

令和 2-3 年度土木学会中部支部調査研究委員会
令和元年台風 19 号により生じた千曲川流域の橋梁被害に関する調査委員会

副委員長 近広 雄希
信州大学工学部水環境・土木工学科

1 委員会の目的と意義

2019 年 10 月 6 日に発生した台風 19 号は、10 月 12 日に伊豆半島に上陸した。1 都 12 県の広範囲において大雨特別警報を発令する記録的な豪雨災害となり、全国 71 河川 142 箇所まで破堤した¹⁾。信濃川水系千曲川でも 14 箇所の越水・溢水、1 箇所の堤防決壊は発生し²⁾、人的被害や住家被害、ライフラインへの被害が生じた。橋梁被害について、松田らは千曲川に架かる別所線千曲川橋梁、田中橋、海野宿橋の調査を発災 10 日後に実施した³⁾。また、土屋は河川構造物の被害を地形・地質の視点である河川セグメントから考察し、その過程で別所線千曲川橋梁や谷川・入沢地区の生活道の被害について触れた⁴⁾。しかしながら、千曲川流域に着目した広域的な橋梁の被災調査は実施されてこなかった。

そこで著者らは、千曲川流域の本川だけでなく支川も含めた橋梁の被災調査を行い、その状況を整理し、被害要因を考察した。この目的・意義にもとづき、本調査委員会を表-1 のように橋梁、河川の専門家から編成した。

2 活動内容とスケジュール

千曲川流域を対象に、橋梁被害を明らかとするとともに、今後の国土強靱化に向けた基礎知見として、①：橋梁被害の特徴、②：被害原因の分類、③：被災後の緊急対応と復旧過程を整理する。①では、長野県や市町村などが公開した道路被害状況に関する資料をもとに、橋梁のスパンや形式、架橋位置に着目した特徴の整理を行うとともに、②で行う現場視察と合わせて被災原因を考察する。また③では、現場視察やインターネットや SNS を活用した情報収集を行うことで、復旧の初動対応や復旧後の経過状況を確認する。

表-2 は 2 年間の調査研究の活動スケジュールである。調査研究開始直後から、インターネットや書籍、新聞などの情報をもとに、千曲川流域のどこでどの

表-1 委員構成

役職	氏名	所属
委員長	清水 茂	信州大学 名誉教授
副委員長	近広 雄希	信州大学 助教
幹事	大原 涼平	長野高専 助教
委員	奥山 雄介	長野高専 准教授
委員	豊田 政史	信州大学 准教授

表-2 活動スケジュール

年月	内容
2020.4	橋梁被害の情報収集
2020.5	第 1 回オンライン打ち合わせ
2020.7	第 2 回オンライン打ち合わせ
2020.9	第 3 回オンライン打ち合わせ
2020.9~11	上田市～佐久市での被災調査
2020.12~ 2021.4	被災調査の写真整理 第 4 回オンライン打ち合わせ
2021.5	中部支部総会にて中間報告
2021.7~9	3次元測量候補地の選定 3次元測量の実施
2021.12	調査結果を令和 3 年度土木学会 中部支部研究発表会へ投稿
2022.2~3	報告書まとめ

ような橋梁が被害を受けているか事例収集した。後述の図-1 に示すように、橋梁被害は上田市から佐久穂町にかけての千曲川と千曲川に合流する支川周辺に分布しており、この区間で現地の被災調査を行うこととした。当初の被災調査は 2020 年 5 月に実施する予定であったが、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い 2020 年 9 月～11 月間に実施した。また、当初は千曲川を含めた被災調査を予定していたが、調査時期がずれたことにより復旧工事も進んだため、以下の河川を調査した。

- 上田市：内村川、依田川、武石川
- 長和町：大門川



図-1 東信地区の3日間総降水量分布と主な橋梁被害箇所⁶⁾

- 佐久市：志賀川，滑津川，谷川
- 佐久穂町：余地川，抜井川

被災調査後は、被災状況の整理をするとともに、被災した橋梁の構造特性を収集した。また、調査後には、3次元測量により被災した橋梁とその周辺の状況をデジタルデータとして保存することを検討していたが、この測量も新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、2021年7月に調査結果に基づく計測地の選定、2021年9月に現地測量を行った。なお、この調査研究の成果の一部は令和3年度土木学会中部支部研究発表会にて発表した。

