

2016 年北海道豪雨災害における橋梁被害の被災メカニズムの基礎的検討

Basic investigation of damaged bridges caused by heavy rainfall disaster from Typhoon in Hokkaido, 2016

北見工業大学社会環境工学科 ○学生員 鎌田啓市 (Keiichi Kamata)
 北見工業大学社会環境工学科 正 員 宮森保紀 (Yasunori Miyamori)
 北見工業大学社会環境工学科 正 員 渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)
 北見工業大学社会環境工学科 正 員 川口貴之 (Takayuki Kawaguchi)
 北見工業大学社会環境工学科 正 員 川尻峻三 (Shunzo Kawajiri)
 北見工業大学社会環境工学科 正 員 三上修一 (Shuichi Mikami)

1. はじめに

2016 年 8 月 17 日から 8 月 23 日にかけて、台風 7 号、9 号、11 号が北海道に上陸し、8 月 30 日には台風 10 号が北海道に接近した。これら 4 つの台風がもたらした豪雨により、北海道東部では 8 月の月間総降水量が過去最大となった地点が多い。

このような観測史上最高の記録的豪雨により、河川の増水・氾濫または、道路への雨水の流入が発生し、橋梁や取り付け道路で多数の被害が発生した。

橋梁や取り付け道路が被害を受けると、避難・救助の遅れ、橋梁に添架物がある場合は、断水や停電等の原因になるなど深刻な被害を発生させる。このような被害を無くすためには、橋梁は供用され続けなければならない。

しかし、2016 年北海道豪雨災害において多数の橋梁に、河川の浸食による橋台背面土の流出や、それによる落橋、または道路からの雨水流入による橋台背面土の流出など道路としての機能を失う被害を受けた。

そこで本研究は、2016 年北海道豪雨災害により被害を受けた橋梁の被害形態、被害発生メカニズムを調査・検証・解明し、今後の起こりうる豪雨災害への対策を検討するため、被害状況の基礎的な調査を行ったので報告するものである。

2. 降雨の状況

従来の北海道の大雨は「前線と台風」の組み合わせによるものが多く、2016 年に北海道に上陸した台風 7 号、9 号、11 号はこの組み合わせであったが、台風 10 号は「地形性降雨」が発達した数少ないパターンであった¹⁾。

2016 年 8 月の北海道東部各地の降水量(アメダス)を表-1 に示す。

特に降水量が多かった地域として十勝地方の上士幌町ぬかびら源泉郷が挙げられる。今年 8 月の降水量は 978mm であり、平年値の 198mm と比較すると 5 倍に近い量の降雨があったことが分かる。8 月 16 日から 8 月 31 日までの 16 日間は、ぬかびら源泉郷では 858mm の降水を観測している²⁾。この期間は、4 つの台風が上陸、接近した期間であり、降水量が相当なものだったことがわかる。また、道東全体で平年の 3 倍以上の降水量を観測した。

日高地方や上川地方では、2003 年 8 月の台風 10 号による豪雨や、北海道の豪雨災害として代表的な 1981 年

表-1 2016 年 8 月の北海道東部各地の降水量(アメダス)

地域	観測点	降水量(mm)	平年値(mm)	平年に対する割合	観測史上
オホーツク	北見	365	113	322%	1位
	網走	425	101	421%	1位
	留辺蘂	412	115	358%	1位
	白滝	404	124	325%	1位
	宇登呂	801	119	671%	1位
十勝	帯広	378	139	272%	1位
	ぬかびら源泉郷	978	198	494%	1位
	新得	614	197	312%	1位
	大樹	451	177	254%	1位
	足寄	406	136	299%	1位
日高	日高	334	212	158%	6位
	日高門別	431	178	243%	2位
上川	幾寅	626	162	387%	1位
	層雲峡	425	173	246%	2位
	旭川	378	134	283%	4位
釧路	釧路	432	131	330%	1位
	阿寒湖畔	695	152	456%	1位
	弟子屈	529	147	361%	1位
根室	標津	631	138	458%	1位
	根室	500	167	299%	1位

