

河床変動予測に基づく洗掘要注意橋りょうの抽出方法

鉄道総合技術研究所 正会員 ○奥水 聡 正会員 佐溝 昌彦
 正会員 森 泰樹 正会員 渡邊 諭
 九州旅客鉄道 正会員 淵脇 晃

1. はじめに

増水時における橋りょうの洗掘災害を防止するためには、多くの橋りょうの中から洗掘の発生が懸念される箇所を適切に抽出し、必要な措置を講ずることが重要である。鉄道総研では全般検査段階で危険性の高い橋りょうを抽出することを意図した、簡易な調査による一次抽出のための採点表を既に提案¹⁾²⁾し、鉄道事業者において有効利用されている。一方、洗掘では橋りょう個々の諸条件のみならず河道特性や出水状況などによりその規模や形態が大きく影響されるため、的確な抽出を行うためには詳細な調査に基づいた評価が必要となる。このため、さらに橋りょう周辺の河川環境の変化などを考慮した、「個別検査」など詳細な検査段階での活用を目的とした抽出方法を開発した。

2. 統計解析に基づく採点表の作成

東北北部及び長野・新潟地区での49橋りょうを対象とする現地調査結果を用いて統計解析を実施した。解析方法は、局所洗掘の速度(cm/年)と河床低下の速度(cm/年)を目的変数とする数量化Ⅰ類解析とした。

ここで各目的変数の定義は以下の通りである。

○局所洗掘の速度：橋脚周りで最も局所洗掘された位置での1年あたりの変動量

○河床低下の速度：河床断面のうち、最も低い河床位置での1年あたりの変動量

この2要素を目的変数としたのは以下の考え方による。洪水時の局所洗掘・河床低下を生じさせる要因としては、①砂州によるもの、②水路の曲がりによるもの、③川幅の変化によるもの、④小規模河床波によるもの、⑤構造物によるもの、の5種類がある。また過去の洗掘事例の分析から、洗掘による橋りょう被害は図1に示すように橋脚周りの局所洗掘と河道幅全体での河床低下とが複合して発生していることがわかった。したがって、それぞれが異なる現象として発生する、局所洗掘と河床低下を個別の目的変数として予測式を求めることとした。

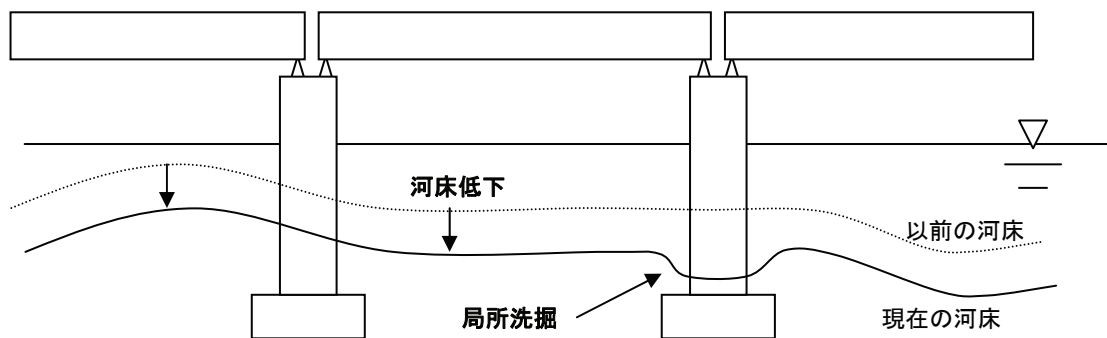


図1 洗掘と河床低下

説明変数は、局所洗掘14項目、河床低下16項目とした。表1及び表2に、解析結果に基づいて作成した予測採点表を示す。これらの採点表は個別検査段階で活用することを想定し、評価項目ごとに該当する各カテゴリの点数合計に基本点を足すことにより、局所洗掘、河床低下それぞれの進行速度(cm/年)を求めることができる。

また表1、表2から局所洗掘、河床低下が進行する主要要素としては、以下のものが挙げられる。

○局所洗掘：流域面積大、河床材料が細礫・中礫、河川幅の狭窄有、河積阻害率大

○河床低下：河床材料中礫、河床勾配大、河川幅の狭窄有、支川等の分合流有、近傍での河川工事有

キーワード 橋脚洗掘、河床変動、局所洗掘、河床低下

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7263

表 1 局所洗掘速度の予測採点表

項目名	カテゴリ			
河床材料の平均粒径 $dm(mm)$	$dm<2$	$2\leq dm<30$	$30\leq dm<100$	$100\leq dm$
	0.0	9.2	5.5	-6.7
流域面積 $S(km^2)$	$S\leq 50$	$50<S\leq 200$	$200<S\leq 1000$	$1000<S$
	-11.7	1.6	5.1	22.5
曲率半径川幅比 r/B	$0<r/B<\infty$	∞ (直線)		
	1.7	-2.0		
射流・常流	射流	常流		
	16.0	-5.1		
河川幅の狭窄	無し	有り		
	-2.2	15.8		
砂州	無し	有り		
	-3.5	0.9		
河積阻害率 P	$P\leq 0.1$	$0.1<P\leq 0.15$	$0.15<P$	
	-2.2	-0.7	4.7	
平均年最大流量を超える 流量の観測回数 N (回/年)	$N\leq 0.66$	$0.66<N$		
	2.5	-6.9		
基本点	18.8 (cm /年)			