3 千曲川流域における主な橋梁被害

図-1は長野県東信地区における2019年10月11～13日の3日間総降水量分布¹⁾に、著者らが現地視察や文献などにより明らかとした橋梁被害箇所を加えたものである⁶⁾。東信地区では、黄色の凡例のように上田市や東御市の支川の上流部で251～300mmの降水量を、橙色の凡例のように佐久市や佐久穂町、川上村などの支川の上流部で301～400mmの降水量を観測した。橋梁被害は3日間総降水量が多かった千曲川上流～上田市の間、上田市の内村川や依田川、武石川、東御市の鹿曲川、長和町の大門口川、佐久穂町の余地川などに集中していたことが分

表-3 千曲川で被災した橋梁諸元^{3),5),8)}

橋梁名	橋長 (m)	幅員 (m)	構造形式	架橋 (年)	被災内容
千曲川橋梁	224.2	4.5	トラス橋	1924	橋台転倒 一部落橋
田中橋	97.6	5.5	PC橋	1969	橋台背面 土砂流出
海野宿橋	68.5	7.0	鋼桁橋	1999	橋台転倒 一部落橋
布下橋	69.6	2.6	トラス橋	1966	橋台背面 土砂流出
大杭橋	101.7	3.0	鋼桁橋+吊橋	1964	一部流橋
男橋	88.1	6.0	RC突桁橋	1958	橋脚傾斜



(a) 全体



(b) 橋脚近傍



(c) 鋼桁近傍

写真-1 大杭橋

かった。なお、図-1に図示した橋梁被害以外にも、特定の住民のみが使用する生活道の被害報告もあるが被災場所の特定が困難であるため地図からは省いた。以下、代表例として図-1の千曲川、余地川の橋梁被害例について述べる。

(1) 千曲川

表-3に千曲川で被災した橋梁の諸元を示す。千曲川で被災した橋梁は6橋(架橋年の中央値1965年、橋長の中央値92.9m)であった。これらのうち流失

した橋梁は小諸市の大杭橋のみであった。大杭橋は写真-1のように鋼板桁(写真-1(a)手前側)と吊橋(写真-1(a)奥側)から構成され、橋脚はRCパイルベント橋脚と2柱式ラーメン橋脚である。被災後の高欄や桁に流木の痕跡があったことから、災害時には橋桁に強い流体力が作用していたと考えられ、写真-1(b),(c)のようにRCパイルベント橋脚が折れるとともに橋桁が流失したと予測される。他方、残りの橋梁被害は、川上村の男橋で橋脚の沈下が生じた以外、護岸欠損に伴う橋台背面の土砂流出、もしくは土砂流出に伴う橋台の転倒による落橋被害であった。

(2) 余地川

表-4に余地川で被災した橋梁の諸元を示す。余地川で被災した橋梁は4橋(架橋年の中央値1988年、橋長の中央値11.9m)であった。千曲川の被災事例と比べると、架橋年度も20年新しく小規模な橋梁が被害を受けていた。これらのうち流失した橋梁は土井口橋、屋奈久保橋であり、すべて木橋であった。これは木橋が軽量であるためだと考えられる。鋼板桁橋である写真-2の宮浦橋と写真-3の林際2号橋は流失しなかったものの、橋台の損傷と橋台背面の土砂が流出したことにより橋台が転倒し、支承部の変形が見られた。

4 3次元測量による橋梁被害のデジタル保存

従来の被災調査では、収集データが動画や写真などに限られるため、当時の橋梁被害や架橋位置の河川や地形状況を振り返ることは困難であった。そのため、橋梁の流失被害の多かった余地川に着目し、その河川内の宮浦橋を対象に3次元測量による橋梁被害のデジタル保存を試みた。3次元測量には小型で軽量のLeica RTC360 3D レーザースキャナーを用いた。1秒間に最大200万点というスキャンスピードで高品質な3次元点群データとHDR画像の生成を速やかに行うことができる特徴がある。なお、この3次元測量も2020年度内の実施を予定していたが、新型コロナウイルスの感染拡大に伴う被災調査の遅れにより、2021年度に実施をした。

計測時の宮浦橋周辺の様子を写真-4に示す。台風19号で被災した宮浦橋は損傷した橋台近傍を支保工で支えられていたが、保存状況の悪化に加えて

表-4 余地川で被災した橋梁諸元

橋梁名	橋長 (m)	幅員 (m)	構造形式	架橋 (年)	被災 内容
宮浦橋	15.5	4.0	鋼板桁橋	1968	橋台破損
林際2号橋	11.4	3.2	鋼板桁橋	1991	橋台背面 土砂流出
土井口橋	7.3	2.2	木橋	1985	流失
屋奈久保橋	12.4	2.6	木橋	2000	流失



