

河川災害に対応する橋梁の防災・減災技術に関する研究（2）

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 29～令 3

担当チーム：寒地河川チーム、
寒地地盤チーム

研究担当者：矢部浩規、前田俊一、大串弘哉、
大石珠希、横山洋、井上卓也、
岩崎理樹、島田友典、阿部孝章、
平松裕基

【要旨】

平成 28 年北海道豪雨では橋梁周辺で構造物の被災が多数発生し、インフラに甚大な影響がもたらされた。特に橋梁周辺の道路盛土については流量の増加に伴う迂回流や大規模な流路変動によって侵食を受けたケースが多く見られた。本研究では、扇状地における大規模流路変動現象と構造物に加わる流体力の解明のため、大規模流路変動の危険箇所を効率的に予測する手法の検討と、迂回流の流体力を算定するモデルの開発を行った。

キーワード：橋梁被災、河岸侵食、重回帰分析、数値解析、再現計算

1. はじめに

平成 28 年北海道豪雨では、台風や低気圧によりもたらされた降雨により多数の箇所で橋梁の被災が発生し、インフラの途絶など住民の生活に大きな影響がもたらされた。橋梁周辺の道路盛土については、流量の増加に伴う迂回流や大規模な流路変動と河岸侵食を受けたケースが多く確認された。こうした被災現象の事前予測や効果的な対策検討のため、国、都道府県、自治体等、様々な管理レベルにおいて、危険箇所を効率的に予め予測しておくことが社会的に求められている。

本研究では、河道において流路変動が発生しうる危険箇所を予測する手法の開発を行い、平成 28 年北海道豪雨において被災した橋梁を対象としてその適用性の検討を行った。また、河岸侵食等による危険箇所が予測できた場合、対策工法の実施のためには、河川流による流体力の程度と、それに伴う侵食量の精緻な評価が必要となる。これを実現するため、平面 2 次元の数値解析モデルの構築を行い、同じく平成 28 年北海道豪雨での被災現象に適用し、その妥当性の検証を行ったものを報告する。

2. 大規模流路変動の危険箇所を予測する手法の開発

2.1 はじめに

平成 28 年 8 月には、3 個の台風が連続して北海道に上陸した。これらの台風の影響によって、この月の降水量が年間降水量に相当するような地域も見られ、多

くの橋梁が被災した。しかし、被災リスクをスクリーニングできるような手法は確立されていないのが現状である。そこで、本研究の最終的な目的は、ある橋梁に対して平面二次元解析まで必要とするのか、あるいは何も対策を実施する必要がないかなどの第一段階のふり分けとなるような手法を構築することである。

既往の研究としてまず挙げられるのは、佐溝・渡邊ら¹⁾によるものである。彼らは鉄道橋梁の洗掘被害を対象として、(a) 河川の地形地質的な性状、(b) 河川工学的・水理学的な性状、(c) 洗掘と橋梁の構造条件に関するパラメータを収集・整理し、これらと被災の有無との間で多変量解析を行った。これらの検討の結果、河道の曲率、流域の侵食速度、最大水深、平均粒径、植生の有無、橋梁幅、河積阻害率、流路内位置比、橋脚と水際線との距離という 9 つのパラメータで判別分析を行った。この判別分析の結果を用いると、被災の有無を 80 % 程度の確率で説明できることがわかった。この研究を踏まえて、太田・磯部ら²⁾、我部山・角野ら³⁾は橋梁の洗掘被災の予測精度の向上を目指した検討を行った。国外に目を向けてみると、これらと同様に P. A. Johnson & R. M. Whittington ら^{4),5)}は、各パラメータをランク分けすることによって得点付けし、それらを足し合わせることによって算出した総得点に応じてリスク評価を行った。

橋梁の被災の中には、局所洗掘の影響など様々な要因が考えられる。本研究で対象とするのは、河岸侵食



図-1 平成 28 年 8 月台風による橋梁被災の様子 (国土交通省北海道開発局より提供) : (a) 九線橋、
(b) 小林橋

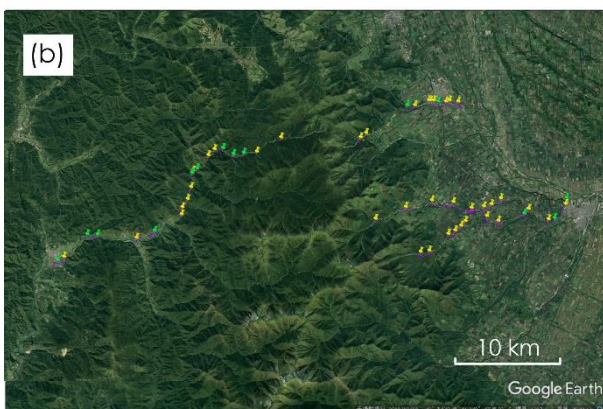
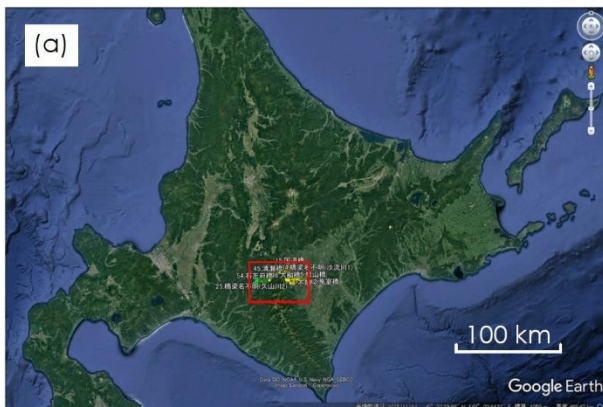


