

土木学会 構造工学委員会

災害時の緊急架設を目的とした緊急仮設橋に関する
調査小委員会

活動報告

令和2年3月

災害時の緊急架設を目的とした緊急仮設橋に関する調査研究小委員会 委員名簿

- 委員長 中沢 正利 東北学院大学 工学部 情報基盤工学科 教授
- 幹事長 小野 秀一 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 部長
- 幹事 有尾 一郎 広島大学大学院 工学研究科 社会基盤環境工学専攻 助教
- 幹事 木下 幸治 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 防災コース 准教授
- 幹事 近広 雄希 信州大学 工学部 水環境・土木工学科 助教
- 幹事 森田 千尋 宮崎大学 工学部 社会環境システム工学科 教授
- 幹事 渡辺 浩 福岡大学 工学部 社会デザイン工学科 教授
- 委員 大瀧 光弘 一般社団法人日本アルミニウム協会 参与
- 委員 佐々木貴信 北海道大学大学院・農学研究院 森林科学分野 木材工学研究室 教授
- 委員 杉田 圭哉 ヒロセ株式会社 東京本店 技術部 技術課 主査
- 委員 谷倉 泉 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 技師長
- 委員 中谷 伸 星軽金属工業株式会社 技術部
- 委員 中村 繁央 三協立山株式会社 三協マテリアル社 技術開発統括室 製品技術部 製品技術課
- 委員 平沢 秀之 函館工業高等専門学校 社会基盤工学科 教授
- 委員 古川 宏典 株式会社住軽日軽エンジニアリング 設計技術部 構造物チーム 主任
- 委員 森本 真一 西宮市 上下水道局 水道計画課 課長
- 委員 渡邊 学歩 山口大学大学院 創成科学研究科（工学系学域） 社会建設工学分野 准教授

(令和2年3月末現在, 五十音順)

目 次

	(頁)
1．はじめに	1
2．自然災害による橋梁の被災事例	2
2.1 地震被害 - 熊本地震(2016)	2
2.2 豪雨被害 - 平成29年7月豪雨(2017)	6
2.3 豪雨被害 - 平成28年8月北海道豪雨被害(2016)	10
2.4 落橋・流橋被害への対応	14
2.5 まとめ	15
3．応急組立橋を用いた復旧事例と課題	16
3.1 応急組立橋の特徴	16
3.2 近年の応急組立橋の出動事例	18
3.3 旧式応急組立橋の災害現場における課題と改善の取り組み	21
3.4 まとめ	21
4．緊急仮設橋の規準整備に向けた提言	24
4.1 被災後の建設現場において求められるニーズ	24
4.2 被災後の各保健・医療救護フェーズと日常生活確保におけるニーズ	26
4.3 規準整備に向けた提言	28
5．緊急仮設橋に分類されると考えられる橋梁の開発事例	30
5.1 木材を主な材料とした橋梁	30
5.2 アルミニウム合金を主な材料とした橋梁	34
5.3 鋼材を主な材料とした橋梁	41
5.4 その他の材料を主な材料とした橋梁	45
6．おわりに	46

1. はじめに

日本は地理的、地形的な条件から、地震・台風・豪雨・噴火等の自然災害が発生しやすい国土となっている。地震被害では、2000年から2009年に世界で発生したM6以上の地震のうち約20%が日本で生じたとの報告があり、地震の頻度だけでなく規模も問題となっている¹⁾。また、近年の地球温暖化の影響や都市化に伴う社会構造の変化等により、台風や短時間強雨（ゲリラ豪雨）の発生数が急増しており、短時間降雨だけでなく総雨量も増加している²⁾。

このような多様化する自然災害被害に対して、内閣府から防災・減災等に資する国土強靱化基本法が平成25年に公布・施行され、翌年その基本計画が示された。国土強靱化基本計画は、国土強靱化に係る指針となるべきものであり、施策の重点化やハード・ソフト両面で効果的に推進し、「自助・共助・公助」の適切な組み合わせなどを示すものである³⁾。例えば、災害時における緊急輸送路を確保するために主要なインフラ構造物の耐震補強や老朽化のメンテナンスが行われ、合わせて警察災害派遣隊、緊急消防援助隊、TEC-FORCEなどの初動対応を行うための体制・機能の充実・強化が重要課題の一つとして推進されてきた。さらに平成30年度には、これまでの自然災害から得られた知見を反映した見直しが行われ⁴⁾、重点化すべき20のプログラムの推進を図るために、3カ年の達成目標を設定した上での緊急対策が提案された⁵⁾。