(a) 全体

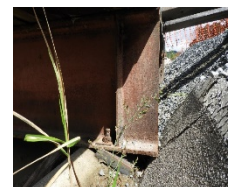


(b) 橋台近傍

写真-2 宮浦橋



(a) 全体



(b) 支承近傍



(c) 被災時の様子⁷⁾

写真-3 林際2号橋

2021年度の台風時期に備えるため、計測時には上部工が撤去されていた。宮浦橋の右岸側(写真-4手前側)には土のう袋が積まれており、左岸側(写真-4奥側)の橋座にはコンクリートのがれきが残っていた。計測した宮浦橋周辺の様子を図-2に示す。計測によって得られた点群データは、右岸側の土のう袋や左岸側の橋座の様子を捉えているだけでなく、周囲の河床や植生状況も包括したものになっている。個々の点群データの座標が明らかであるため、橋長や橋台高さなどの諸寸法を得ることができる。さらには、個々の点群データを繋げることで架橋位置周



写真-4 撤去された宮浦橋上部工

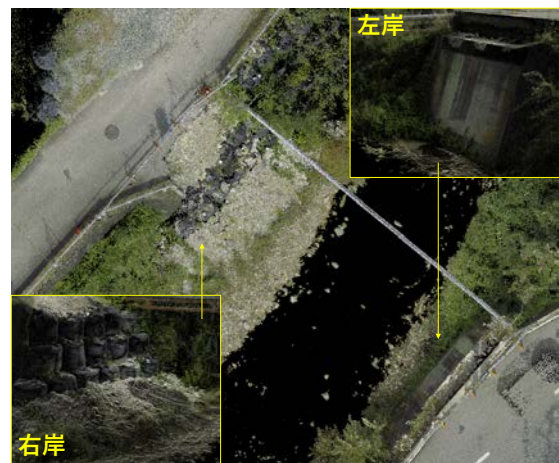


図-2 計測結果の一例

辺の縦断面図や横断面図も得ることができるため、このような橋梁被害のデジタル保存は今後の防災研究を遂行する上でも価値があると期待している。

5 得られた知見と今後の展望

本調査研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 被災調査に基づき橋梁被害を地図上に可視化した。橋梁被害は3日間総降水量が多かった千曲川上流～上田市の間、上田市の内村川や依田川、武石川、東御市の鹿曲川、長和町の大門川、佐久穂町の余地川などに集中していた。
- 千曲川では6橋（架橋年の中央値1965年、橋長の中央値92.9m）の橋梁被害が確認された。橋梁の流失事例は大杭橋のみであり、多くは護岸損傷に影響されたものであった。
- 余地川では、4橋（架橋年の中央値1988年、橋長の中央値11.9m）の橋梁被害が確認された。流失した2橋は木橋であった。
- 3次元測量により周囲の河床や植生状況も包括した橋梁被害のデジタル保存ができた。

今後は、得られた被災データをもとに、水理学的・構造的な視点から被災要因を分析し、橋梁の水害被害に与えるパラメータについて検討を行う。また、本調査研究では3次元測量による橋梁被害のデジタル保存の可能性を見出すことができたため、災害経験の継承を含め、その利用方法も検討していきたい。

謝辞

本調査研究を遂行するにあたり、長野県、佐久穂町から橋梁被害に関する情報提供を受けた。さらに、

3次元測量を行うにあたり株式会社土木管理総合試験所の協力を受けた。ここに記して感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 土木学会水工学委員会, 令和元年台風第19号豪雨災害調査報告書, 2019.
- 2) 国土交通省北陸地方整備局, 千曲川堤防調査委員会報告書, 2020.
- 3) 松田朋也, 川尻峻三, 渡邊康玄, 渡邊健治, 令和元年東日本台風による千曲川の河川構造物の被災調査, 土木学会論文集 B1 (水工学), 76(1), 398-403, 2020.
- 4) 土屋十囀, 激甚化・広域化する豪雨災害—2019年台風19号・千曲川の河川形態と水害の特徴—, 地学教育と科学運動, 85, 3-16, 2020.
- 5) 国土技術政策総合研究所旭・立原庁舎各研究部・センター, 令和元年(2019年)房総半島台風および東日本台風による土木施設・建築物等災害調査報告, I-22, 2020.
- 6) 近広雄希, 豊田政史, 奥山雄介, 大原涼平, 清水茂, 令和元年台風19号により生じた千曲川流域の橋梁被害, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, I-22, 2022.
- 7) 上田市武石地域自治センター地域振興課, 地域自治センターだより武石, 76, 2019.
<https://www.city.ueda.nagano.jp/uploaded/attachment/19629.pdf> (2022.2 取得)
- 8) 小西純一, 水口正敬, 瀬川俊典, 長野県の歴史的橋梁の現況について, 土木史研究, 20, 349-358, 2000.