図-2 対象とした橋梁の位置 (Google Earth より引用) : (a) 全体図、(b) 赤枠部分の拡大図

が橋台にまで到達したことによって被災する危険度評価の確立を目指している。例えば、平成 28 年台風では上川郡に位置する九線橋や小林橋ではこれが被災要因であったと考えられる。この様子を表したのが図-1 であり、図-1 (a)は九線橋、図-1 (b)は小林橋である。これらの画像を見ると、洪水によって河岸侵食が顕著であったことがわかる。すなわち、河岸から橋台までの距離と河岸侵食の距離とを比較したときに後者の方が大きかったために被災したと捉えられる。しかし、実際には被災がなかったからといって、リスクが低かったとは限らない。これは、砂州一波長の中で橋台が存在する位置の侵食距離が小さかったために被災しなかったことがあり得るためである。そのため、砂州一波長の中での最大侵食距離が橋台の位置とは一致していないために被災がなかった場合のリスクと、一致したために被災した場合のリスクは同じと考えている。以上の観点から、既往研究¹⁾⁵⁾のように被災の有無と説明変数との間で分析を行うのではなく、侵食距離を推定する手法を提案することを目指した検討を行い、その結果を取りまとめたのが本報告である。

河岸侵食距離を特徴付ける値として考えられるのは、河床勾配、河道の曲率、各地点より上方の流域面積、この流域面積内の累加雨量、地質条件という 5 つのパラメータである。なお、このパラメータの選定の際の考え方に関しては次節で説明することにする。河岸の侵食距離を調べてみると、最上流域や下流域よりも、中流域程度の区間で大きくなっている傾向であった。そのため、対象とする橋梁を選定するに当たって、主としてセグメント 1 に相当する場所とした。

2.2 手法

2.2.1 対象範囲

5 つの説明変数と河岸侵食距離との関係を調べる対象としては、十勝川水系の芽室川、ペケレベツ川、久山川、沙流川水系の沙流川に架かる橋梁 54 本とした。この全体像を示したのが図-2 (a)であり、この図中の赤色の枠で囲われた部分を拡大したのが図-2 (b)である。なお、堰堤あるいは床止め工など構造物があることによって、その上流側での侵食距離が極端に大きくなる傾向があるなど、本研究手法の適用範囲外と判断される箇所が 11 本について見られた。そのため、これらを除いた 43 本に対して重回帰分析を行った。

全 54 本のうち、被災したものは 39 本と未被災は 15 本であり、構造物のある地点などを除いた 43 本の内訳は、被災 32 本と未被災 11 本であった。



図-3 データの取得方法 (Google Earth より引用)

2.2.2 パラメータの選定とデータの取得方法

河岸侵食距離を特徴付ける値として考えられるのは、流量、流域面積、降雨量、川幅、水深、Manning の粗度係数、勾配、流速、粒径、無次元掃流力、曲率半径、河岸侵食に対する強度の 12 個であると考えた。この中で、流量と川幅は流域面積・降雨量、水深は粗度係数・流量・勾配・川幅、流速は粗度係数・流量・勾配・川幅・水深、粒径は勾配、無次元掃流力は水深・勾配・粒径、河岸侵食に対する強度は地質条件、粗度係数は粒径に依存すると捉えると、独立した説明変数は、河床勾配・河道の曲率・各地点より上方の流域面積・この流域面積内の雨量・地質条件の 5 つのみとなる。これらの情報の取得方法に関しては以下の通りである。

河岸の侵食距離、河床勾配は Google Earth を用いて求めた。図-3 は被災後の Google Earth の画像を表している。まず、図中のピンクの実線のように、被災前の画像の低水路中心軸上にパスを引き、このパスの距離、標高の差から河床勾配を算出した。次に、橋梁周辺の約一波長程度を対象として、被災後の画像で河道が最も侵食されたと考えられる境界に青色の実線を描いた。この青色とピンクの線が最も離れている箇所で赤色を描き、この距離を河岸の侵食距離とした。なお、この図の場合には右岸 79.2 m、左岸 72.4 m であったため、侵食距離としては右岸側の値を採用した。

