

序論

1. はじめに

橋梁に対する津波作用については、各機関で実験や数値解析がさかんに実施されているものの、いまだ対津波設計手法は確立されていない。また近年豪雨により橋梁の被害も増加しているが、橋梁に作用する洪水時の作用力についても、これから議論を深める必要がある。本研究小委員会は、前進である「橋梁の対津波設計に関する研究小委員会」での活動を発展させることに加え、橋梁の対洪水設計に関する諸課題を整理し、これらに対する橋梁設計の考え方について広く情報を発信することを目的として設立された。活動期間は2017年5月～2020年11月である。委員名を表-1.1に示す。

まず、この分野の歴史的な経緯について、改めて振り返ってみる。2004年スマトラ島沖地震津波による橋梁の被害^{1.1)}を受け、国内では橋梁の津波被害に関する研究が始まった。この際、橋梁工学分野の研究者と海岸工学分野の研究者は、橋梁及び津波との関連に着目することがなく、分野ごとに独立した研究が行われた。この地震以降、東日本大震災の発生までに実験^{1.2-1.10)}や数値解析^{1.11-1.13)}によって、いくつかの機関で橋梁に対する津波作用力について検討されてきた。しかし、対策検討への方針^{1.14)}は提案されたものの、津波に対して既存橋梁が補強されることもなかった。そして2011年の東日本大震災によって多数の橋梁が津波によって流出する被害が発生したことにより数多くの機関で研究が進められた。特に、構造工学分野と水工学分野との横断的な研究が活発になった。

一方で、近年国内では大雨等による被害が発生し、河川に架かる橋梁が流出する被害、橋脚が沈下する等の被害、また堤防と橋台付近の洗掘による被害が多く発生している。小委員会の活動（前身からの期間も含む）期間中においては、平成29年（2017年）7月九州北部豪雨、平成30年（2018年）7月豪雨、令和元年（2019年）東日本台風（台風第19号）、そして令和2年（2020年）7月豪雨と毎年大雨による被害が発生し、橋梁の流出が認められている。災害のサイクルを考えると、津波よりも明らかに発現サイクルが短いことから、洪水を対象とした研究や対策の検討も、津波と同様に重要であると言える。なお、これらの概要は、1.2にて概要を述べる。

ここで、前身の小委員会でも述べたが、本小委員会の名称に入っている「対津波」、「対洪水」という用語についてふれておきたい。津波・洪水に対して備える設計という意味で、本小委員会では「耐」ではなく「対」という用語を用いた。これは、本小委員会での検討内容が、必ずしもこれらのインプットに耐える設計のみにとどまらない場合が含まれるためである。そのため本小委員会では、津波と洪水に対する設計ということを広義で捉え、「耐津波設計」、「耐洪水設計」ではなく「対津波設計」、「対洪水設計」という用語を用いることにした。

本報告書は3年間の活動成果をまとめたものであり、序章、第1編から第4編の5編で構成されている。序論では委員会活動の概要を、第1編では橋梁等に対する水災害の概要および復旧・復興についてまとめられている。第2編では、橋梁等に対する水災害に関連する影響の評価についてまとめられている。第3編では、橋梁等に対する水災害への対策が紹介されている。最後に第4編では、全体の取りまとめがなされている。

今後、新設橋梁の対津波設計や、既設橋梁の津波対策が検討される機会は増えてくると考えられる。その際の参考資料として本書を活用していただければ幸いである。

表-1.1 小委員会委員

	氏 名	所 属
委員長	竹田 周平	福井工業大学
副委員長	伊津野 和行	立命館大学
幹事長	佐藤 崇	株式会社 長大
副幹事長	中尾 尚史	国立研究開発法人 土木研究所
幹 事	川崎 佑磨	立命館大学
委 員	秋山 充良	早稲田大学
	浅井 光輝	九州大学
	五十嵐 晃	京都大学
	小川 宗正	株式会社 建設技術研究所
	具志 一也	大日本コンサルタント株式会社
	幸左 賢二	九州工業大学
	佐々木 達生	大日本コンサルタント株式会社
	鳴原 良典	防衛大学校
	庄司 学	筑波大学
	田崎 賢治	大日本コンサルタント株式会社
	田中 聖三	筑波大学
	中村 友昭	名古屋大学
	野阪 克義	立命館大学
	丸山 喜久	千葉大学
	宮森 保紀	北見工業大学
米山 望	京都大学	

2. 近年の大雨の概要と橋梁の被害

ここでは、小委員会の活動期間中に発生した大雨が橋梁被害をもたらした代表的なものを整理する。なお一部の橋梁は、第1編においても解説されている。

2.1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨（2017 年）による被害

7 月 5 日から 6 日にかけて、福岡県朝倉市や大分県日田市等において線状降水帯が形成されたことで、猛烈な雨が継続された^{1,15)}。この豪雨により、朝倉市などの九州北部地方では総降水量が 500 ミリを超え、また 7 月の月降水量平年値を超えた。橋梁の被害として、**図-2.1.1** 及び **図-2.1.2** に示す様に花月川（大分県日田市）にかかる JR 久大本線の花月川橋では、多数の橋脚で基部付近が損傷し流下方向に転倒した。また、市道である夜明橋の上部構造の流失や橋台付近が洗掘した。



