

道路施設の対策評価に影響を及ぼす要因～道路施設点検データを活用して～

Factor that affect the evaluation of measure for road institution, by road institution inspection data

西部技術コンサルタント (株) 正会員 ○田邊 信男

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, 道路のり面工や斜面安定対策工は, 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, 道路施設としての切土のり面工や斜面安定対策工に着目し, 一次点検データを用いて, 第三者被害に影響を及ぼす道路施設や環境要因を明らかにすることで, 今後の効率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。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=1666 サンプルとした ³⁾。異常判定に影響する変状要因は, 斜面安定度の一次評価の項目として取り上げている土質・地質構造及び湧水状況に着目した。⁴⁾ さらに, のり面や斜面の安定性を大きく低下させる誘因となる「降雨量」及び点検対象となる「施設種別」にも着目した。以上を踏まえ, 「表層地質区分」, 「湧水状況」, 「降雨量」, 「施設種別」の 4 つの要因を用いて分析する。まず, 表層地質の分類は, 調査記録表に記載されている緯度, 経度を用いて google map 上に表示させ, 次に国土交通省の 5 万分の 1 都道府県土地分類基本調査図と対比させて表層

地質分類を行った。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, 年平均降雨量データは, 1985 年～2015 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-1⁵⁾に示す。

3. 道路施設の対策評価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。分析結果は表-2に示すように, 「切土工」は, 異常有と判定される確率が 9.7 倍程度高くなる。また,

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		張り出し歩道		
段丘堆積物	張出歩道			
山砂利層	半固結土 ダミー変数	グラウンドアンカー工		
砂岩(三畳紀)	堆積岩ダ ミー変数	のり砕工	切土工ダ ミー変数	
砂岩粘板岩互層(超丹波帯)		プレキャスト法枠		
砂岩粘板岩互層(舞鶴層群)		ブロック張工		
石灰岩(三郡帯)		ロックボルト工		
粘板岩(三郡変成岩)		吹付工		
粘板岩(舞鶴層群)		盛土工		盛土工ダ ミー変数
頁岩(下部三畳紀)		落石防護柵工		落石対策工 ダミー変数
頁岩砂岩互層(三畳紀)		落石防護柵工		
礫岩(三畳紀)		落石防護擁壁		
流紋岩質火砕流堆積岩類		流紋岩質凝灰岩		
流紋岩質凝灰岩	火山岩ダ ミー変数	漏水有(漏水、漏水跡、 浸み出し)、漏水無	漏水ダミー 変数	
石英閃緑岩	深成岩ダ ミー変数	年平均降雨量(1985-2015:30年間)		
細粒花崗岩		虫明観測所	1133mm	
粗粒花崗岩		高梁観測所	1213.1mm	
風化細粒花崗岩		奈義観測所	1530.1mm	
砂質片岩(舞鶴層群)	変成岩ダ ミー変数	総点検実施要領(案)基 づく判定:異常有(×、 △)、異常無(○)		
泥質片岩(舞鶴層群)			異常有無	
盛土(礫質土)	盛土ダミー 変数			

キーワード: 道路施設点検, 対策評価, 維持管理, 統計的手法

連絡先: 岡山市北区問屋町6-101, TEL086-246-5667, FAX086-246-5671, E-mail n.tanabe-1@seiubct.jp

「漏水」は約 99.2 倍と高い。「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、「擁壁工」や「盛土工」に比べて、自然地形を直接的に利用しているため、地山そのものの風化、変質による強度劣化が影響しているものと考えられる。

次に、「切土工」に着目し、一次点検で異常有と判定された n=40 サンプルをもとに、二次点検を実施した。表-3 の二次点検の判定区分に応じて、「法勾配」や「切土高」がどのように影響しているのかを分析する。「法勾配」や「切土高」は、切土に対する標準勾配を選定する上での基準であることから設定した。⁶⁾分析方法は、異常有と判定された区分を「△経過観察」と「▲、×対策、補修・補強」の 2 つの区分に分類し、データの分布状況を把握するため、箱ひげ図を用いて分析する。その分析結果を図-1 に示す。この図より、「法勾配」は急になるほど、また、「切土高」は高くなるほど対策評価への影響も大きくなる傾向が示された。「表層地質」と「法勾配」の関係を図-2 に示す。60°以上の法勾配は、全体の 40 箇所の内、28 箇所を占める。その表層地質を見ると、花崗岩や泥質片岩が 11 箇所と突出した傾向にある。これらの地質では、浸食に弱く、風化が急速に進行しやすいという特徴が、異常有の対策評価に関係しているものと推察できる。