曲率は、橋梁のある地点の河道に外接するような円を描いた図に基づいて測定することにした。各地点より上方の流域面積については、基盤地図情報 (5 m メッシュ DEM) の情報に基づいて、尾根と谷の線から推定して流域界を設定し、各橋梁の地点より上流の面積を算出した。

流域面積内の雨量は、以下のように求めた。2018 年 8 月 29～31 日までの 72 時間の解析雨量の中で、上記

の各流域面積内に位置するメッシュの降雨量を足し合わせ、72 時間とメッシュ数で除すと、平均の降雨量強度 mm/h を求めることができる。

地質条件は日本シームレス地質図⁹⁾を参照して調べた結果、(a) 海成または非海成堆積岩類、(b) 付加コンプレックス、(c) 深成岩類の 3 種類に分けることにした。ただし、河岸の侵食距離に与える河岸侵食に対する強度の指標として地質条件を挙げているが、同じ区分としたものの中でもその強度にばらつきは大きいと考えられる。そのため、本研究では上記の 3 種類としたものの、今後は区分方法についてさらに考えていく余地が残されている。

本研究で対象とした地点のデータの範囲は、河岸の侵食距離 20～150 m、勾配 1/250～1/12、曲率 1/2000～1/110 m⁻¹、流域面積 6～450 km²、累加雨量の時間平均 3～7 mm/h であり、これを超えるような条件下で生じる現象にまで本研究の結果を適用することはできないと考えている。

2.3 河岸の侵食距離に対する重回帰分析

2.3.1 各説明変数と間の関係

前節に述べた方法によって取得した 5 種類の説明変数をそれぞれ横軸に、河岸侵食距離を縦軸にとって結果を整理したのが図-4 (a)～(e) である。なお、図中には堰堤などの構造物がない地点のもののみとした。これらの図のみを見ても、侵食距離が各説明変数に対してどのような関数形となっているかを把握することができなかった。これは、各説明変数が相互に影響し合った結果として侵食距離が決まるためである。

そこで、各説明変数と河岸侵食距離との間で重回帰分析を行うことによって、侵食距離を推定することにした。その結果、以下の式が導かれた。

$$\log y = a_0 + a_1 \times \log I + a_2 \times \log 1/r +$$

$$a_3 \times \log A + a_4 \times \log R + a_5 \times \log G \quad (1)$$

ここで、 y : 侵食距離[m]、 I : 勾配、 $1/r$: 曲率[m⁻¹]、 A : 流域面積[km²]、 R : 累加雨量[mm/h]、 G : 地質条件である。なお、地質条件は、(a) 海成または非海成堆積岩類、(b) 付加コンプレックス、(c) 深成岩類の順に硬くなると考えられるため、この順に 1、2、3 と番号を振った。このとき、 $a_0 = 0.87$ 、 $a_1 = -0.32$ 、 $a_2 = 0.26$ 、 $a_3 = 0.14$ 、 $a_4 = 2.05$ 、 $a_5 = -0.28$ となった。また、式(1)では対数をとっている。重回帰分析を行う際に、対数をとったものと線形のままとしたものの 2 種類で検討した結果、河岸侵食距離の推定の精度が高かったのが対数としたものであったため、式(1)を採用することにした。