の 56 豪雨による降水量が 8 月の観測史上最大の降水量となっている。2003 年 8 月の台風 10 号による豪雨災害時には、橋梁の被害が発生している³⁾。

3. 被災した橋梁の被害状況の概要

著者らの現地調査(58 箇所)および、インターネットや行政機関より情報を収集・集計した結果、台風により被害を受けた橋梁は 109 箇所(11/27 現在)あることが分かった。被災した総数 109 箇所のうち 25 箇所が落橋という大きな被害を受けた。

著者らが現地調査を行った橋梁および取り付け道路の被災箇所を図-1 に示す。現地調査 58 箇所の内訳は、道路橋 55 橋、鉄道橋 2 橋、人道橋 1 橋である。鉄道橋 2 橋の被害は、橋桁、路盤の流出などであり、人道橋の被害は、無補剛吊橋の主塔の流出と、どちらも復旧には時間のかかる大規模な被害であった。道路橋 55 橋の被害状況は、落橋や橋台傾斜などの大被害を受け、上部構造を含めた大掛かりな復旧工事が必要だと考えられる橋梁が 19 橋あり、落橋被害のメカニズムは、橋台背面土の洗掘および流出により、橋台が転倒し落橋したことが考えられる。橋台背面土の流出などの被害は受けたが、

規模が小さく復旧が比較的容易だと考えられる橋梁は26橋であった。

現地調査を行った結果、今回の豪雨による被害の多くは橋台背面土の洗掘および流出であった。橋台背面土の洗掘および流出の発生メカニズムをおおまかに

(a)河川型:氾濫流や河岸浸食による作用

(b)道路型:橋台背面への流下水の浸入による作用

の2つの形態に分類し、その模式図を図-2に示す。

今回の災害において多数発生したのが「河川型」であり、落橋など大規模な被害をもたらした。「道路型」は幹線道路ではない場所に多く存在し、復旧に時間を要する恐れがある。次項より被害形態ごとに被災例を挙げ、被害状況を説明する。

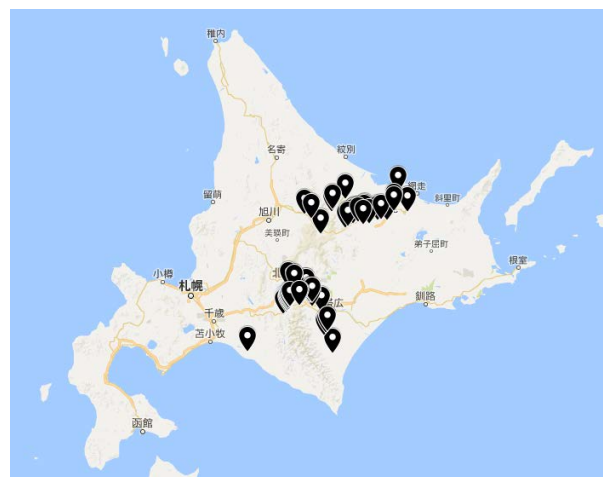


図-1 著者らが現地調査を行った被災橋梁箇所

3.1 河川型の被害状況

河川型の被害状況について、著者らが現地調査を行った遠軽町白滝の支湧別川に架かる湯の沢橋を被災例とし、説明する。

本橋の被害は、橋台背面土流出・橋台の沈下である。図-3, 4 のように、橋台の背面土が流出しており道路としての機能を失っている。これは、豪雨により河川の流量が増加して浸食作用が発生し、背面土を流出させたためである。また、フーチング基礎の下面の洗掘が発生したため、橋台が上流側に傾斜した。