4. まとめ

目視点検データを用いて分析した結果、「漏水」や「切

表-2 異常要因モデル (二項ロジスティック回帰分析)

目的変数	採択された説明変数と有意性					モデルの評価	
	説明変数	偏回帰係数	P値	判定	オッズ比	P値	的中率
異常の有無 (n=1666)	表層地質 火山岩ダミー	0.81287	0.162		1.0016	0.0000	96.9%
	道路施設 切土エダミー	2.2734	0.000	**	9.7126		
	漏水ダミー	4.5872	0.000	**	99.2086		
	年平均降水量	0.0016	0.170		1.0016		
	定数工	-5.845	0.000	**	0.0029		
※有意性 **p<0.01 *p<0.05							

表-3 二次点検判定区分

記号	判定区分	施設状況	対応判定	具体的な対応方針
×	異常有	要対策	放置不可	・第三者被害の恐れあり、緊急性を有する。施設の更新や大規模な対策が必要。
▲				・第三者被害の恐れあり、緊急性を有する。又は、補修・補強程度で安定確保ができる。
△	異常無	経過観察	放置可能	・叩き落とし等の応急処置で安定を確保。数年程度は放置可能。
○				-

土工」は道路施設の異常判定する際に影響を及ぼす確率が高いことが明らかとなった。この中で、「切土工」の異常有の対策評価には、「切土高」や「法勾配」が影響しているものと示唆できる。設計・施工時点において、「法勾配」の設定や法面の排水処理をどう計画するかが、維持管理費用の削減や第三者被害の低減に繋がると考えられる。さらにデータを蓄積し、対策評価に影響する要因を検証していく必要がある。

参考文献

- 1)国土交通省道路局：総点検実施要領（案）道路のり面工・土工構造物編,2013.2
- 2) 建設コンサルタンツ協会：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, 2015
- 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) 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
- 6)社団法人日本道路協会：切土工・斜面安定工指針,2009.6

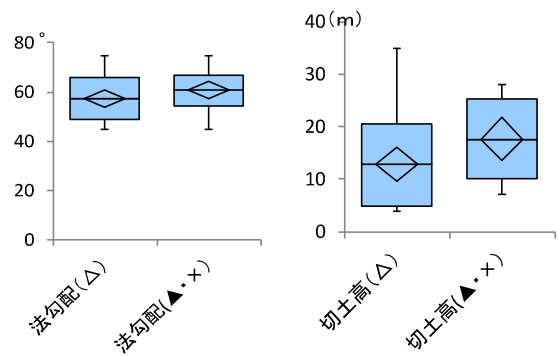


図-1 対策区分別法勾配・切土高 箱ひげ図

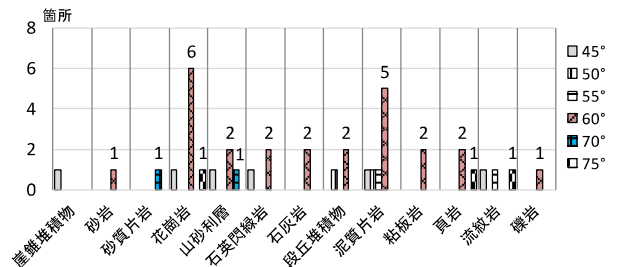


図-2 表層地質と法勾配

市町村が管理する橋梁の健全度評価に影響を与える要因分析～橋梁点検データを用いて～ Factor analysis that affects the soundness evaluation of bridges managed by municipalities

西部技術コンサルタント（株） 正会員 ○上坂 未希
正会員 田邊 信男

1. はじめに

我が国には現在約 73 万道路橋（橋長 2m以上）が存在する。この内、市町村が管理する橋梁は、7 割以上となる約 52 万橋となる。また、建設後 50 年を経過した橋梁の割合は、10 年後の平成 40 年には 50%に増加することが予測されている¹⁾。さらに、地方自治体では、道路を管理するための予算不足や技術者不足による維持管理上の対応が困難となってきている。²⁾

