可視化することができた。今後は、切土工の劣化評価や優先度を検討する項目の重要度を定量化し、統計的に評価できる手法の検討が必要であると考え。

5. まとめ

道路施設点検データを用いて、第三者被害に影響を与える環境要因を分析した結果、「漏水」及び「切土工」が道路施設の中で異常有と判定される確率が高いことが分かった。この中で「切土工」の維持管理の優先度を GIS によるデータベースにより可視化することができた。

道路構造物の維持管理において、道路施設のデータベースを構築することは、効率的な維持管理を行っていく上で益々重要となってくる。今回の分析結果を見ると、優先度の高い「切土工」は岡山県内の一部に集中している傾向にある。このことから、GIS の活用は優先度を単純に可視化するだけでなく、危険箇所の分布状況や傾向の把握、今後発生する可能性のある異常箇所の予測や維持管理費用の削減にも繋がると考えられる。今回は優先度を検討する上で重要な要素として 6 つの項目を抽出したが、優先度を定量的に評価するために

は今後、さらなるデータの蓄積や各項目の重要度を統計的検定（独立検定、二項ロジスティック解析等）によって定量化し、評価できる手法の検討が必要であると考え。

参考文献

- 1)国土交通省道路局：総点検実施要領（案）道路のり面・土工構造物編,2013.2
- 2) 建設コンサルタント協会：公共土木施設の維持管理に関する研究委員会報告書, 2012. 7, p2-3-1
- 3)岡山県：公共道路施設総点検業務委託, 県道岡山牛窓線, 国道 313 号, 国道 374 号, 県道加茂奥津線, 2015,2017
- 4)地盤工学会：切土法面の調査・設計から施工まで, pp125-128 2008.6
- 5)国土交通省国土調査：<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html>
- 6) 田邊信男, 上坂未希, 水野正行：目視点検による道路施設の「第三者被害」に影響する要因, 土木学会第 72 回年次学術講演会集, I_251-I_260,2016
- 7) 国土数値情報：<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>