本橋の被害を受けた橋台は、橋脚にウイングを付けたピアアバットという形式になっている。ピアアバットは河川型の場合、取り付け道路部に氾濫流が作用することで、大規模に流出したと考えられる。湯の沢橋の他に河川型の被害を受けた橋梁では、北見市常呂の太幌橋などもピアアバット形式を採用しており、同様の被害を受けている。

河川型では、本橋のように上部構造を含めた大掛かりな復旧工事が必要となる被害が多数発生した。その一方で図-5 の帯広市の戸蔭別川に架かる中島橋のように、背面土が流出したが橋台および橋脚には目立った損傷がなく、復旧がある程度容易な橋梁も確認できた。

上記のような被害の要因について、下部構造の変状については、直接基礎を置いた支持層が洗掘を受けたと考えられる。また、橋台背面土の流出は、河道が変化しやすい箇所であったことや、径間長や橋長そのものが不足して、河道が橋台背面まで移動したためと考えられる。

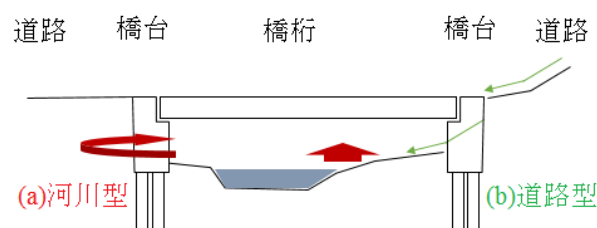


図-2 おおまかな被害分類



図-3 湯の沢橋の被災状況(左岸から撮影)

3.2 道路型の被害状況

道路型の被害状況について、著者らが現地調査を行った北見市留辺蘂の25号沢川に架かる白花橋を被災例とし、説明する。

白花橋の被害は、橋台側面やフーチング上の盛土の流出およびそれによる基礎杭の露出である。25号沢川は谷底にあり氾濫流や河岸浸食により土砂が流出したとは考えづらい。図-6では、道路と平行に側溝と排水管が設置されており、それらが破断している。これにより、側溝と排水管からそのまま雨水が流れ、橋台側面の土砂が流出した。

図-7 のように、橋梁には橋面の雨水を処理する排水



図-4 湯の沢橋の被災状況(上流から撮影)

管が取り付けられている。白花橋の被害は、この橋梁に取り付けてある排水管からの雨水も関係している。過去の点検でも排水管からの雨水により盛土が流出していることが報告されていた。今回の豪雨災害では、北見市留辺蘂の最大 72 時間降水量が 192.5mm と観測史上最高となったことで、排水管から多量の水が放出されたと考えられる。そのため、側溝からの雨水と合わせてさらに盛土を流出させた。図-8 は左岸側全体の状況である。上流側は、側溝からの雨水の流入と排水管からの排水の複合により、基礎杭が露出している。下流側は、排水管からの排水のみにより盛土の流出が見受けられる。下流側は、パイプは破断しているものの側溝からの出水はない。このような状況は、これまで橋梁の設計では重要視されていなかった要因の複合により、構造安定性に影響を及ぼす可能性があることを示した。

その他の道路型の被害は、白花橋同様に川が谷底にある場合が多かった。図-9 に北見市留辺蘂の 22 号沢川に架かる川上橋を示す。本橋は、橋梁が周辺の土地よりも低い谷地形に架けられ、道路勾配により雨水が橋梁に集まり橋台背面に流入した例である。

4. もう一つの被害：流木の堆積

今回の災害では橋脚への流木の堆積が発生した。流木の堆積による橋げたの流出など直接的な構造被害は今のところ確認されていないが、塞き上げにより河道の変化や浸食が発生した。

流木の堆積の状況について、著者らが現地調査を行った北見市留辺蘂の無加川に架かる水郷大橋を例とし、説明する。

図-10 は水郷大橋を上空から撮影したものである。図-10 では、橋脚に流木が堆積し、河道が広がっている。左岸では、橋台内に管理用道路が設置されていたが、出水時にはこの管理用道路まで水が流れている状況だった。また、右岸では図-11 のように護岸が浸食された。