このような状況の中で、国及び地方自治体では、効率的に維持管理を行うため、橋梁の定期点検を行うとともに、メンテナンスサイクルの仕組みづくりを推進している。このメンテナンスサイクルの仕組みを構築するためには、橋梁点検データを活用し、橋梁の健全度の判定を行い、維持管理の優先度を決定することが重要である。しかし、市町村が管理する橋梁では、国や都道府県管理に比べて、橋梁の使用条件（交通量等）や橋梁の建設年度の情報が少なく、橋梁の劣化予測を行うための情報の蓄積が不十分である。今後、市町村が管理する橋梁の維持管理の効率化を図る上では、橋梁の劣化予測を行うためのデータベースを整備し、維持管理の優先度を示すことが重要である。

そこで、本稿では、市町村が管理する橋梁に着目し、橋梁点検データを活用し、健全度評価の判定に影響する環境要因を明らかにすることで、今後の点検、維持修繕の優先度判定を検討する際の知見を得ることを目的とする。なお、橋梁点検データは、弊社が橋梁点検業務委託により実施した結果を活用した。

2. 分析データと基本属性

橋梁点検データは、岡山県道路橋梁点検マニュアル（案）³⁾に基づき実施した平成 27 年度から平成 29 年度の報告書を活用する。分析に使用したデータは、岡山県内の 7 市 2 町で実施した N=714 サンプルとした。図-1 に橋梁の基本属性を示す。上部工構造形式の複合橋と

は、2つ以上の上部工構造形式(PC 橋, RC 橋, 鋼橋, 石橋)で構成されているものを指す。また、供用年数は、建設年から 2018 年までの期間で算出した。

上部構造形式は、RC 橋が全体の 77%を占め最も多く、橋長では、「5m」未満が全体の 51%と最も多い。「5m」未満と「5m以上 10m未満」を合計すると、「10m未満」が全体の 95%を占めている。

供用年数では、50 年以上が全体の 16%を占め、平成 40 年には、全体の 35%が 50 年以上を超える。一方、橋梁の建設年が記載されていない橋梁は、554 サンプルと全体の 78%と高く、今後、橋梁の劣化予測を行う上での情報の蓄積が課題としてあげられる。

3. 橋梁の健全度評価に影響を与える要因

橋梁の点検データを用いて、健全度に影響を与える環境要因を分析する。健全度評価は、表-1 に示す判定区分

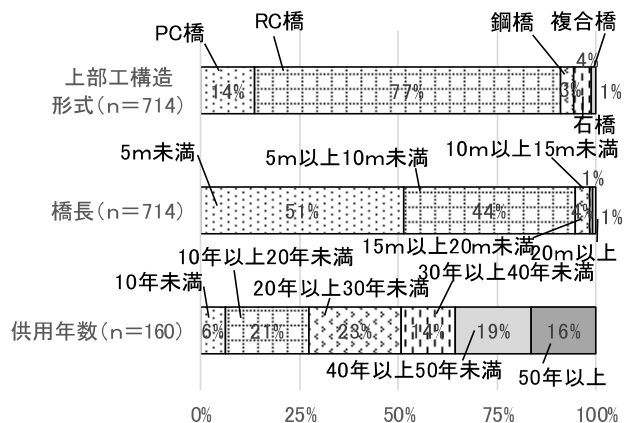


図-1 橋梁の基本属性

表-1 健全度評価判定区分

健全度評価	内容	損傷評価
A	損傷は認められないか、損傷が軽微で補修の必要がない	損傷無
B	状況に応じて補修を行う。	↑ 損傷程度小
C	次回の定期点検までに補修を行う。	
M	日常の維持管理で措置する必要。	↓ 損傷程度大
E	緊急対応が必要。補修・補強・架替え等	

キーワード：橋梁点検, 橋梁健全度評価, 統計的手法, 維持管理

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

で評価する。分析方法は、橋梁点検データに記載されているものの中から健全度評価に影響を与える要因として、「橋種区分」、「橋長区分」、「供用年数」、「桁下区分」、「海岸線区分」、「拡幅有無」、「伸縮装置有無」、「地覆有無」の8つの環境要因を設定し、独立性検定により、健全度評価区分との関連性を分析する。

その分析結果を表-2に示す。「橋種区分」、「供用年数」では、有意水準1%、「拡幅有無」、「伸縮装置有無」では有意水準5%で統計的に有意な差が見られた。さらに、「橋種区分」について、残差分析を行った結果を図-2に示す。この図より、健全度評価Cでは、「鋼橋」、「複合橋」が有意水準1%で有意に高く、「PC橋」、「RC橋」では、有意水準1%で有意に低い結果となった。