式(1)で注目すべきは $a_1 \sim a_5$ の係数の正負である。こ

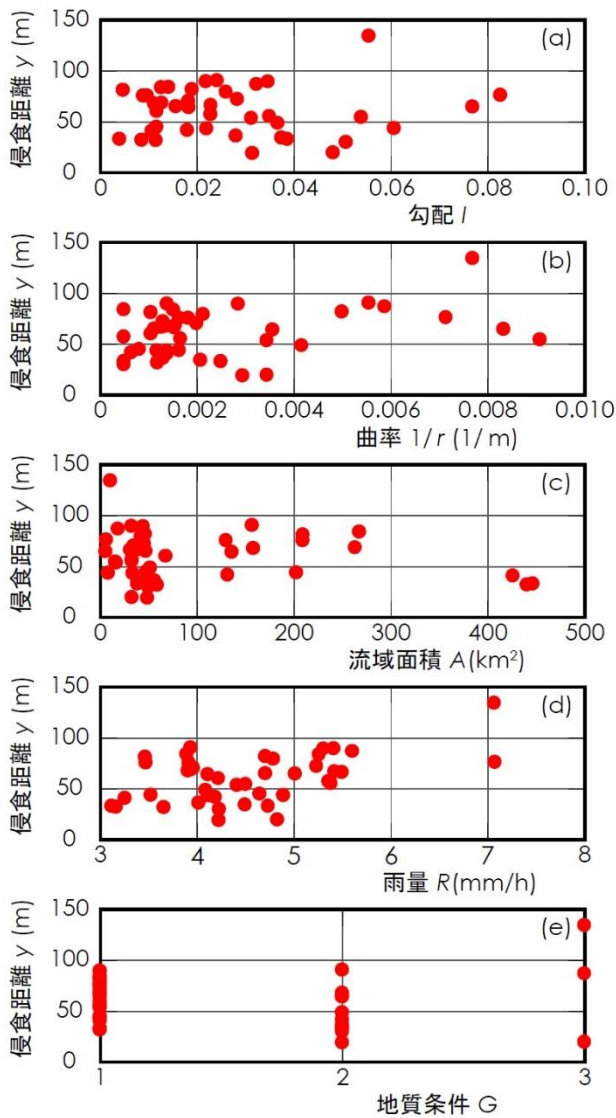


図-4 各説明変数と河岸侵食距離との関係

の係数が正のときには各説明変数が大きくなるにつれて河岸侵食距離も大きくなり、係数が負の場合にはその逆となる。すなわち、 $1/r$ 、 A 、 R が大きくなるにつれて、あるいは I 、 G が小さくなるにつれて y が大きくなる傾向となることがわかる。この中で、勾配 I 以外に関しては一般に予想される傾向と一致すると考えている。著者らは、勾配が大きくなるほど侵食距離が大きくなると予想していたものの、これとは異なる結果となった。その要因としては以下のように推察される。勾配が大きな山地では、水が流れる際には直進性が強く現れるため、河岸侵食距離が小さくなる。一方、勾配の大きな場所から扇状地に向かっていく勾配の変化点付近で河岸侵食が生じている状況が実河川でも見られ、この傾向と一致している。

ここで、既往研究における勾配と被災のリスクの関

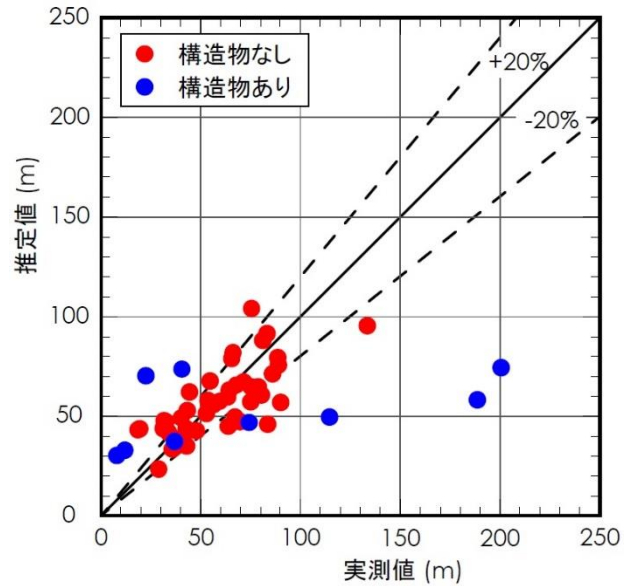


図-5 重回帰分析により得られた式を用いた河岸侵食距離の推定値と画像から求めた実測値の関係

係について調べてみた。佐溝、渡邊ら¹⁾、Johnson⁴⁾の被災リスクの評価式を見ると、勾配を説明変数とはしていない。しかし、勾配と河床材料の平均粒径は正の相関関係にあることと、平均粒径が小さくなるにつれてリスクは大きくなる関係式が提案されている。このことから、本研究によって得られた傾向は既往研究の結果と矛盾していないものと考えられる。

ただし、言うまでもなく河口付近ではほとんど河岸侵食は生じていない。すなわち、最上流域と最下流域では河岸侵食は小さく、それ以外の箇所では河岸侵食は生じるものと考えられる。これらを踏まえて、本研究の適用範囲としてセグメント1程度を対象とした。

2.3.2 重回帰分析の結果

Google Earth から読み取った実際の河岸侵食距離の値を横軸、式(1)による推定値を縦軸にとって結果を整理したのが図-5である。黒色の実線は傾きが 45° の直線であり、この実線上に結果が現れると横軸と縦軸が一致することを意味する。破線はこの実線から $\pm 20\%$ の誤差が生じた場合を参考として示している。●は堰堤などの構造物がない場合の結果を示したものであり、その43ケースの結果を見ると、破線で示した誤差の範囲内に多くの結果が収まっていることがわかる。

また、一般にP-値が0.05を下回ると、説明変数は目的変数に影響を与える因子であると考えられる。式(1)のP-値を調べてみると、 I 、 $1/r$ 、 A 、 R 、 G の順に0.037、0.002、0.179、0.000、0.0819であり、 A 、 G に関しては基準となる値を超えてしまっていることがわかる。さ

らに、この式による重相関係数は0.71程度であり、ある程度強い相関関係があると一般的に判断される。しかし、P-値に関する考察からもわかるように、説明変数をより精度よく集めることによって、P-値はより小さく、重相関係数が大きくなるように見直していく予定である。P-値が0.05を超えると、説明変数から除くのが一般的ではあるものの、著者らは5つの説明変数が侵食距離に関わっていると考えており、取り除くか否かについては十分に精査した上で判断すべきと捉えている。