このように、橋梁の構造に直接被害を及ぼさない流木の堆積についても対策が必要である。実際に 2003 年 8 月に台風 10 号による降雨で北海道胆振地方の沙流川流域に架かる橋梁の橋脚に流木が堆積し、橋梁の流出や氾濫などの被害が発生している⁴⁾。また、流木以外に土砂の堆積により河道が変化する事例も見受けられたため、今後の検討が必要である。

5. まとめ

2016 年北海道豪雨災害により被害を受けた橋梁の被災状況や現状、要因、発生メカニズムについて基礎的な検討および考察を行った。調査結果から、特筆すべき点を以下にまとめる。

- ・ 2016 年北海道豪雨災害により約 110 箇所の橋梁が被災し、20 箇所以上で落橋した。これは、道東全域で観測史上最大の降水量を記録したためである。
- ・ 橋台背面土の洗掘および流出の被害形態にはおおまかに 2 つのパターンがあり、河川型と道路型に分けられる。特に河川型は被害を大きくする。



図-5 中島橋の被災状況(右岸橋台)



図-6 白花橋の被災状況(橋上から撮影)



図-7 白花橋の被災状況(左岸上流側)

- ・ 河川型の被害は、橋台背面土の大規模流出を引き起こす。また、橋台や橋脚の基礎部が洗掘され、橋台および橋脚の傾斜も引き起こす。今回、下部構造の傾斜が確認されたのは直接基礎形式のみであった。

被害の大きさは河川そのものの特性も関係していると考えられ、橋梁分野以外での対策も必要となる。

- ・ 道路型の被害は、側溝や橋梁の排水管の雨水処理など、今まで重要視されていなかった要因の複合により被害を大きくさせていることが分かった。新たな排水対策を考え、対策工を開発していく必要がある。
- ・ 今回の災害では、流木の堆積による直接的な橋梁の被害はなかったが、塞き上げにより河岸の変化や浸食が発生し、出水時には管理用道路まで水が流れたため、対策を考える必要がある。

これらの被害を防止するためには、径間長や橋長を見直すことや、基礎の形式を変更するなど橋梁分野における対策が考えられる。さらに、河川そのものの特性の検討や盛土などの土構造における対策も必要であるために、橋梁工学・河川工学・地盤工学が一体となって、メカニズムの解明や対策工の開発に取り組む必要がある。その一方で、今まで重要視されていなかった橋梁や周辺の排水対策などの要因の複合で構造の安定性を損ないかねないほどの被害もあったことから、構造システムとしても、個々の構造物に応じたディテールの検討が求められる。

謝辞

北海道大学の松本高志教授からは有益な助言を頂きました。また、現地調査において住民の方々や行政機関の方々から情報提供などの協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 中津川誠：2016年8月北海道豪雨災害調査団緊急報告会 全体概要と気象・水文の状況、
<http://committees.jsce.or.jp/report/taxonomy/term/50>, 2016.
- 2) 気象庁：台風第7号、第11号、第9号、第10号及び前線による大雨・暴風、
www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2016/20160906/jyun_sokuji20160816-31.pdf, 2016.
- 3) 阿部修也、渡邊康玄、長谷川和義：2003年台風10号出水による沙流川橋梁被害の検討、北海道開発土木研究所月報 No.631, pp.2-9, 2005.
- 4) 玉井信行、石野和男、煤田真也、前野詩朗、渡邊康玄：豪雨による河川橋梁災害-その原因と対策-、技報堂出版、pp.29-43, 2015.



図-8 白花橋の被災状況(左岸全景、復旧工事中)



図-9 川上橋の被災状況(右岸側)



図-10 水郷大橋の被災状況(上空から撮影)



図-11 水郷大橋の被災状況(右岸側)