これは、コンクリート橋は内部鉄筋がコンクリートにより保護されているのに比べ、鋼橋の鋼材は塗装によって保護されているのみであり、外的要因による影響を受けやすい状況にあることが要因と推察される。

また、拡幅による継ぎ目や、伸縮装置からの漏水なども損傷が増える要因であると推察される。

次に、図-2より、健全度評価で関連性が見られた「鋼橋」に着目し、部材の損傷度評価と健全度評価の関連性をスピアマンの順位相関係数を用いて分析した。表-3に示すように、損傷度評価と健全度評価を点数化した上で分析を行った。その分析結果を表-4に示す。この表より、健全度評価と「①鋼材主桁腐食」では、有意水準5%で正の相関が認められた。

これは、鋼材の腐食は漏水や雨風などによる影響が大きいのに対し、床版ひびわれは荷重による影響が大きい。そのため、交通量や大型車の通行が少ない市町村道は、橋梁にかかる荷重が小さく、損傷が少ないと推察される。このことから、外的要因の影響を受けやすい鋼

材と健全度評価の関連性が高いと推察される。

4. まとめ

橋梁点検データを用いて、健全度に与える環境要因を分析した結果、「鋼橋」における「鋼材主桁腐食」に関連性が見られることが分かった。

今回は、環境要因の中から「橋種」に着目して詳細な分析を行った。今後は、ほかの有意な差が見られる環境要因に対しても詳細な分析を行うことで、今後の点検、維持補修の優先度判定を行う際の知見を得ることができると考える。

参考文献

- 国土交通省道路局：老朽化対策への取組み、
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobol0>
- 国土交通省社会資本整備審議会道路分科会：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言,2014.4
- 岡山県：道路橋梁点検マニュアル（案）,2015,1
- 市町村の橋梁維持管理研究会：中小規模橋梁の維持管理ハンドブック,2018.7

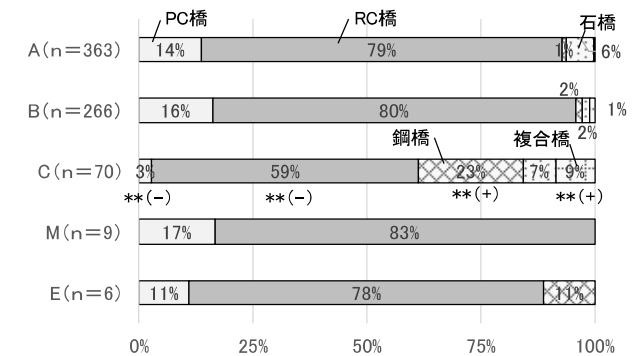


図-2 損傷度別橋種区分

表-3 評価区分の点数化

損傷度評価	点数	健全度評価	点数
a	0	A	0
b	1	B	1
c	2	C	2
d	3	M	3
e	4	E	4

表-4 健全度評価と損傷度評価のスピアマン順位相関係数

部材	①鋼材主桁腐食	②横桁腐食	③床版ひびわれ	④床版鉄筋露出	⑤床版抜け落ち	⑥下部工ひび割れ
スピアマン順位相関係数	0.8128**	0.098	0.100	0.308	0.033	-0.154
部材	⑦下部工鉄筋	⑧下部工変状	⑨支保機能障害	⑩路面凹凸	⑪路面クラック	⑫高欄防護柵
スピアマン順位相関係数	-0.059	0.3661	-0.1677	-0.022	0.209	0.039

**1%有意、*5%有意

表-2 独立性の検定結果

	χ^2 値	P値	備考
橋種区分	140.16	0.001**	PC橋、RC橋、鋼橋、石橋、複合橋(2つ以上の構造形式)
橋長区分	3.443	0.992	5m未満、5m以上10m未満、10m以上15m未満、15m以上20m未満、20m以上
供用年数	44.096	0.001**	10年未満、10年以上20年未満、20年以上30年未満、30年以上40年未満、40年以上50年未満、50年以上
桁下区分	8.3497	0.7572	河川・用水・池沼・道路
海岸線区分	4.1542	0.3855	橋梁位置より200m基準
拡幅有無	9.9044	0.0421*	
伸縮装置有無	9.569	0.0487*	
地覆有無	7.289	0.1214	

*5%有意、**1%有意