橋梁被災のリスクを評価する際には、本来、侵食距離の推定値を低水河岸から橋台までの距離で除した値が1を超えるか否かという指標を用いていくべきである。しかし、より簡便な方法として、推定値を川幅で除した値から危険度を評価することも考えている。このように、本研究の成果を被災リスク評価にどのように反映していくかはさらに考えていく必要がある。

次に、堰堤などの構造物がある箇所の結果を示したのが図-5中の●である。なお、堰堤がある地点も含めて重回帰分析を再度行ったわけではなく、式(1)をそのまま用いることによって推定された値を縦軸にとって結果を整理している。この図では、黒色の実線より右下に結果が現れると、実測値の方が大きいことを表すことになる。実測値が50m以上の4個の青色の結果は実線の右下に現れており、堰堤などの構造物によって、水の流れが堰き止められた影響を受けてその直上流で水が広がったものと考えている。そのため、実測値が河岸侵食を表しているものではなく、別途評価すべきものである。一方で、実測値が50m以下の青色の結果は、構造物があるにも関わらず推定値の方が小さくなった。この5箇所のうち3箇所は山に接した場所であるため、これらの場所の河川の横断面の標高を見てみると横断方向の勾配が大きく、標高が高い方向にほとんど侵食されなかったことが要因であると考えられる。残りの2箇所は実測値が10m程度であり、推定値の方が大きくなった。これらの箇所に関しては台風前後の画像を比べてみても、ほとんど変化していない。Google Earthの画像を見ても護岸などの構造物があるか否かを判別することができず、なぜその他の傾向と異なっているかを現状では推察することができていない。今後は、この箇所を視察するなどして、その要因を探ることも考えている。

今後は、より精度の高いデータを取得する方法を考えるとともに、対象とするデータ数を増やすことによって成果の適用範囲をより広げることなどを予定し

ている。これらの成果を踏まえて、本研究で対象とした流域とは異なる河川でどの程度結果が異なるかについても確認していく。

2.4 まとめと今後の課題

本研究の最終的な目的は、橋梁被災の危険度を推定するための評価手法を確立することである。対象とした現象は、河岸侵食が橋台にまで及んで被災した場合である。本報告は被災リスク評価のための第一段階のものとして捉えており、河岸の侵食距離を求めることを目指した。

5つの説明変数（勾配・曲率・各地点より上方の流域面積・この流域面積内の雨量・地質条件）の値を収集し、これと河岸の侵食距離との間で重回帰分析を行った。本研究により明らかとなった主なものを以下にまとめて結論とする。

(1) 各説明変数の大小によって、侵食距離がどのような影響を受けるかという相関関係がわかった。その結果、勾配以外に関しては予想と一致していたものの、勾配が小さくなるにつれて侵食距離が大きくなる傾向が見られた。

(2) 重回帰分析を行った結果を適用すると、重相関係数は強い相関関係があると判断される範囲内の値となった。しかし、各説明変数の相関関係の度合いを表すP-値を見てみると、全ての変数に対して必ずしも関係が強いとは言えない結果となった。これについてはデータの取得方法の再検討を踏まえて精査していく予定である。

3. 迂回流の流体力を算定するモデルの構築

3.1 はじめに

前章までにおいても取り上げてきたが平成28年の北海道豪雨では、8月17日から23日にかけての1週間、北海道に3つの台風が上陸した。その翌週には8月29日から前線に伴う降雨と、台風10号の接近に伴う地形性降雨が降り、日高山脈の東部を中心に記録的な大雨となった。一連の豪雨は中小河川の大規模な流路変動をもたらし、多くの橋梁が被災した。

写真-1に小林橋（北海道・清水町）の航空写真と共に被災の詳細を示した。小林橋は小林川に架かる橋長37.6mの橋である。洪水前の小林川は、写真-1の黒い二本線で示したような川幅10m程度の小河川であったが、豪雨によって左岸が80mにわたり侵食され、橋台が傾斜し背面道路が流失した。また橋梁の上流側には大量の流木が堆積していた。本研究では、平面2次元河床変動解析を用いて流木堆積が河岸侵食へ与えた



写真-1 小林橋周辺被災状況の詳細

影響を分析するとともに、道路盛土に侵食対策を施した場合の効果と課題について検討した。

3.2 数値解析モデルの構築

平面 2 次元河床変動解析は、土砂トレーサーの移動を表現した岩崎ら⁷⁾および濱木ら⁸⁾のモデルを用いた。小林川では流量観測が行われていなかったため、流出解析から求めた流量を用いた。ピーク流量は $232 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、計算時間は砂が活発に移動する流量 $70 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の 14 時間とした。上流端からの流入土砂をトレーサーとし、流入土砂量は動的平衡で与えた。また、粒径は河床材料調査をもとに、 d_{60} 粒径である 45 mm を単一粒径として用いた。