曲率半径川幅比 r/B : 河川の曲率半径／高水時の河川幅
河積阻害率 P :
高水時水路中にある全橋脚の断面積／高水時の水路断面積
平均年最大流量を超える流量の観測回数 N :
観測期間中の平均年最大流量を超える流量発生回数／観測年数

表 2 河床低下速度の予測採点表

項目名	カテゴリ			
河床材料の平均粒径 $dm(mm)$	$dm<2$	$2\leq dm<30$	$30\leq dm<100$	$100\leq dm$
	-2.0	-2.2	8.5	-8.1
曲率半径川幅比 r/B	$0<r/B<\infty$	∞ (直線)		
	2.1	-2.5		
河床縦断勾配 G	$G\leq 1/400$	$1/400<G\leq 1/100$	$1/100<G$	
	-5.3	-2.8	8.8	
河川幅の狭窄	無し	有り		
	-2.6	18.9		
砂州の移動	無し	有り		
	2.0	-4.9		
分合流	無し	有り		
	-6.0	4.9		
低水護岸	無し	有り		
	-4.7	2.8		
近傍での河川・橋梁工事	無し	有り		
	-0.9	4.8		
平均年最大流量を超える 流量の観測回数 N (回/年)	$N\leq 0.66$	$0.66<N$		
	-1.1	3.2		
基本点	6.6 (cm /年)			

3. 抽出手法とその適用方法

洗掘災害発生の危険性は、図 2 の通り、実測した現在の根入比(根入れ長 Z ／橋脚幅 D)を基に、洗掘と河床低下それぞれの進行速度を足した「河床変動速度(cm／年)」から求める余裕時間で評価する。余裕時間は現在の根入比が基準根入比を下回ると予測されるまでの期間のことで、余裕時間が短いものほど洗掘被害を受けやすい橋りょうとして評価する(図 3)。ここで、最大洗掘深は橋脚周りにおいて最大限洗掘されうる深さであり、 $Z=1.45D$ と推定²⁾されている。基準根入比はこの最大洗掘深に相当する根入れ比である。

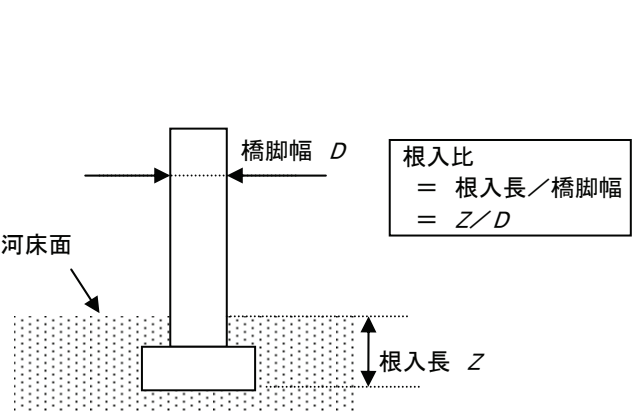


図 2 根入比

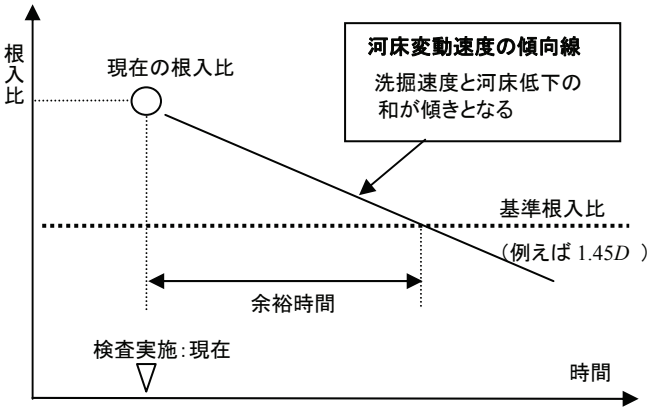


図 3 評価図

4. おわりに

本報告では、橋りょう検査や現地調査結果のデータを基に統計解析を行い、河床変動速度を求める採点表による洗掘要注意橋りょう抽出手法について述べた。本提案手法の基となったデータ数が限られたものであったことから、今後、より多くのデータの蓄積を行い評価精度の向上に努めたい。

参考文献

1) 佐溝, 村石, 中村: 「洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表(案)」, 日本鉄道施設協会誌第 43 巻第 11 号, 2005.11, (社)日本鉄道施設協会
2) 鉄道総合技術研究所: 「鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) 基礎構造物・抗土圧構造物」, 2007.1, 丸善