図-2.1.1 JR 久大本線 花月川橋



図-2.1.2 夜明橋

(著者撮影)

2.2 平成 30 年 7 月豪雨（2018 年）による被害

6 月 28 日から 7 月 8 日にかけて、前線や台風第 7 号の影響により、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となった^{1,15)}。この期間の総降水量が四国で 1800 ミリ、東海で 1200 ミリを超えることとなった。また、九州北部から東海までの西日本エリアに加え北海道地方の多くの観測地点で 24 から 72 時間降水量の値が観測史上第 1 位となる記録的な大雨となった。橋梁の被害として、**図-2.2.1** 及び **図-2.2.2** に示す様に JR 芸備線の第 1 三篠川橋梁の流失や、鳥声橋の上部構造の流失が確認されている。



図-2.2.1 JR 芸備線第 1 三篠川橋梁



図-2.2.2 鳥声橋

(著者撮影)

2.3 令和元年東日本台風（台風第19号・2019年）による被害

10月10日から13日にかけて、神奈川県箱根で総降水量が1000ミリ、東日本を中心に17地点で500ミリを超える記録的な豪雨となった^{1.15)}。この影響で、東日本の広い範囲で一級河川の氾濫が相次いだほか、土砂災害や浸水被害も多数認められている。代表的な橋梁の被害として、長野県の千曲川では多くの橋梁が被災した。図-2.3.1及び図-2.3.2に示す様に、上田市の上田電鉄別所線の千曲川橋梁が左岸の橋台付近の洗掘と上部構造の落橋や、田中橋では橋台（写真中央のピアアバット形式）背面の洗掘が認められている。



図-2.3.1 千曲川橋梁



図-2.3.2 田中橋

(著者撮影)

2.4 令和2年7月豪雨（2020年）

7月3日から8日にかけて、梅雨前線が九州付近から東日本に停滞したことで、西日本や東日本で大雨となり、特に九州では4日からの4日間で記録的な大雨となった^{1.15)}。この大雨により、球磨川や筑後川といった規模の大きな河川での氾濫が相次いだほか、土砂災害や浸水被害等により、人的被害や物的被害が数多く発生し、復旧作業が新型コロナウイルスの感染拡大に影響して遅れている。橋梁の被害としては、熊本県の球磨川本流に架かる道路橋や鉄道橋の多数の橋梁で被害が認められている。特に鋼トラス橋など比較的死荷重が軽い構造での被害が多い。

【参考文献】

- 1.1) 幸左賢二, 内田悟史, 運上茂樹, 庄司学: スマトラ地震の津波による橋梁被害分析, 土木学会地震工学論文集, 第29巻, pp. 895-901, 2007.
- 1.2) 片岡正次郎, 日下部毅明, 長屋和宏: 津波衝突時の橋桁に作用する波力, 第12回日本地震工学シンポジウム, pp. 154-157, 2006.
- 1.3) 庄司学, 森洋一郎: 桁橋の津波被害再現実験, 海岸工学論文集, Vol. 53, pp. 801-805, 2006.
- 1.4) Iemura, H., Pradono, M.H., Tasuda, T. and Tada, T.: Experiments of tsunami force acting on bridge models, 地震工学論文集, Vol. 29, pp. 902-911, 2007.
- 1.5) 荒木進歩, 中嶋 悠, 出口一郎, 伊藤禎和: 河口付近の橋梁に作用する津波流体力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第55巻, pp. 866-870, 2008.
- 1.6) 庄司 学・森山哲雄・藤間功司・嶋原良典・笠原健治: 単径間橋梁に作用する砕波津波の荷重に関する

- る実験的検討, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp.460-470, 2009.
- 1.7) 二井伸一, 幸左賢二, 庄司学, 木村吉郎: 橋梁への津波作用力に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp.471-482, 2009.
 - 1.8) 中尾尚史・伊津野和行・小林紘士: 津波作用時における橋梁周辺の流れと流体力に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp.789-798, 2009.
 - 1.9) 張 広鋒, 薄井稔弘, 星隈順一: 津波による橋梁上部構造への作用力の軽減対策に関する実験的研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 66, No. 1, pp.425-433, 2010.
 - 1.10) 中尾尚史, 伊津野和行, 小林紘士: 橋梁基本断面に作用する流体力と流速・波高の関係に関する基礎的検討, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp.564-575, 2010.
 - 1.11) 五十里洋行, 後藤仁志: 津波氾濫による橋梁被災過程の数値シミュレーション, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.211-215, 2007.
 - 1.12) 鳴原良典, 藤間功司, 庄司学: 橋梁構造物に作用する津波波力の数値計算, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 65, No. 1, pp.899-904, 2009.
 - 1.13) 薄井稔弘, 運上茂樹, 杉本健: 津波に対する道路橋の被害軽減に関する解析的検討, 構造工学論文集, Vol. 56A, pp.464-473, 2010.
 - 1.14) 片岡正次郎, 鶴田舞, 長屋和宏, 日下部毅明, 小路泰広: 道路施設の地震・津波被害想定と対策検討への活用方針, 地震工学論文集, Vol. 29, pp.918-925, 2007.
 - 1.15) 国土交通省・気象庁公式ホームページ; 災害をもたらした気象事例 (平成元年～本年), https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html (閲覧日 2020 年 11 月 10 日).

(竹田 周平)