Run 1 では橋梁上部の流木を考慮せず、Run 2 では流木堆積範囲に不透過の障害物を設置した。流木が堆積した時間が不明なため、障害物は計算初期から設置した。Run 3 では橋梁背面道路の法面に侵食対策⁹⁾を施した場合を想定し、道路部を固定床として扱った。

3.3 結果及び考察

図-6 (a)～(c)に Run1 における流入土砂（トレーサー）の堆積厚を示す。流入土砂が小林橋の右岸から左岸へ向かって徐々に堆積し、それに押し出されるように川幅が広がった。図-6 (d)に初期からの河床変動高を示す。小林橋付近における左岸の河岸侵食幅は 65m であり、実際の侵食幅 80m よりは若干少なかった。

小林橋左岸に着目すると、河床が 3m 以上低下しているにも関わらず（図-6 (d)）、流入土砂は 1m 近く堆積している（図-6 (c)）。これは、一度侵食した左岸に流入土砂が再堆積したためである（図-7）。

図-8 に流木を障害物として考慮した Run 2 の河床変動高を示す。緑でハッチングした範囲が水の流れない障害物である。左岸側の河岸侵食幅 69m であり、流木堆積を想定していない Run 1 よりも 4m 増加した。

図-9 に Run 3 の河床変動高を示す。道路に侵食対策

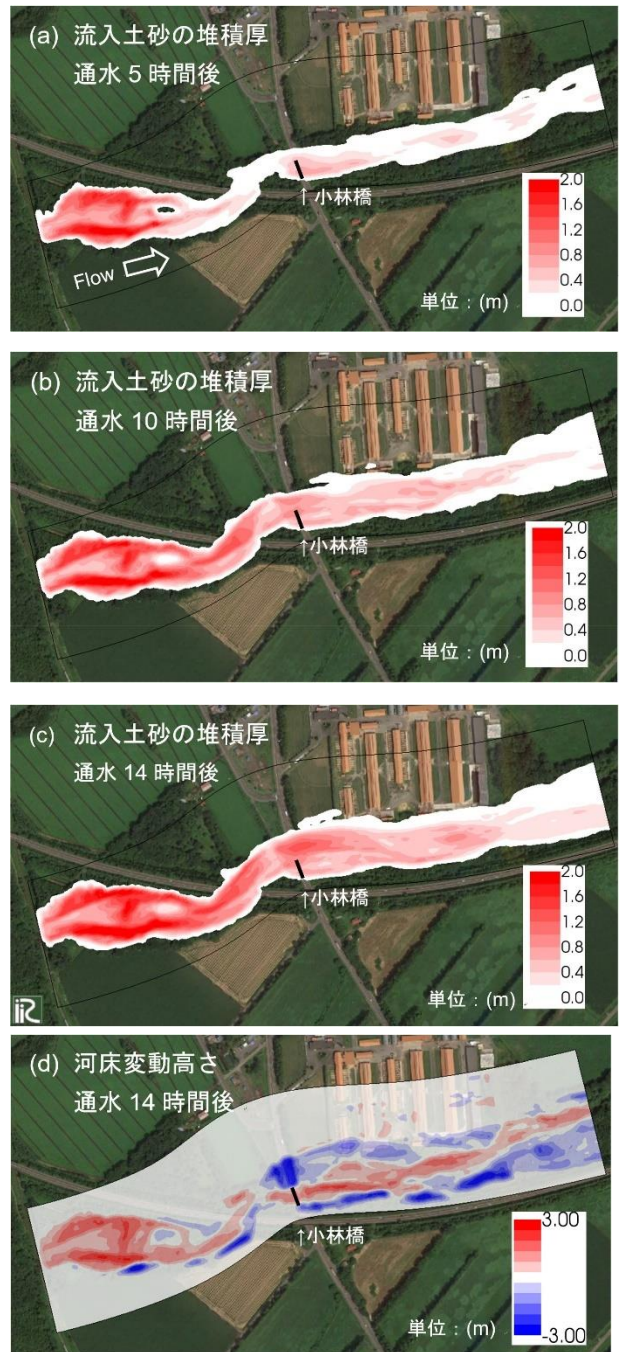


図-6 Run1 の計算結果

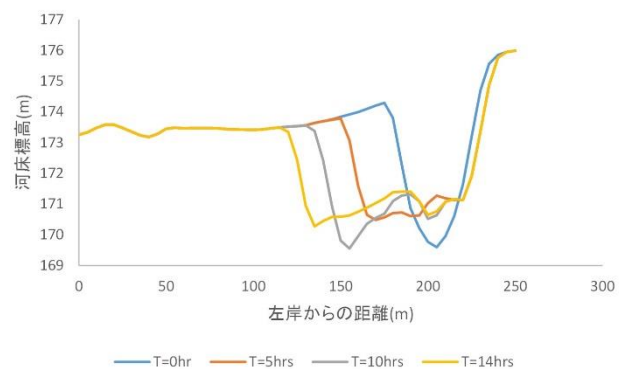


図-7 Run 1 の河床変横断面図

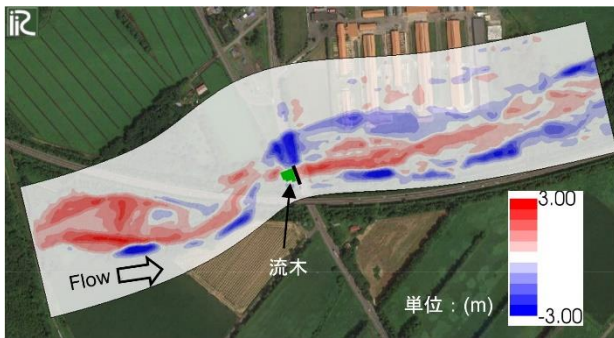


図-8 Run 2 の河床変動高

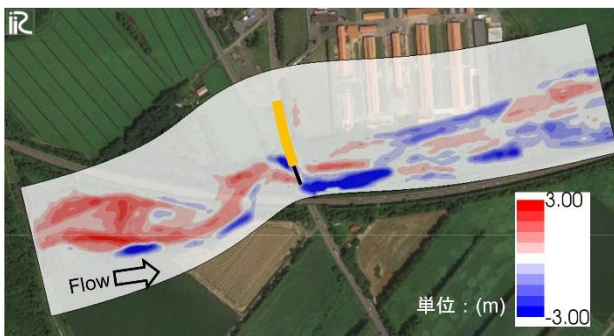


図-9 Run 3 の河床変動高

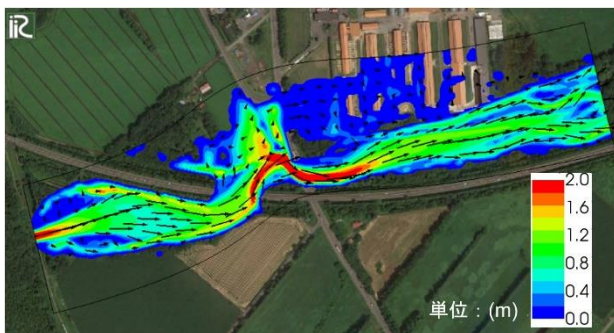


図-10 Run 3 の水深と流速ベクトル（ピーク時）

を施した場合を想定し、オレンジ色の部分を固定床としている。道路を固定すると、左岸の侵食は抑制されるが、右岸側の侵食が顕著となった。また、川幅が大きく広がらないため、道路上流側の湛水が大きくなり、洪水ピーク時に道路を越流する流れが生じた(図-10)。

Run 2 において流木は不透過かつ洪水初期からの堆積を想定している。実際に堆積した流木はある程度水を透過し、堆積も洪水ピークから減衰期にかけてと想定される。つまり計算は実現象よりも河岸侵食を助長させやすい設定となっている。それにも関わらず、河岸侵食の増加幅はわずか 4 m であった。このことは、流木堆積が橋梁被災の主要因では無かった可能性を示している。

次に Run 3 の結果から道路に侵食対策を施した場合

の課題を整理する。対岸の河岸侵食が助長されるため、対岸にも侵食対策が必要となる。また、道路上流側の湛水量が増加し、道路を越流する流れが生じる。このため、道路盛土の背面（下流側）にも侵食対策が必要となる。さらに、湛水時間が増え浸透による盛土破壊が起きる危険性も増加する。このため、浸透流対策も不可欠となる。

Run 1、Run 2 の河岸侵食幅は実測より 10 m 程度少ない。この要因として、流入土砂量の質と量が計算と異なる可能性が考えられる。小林川周辺の上流山地には、 d_{60} が 1 mm～2 mm 程度の周氷河堆積物が分布しており、平成 28 年北海道豪雨ではこれが大量に下流へ流出したことが報告されている¹⁰⁾。小林橋で観測した粒度分布をみると 70 mm と 1 mm～2 mm あたりに 2 つの山があり、後者は上流から流入した周氷河性の堆積物である可能性がある。細かい土砂の大量流入と堆積が河岸侵食に及ぼした影響については、今後さらなる分析を行う必要がある。

4. 本研究のまとめ

本研究では、河川災害に対応する橋梁の防災・減災技術として、これまで十分に確立されていなかった河岸侵食による橋梁被災箇所のスクリーニングを行う手法及び、平面 2 次元数値解析モデルを用いた河岸侵食の予測手法の構築を行った。

橋梁被災箇所の予測手法としては、河岸侵食の現象を規定しうる流域や河道状況に関する 5 つの説明変数を抽出し、重回帰分析によって一定の精度で被災予測を行える可能性を示した。なお、同手法は更に考察を深め、説明変数の抽出に理論的な裏付けを加えた検証を別報¹¹⁾にて報告しており、今後も継続的な精度検証を行う必要がある。

流体力の算定モデルとしては、既往の平面 2 次元数値解析モデルを援用し、小林川周辺の被災要因の分析に適用した。流木の堆積が河岸侵食へ与えた影響を分析するとともに、道路盛土に侵食対策を施した場合の効果と課題について検討したものを報告した。寒地河川チームでは同様のモデルを小林橋（小林川）、九線橋（辺別川）に適用し洪水前後の流路変動の再現を行い、供給土砂の変化が河岸侵食や砂州、蛇行の発達に与える影響を分析し、河床変動の数値解析結果の解釈を深めた事例も別途報告¹²⁾している。以上のような知見を統合することにより、橋梁被災への具体的な対策へ繋げることが期待される。

参考文献

- 1) 佐溝昌彦、渡邊諭、杉山友康、岡田勝也：統計的手法による鉄道橋梁の増水時における被災注意橋脚抽出手法、土木学会論文集 D3 (土木計画学)、Vol.69、No.3、pp. 237-249、2013
- 2) 太田凌平、磯部公一、江川拓也：素因の統計的分析による豪雨時の渡河橋梁直接基礎の洗掘沈下危険度評価、地盤工学会北海道支部技術報告集、第 59 号、pp. 233-242、2019
- 3) 我部山喜弘、角野拓真、岡崎百合子、中村太郎、岡崎慎一郎、梶谷義雄、渡邊諭、佐溝昌彦：機械学習を援用した橋脚の洗掘被災リスク評価モデルの構築、土木学会論文集 B1 (水工学)、Vol.76、No.2、pp. I_601-I_606、2020
- 4) P. A. Johnson: Preliminary Assessment and Rating of Stream Channel Stability near Bridges, J. Hydraul. Eng., 131(10), pp. 845-852, 2005
- 5) P. A. Johnson and R. M. Whittington: Vulnerability - Based Risk Assessment for Stream Instability at Bridges, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 137(10), pp.1248-1256, 2011
- 6) 日本シームレス地質図, <https://gbank.gsj.jp/seamless/2d3d/> (参照日：2022年6月)
- 7) 岩崎理樹、G. Parker、清水康行：自由砂州の影響を受けるトレーサーの移動分散に関する数値計算、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.71、No.4、pp.I_877-I_882、2015
- 8) 濱木道大、岩崎理樹、井上卓也、佐藤大介、サムナー圭希、清水康行：着色流砂実験によるトレーサーの移動分散現象に関する実験と数値計算、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.74、No.4、pp.I_1033-I_1038、2018
- 9) 青木卓也、山梨高裕、橋本聖：河川の超過洪水に対応する橋台背面盛土の保全対策技術の検討、寒地土木研究所月報、第 781 号、pp.12-16、2018
- 10) 川村志麻：2016年8～9月の北海道における豪雨災害に関する報告 7 一般国道 274 号日勝峠の被害と土質特性について、寒地土木研究所月報、第 771 号、pp.48-53、2017
- 11) 井上卓也、平松裕基、森田大詞、濱木道大：河岸侵食幅の推定と橋梁被災リスクの評価、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.77、No.2、pp.I403-I-408、2021
- 12) 井上卓也、水垣滋、前田俊一、矢部浩規：土砂供給シナリオと河岸侵食—平成 28 年北海道豪雨における橋梁被災を例とした検討—、寒地土木研究所月報、第 789 号、pp.9-16、2019

RESEARCH ON DISASTER PREVENTION AND MITIGATION TECHNOLOGIES FOR BRIDGES TO COPE WITH RIVER DISASTERS(RIVER ENGINEERING RESEARCH TEAM)

Research Period: FY2017-2021

Research Team: River Engineering Research Team,
Cold-Region Hydraulic and Aquatic
Environment Engineering Research Group

Author: YABE Hiroki, MAEDA Shun-ichi, OGUSHI Hiroya,
OHISHI Tamaki, YOKOYAMA Hiroshi, INOUE Takuya,
KAWAMURA Satomi, IWASAKI Toshiki, ABE Takaaki,
HIRAMATSU Yuki

Abstract: The 2016 Hokkaido heavy rainfall devastated the number of river structures around bridges and seriously affected infrastructures in Hokkaido. Many cases have been confirmed that the diverted flow and the large channel shift due to the increase in flow discharge eroded road embankment around bridges. This study presents an investigation of a method for efficiently predicting vulnerable point against significant channel shift and development of numerical model for assessing the fluid force of diverted flow around bridges.

Keywords: Bridge failure, River-bank erosion, Multiple regression analysis, Numerical analysis, Numerical Simulation