しかしながら、首都直下地震や南海トラフ地震等の広域被害の懸念や、さらに緊急を要する人命救助や孤立地域の早期解消といった観点、被災後の生活に関わる既設の中小規模橋の仮復旧といった観点など、被災状況に応じて求められる内容が多岐・多様である。加えて被災地では状況が混乱していることに対応するため、現行の道路橋の等級や規定とは異なるが、旧等級でも十分に対応できる性能構造の観点や交通量に見合った1車線分だけでも緊急車両が通行できるような弾力的な運用など、災害復旧や人命救助に特化した橋梁が必要であると考えられる。また、このような特化した橋梁が現行の道路橋示方書の全ての基準を満たす必要があるかは検討の余地があると考えられる。近年、これらに対応すべく各種の仮設橋の開発事例が見られるが、要求性能やそれに応じた設計規準などの整備が十分ではないなどの課題がある。さらには、本小委員会でもこのような仮設橋の定義や性能の捉え方が各委員でバラバラであったことも活動を通じて明らかとなった。

そこで本小委員会では、現行の道路橋示方書等の基準までは要求せず、緊急時には早期かつ簡易に仮設が可能な橋を“緊急仮設橋”と定義し、これまでに無い緊急仮設橋といったカテゴリーの提案を目的として、各種災害による橋梁被害の状況と緊急仮設橋の現状と課題を整理するとともに、被災状況に応じた緊急仮設橋に求められる性能、規準の整備に向けた検討課題を整理した。そして、緊急仮設橋の定義などを示した上で、緊急仮設橋に分類されると考えられる橋梁の開発事例について、特に橋梁に使用される材料に着目して整理した。

参考文献

- 1) 国土技術センター：<http://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary09>
- 2) 副島紀代，萩原由訓，榎木康太，吉野攝津子，野畑有秀：多様化する水害リスクの評価技術，大林組技術研究所報，No. 82，2018.
- 3) 内閣官房，国土強靱化基本計画，2012.
- 4) 内閣官房，国土強靱化基本計画，2018.
- 5) 内閣官房，防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策，2018.

2. 自然災害による橋梁の被害事例

本章では、災害発生後に委員が調査した橋梁の被害事例を紹介し、災害発生後の早期段階における橋梁の復旧状況についてまとめる。

2.1 地震被害 - 熊本地震（2016）

概要：	平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分に熊本県熊本地方を震源とするマグニチュード 6.5，最大震度 7 の地震が発生し（前震），その後 4 月 16 日 1 時 25 分に同地域を震源とするマグニチュード 7.3，最大震度 7 の地震が発生（本震）した。2 度の震度 7 に加え，熊本県と大分県を中心として，3 日間で震度 6 を 5 回記録した。
調査日：	2016 年 6 月 3～5 日（発災から約 2 ヶ月後）
調査地：	熊本県・大分県
被災写真：	次頁以降を参照
コメント：	<p>熊本地震における被災状況調査は，山間地の主要道路に架かる橋梁を中心に実施されていたこともあり，橋梁の落橋に伴う道路の寸断箇所は，阿蘇大橋をはじめ僅かであった。橋梁の損傷状況としては，橋梁伸縮装置部分の段差，支承の破断や落下といった損傷が多く見られた。被害橋梁の当初設計で想定している状況ではないものの，橋台や橋脚上に橋桁は残っており，確認したわけではないが，緊急車両や歩行者程度の荷重に対しては十分な耐力を有しているのではないかと考えられる。</p> <p>一方，橋梁前後の伸縮装置部や橋台土工部においては，段差や路面のひび割れ，盛土のり面の崩落などが多く見られ，普通乗用車の走行に支障をきたしている箇所が多く生じていた。また，今回調査が行われた箇所は元々通行規制が行われていたこともあり，一般市民が安全かつ安心して自由に通行できていたわけではない。したがって，橋梁被害後において，速やかに乗用車や歩行者の通行できるルートを確認することができれば，市民への交通遮断の影響は低減することが可能であると考えられる。</p> <p>このような観点から，緊急時に容易に架設できる緊急仮設橋の配備は重要であると考えられる。しかしながら，このような対応が技術的に可能となったとしても，余震への対応や交通規制の実施は不可欠であるため，管理上の問題に対する検討は十分に行い，道路管理者にとっても安心・安全と考えることのできる対応が必要である。</p>

(1) 大切畑大橋

地震動による支承の損傷によって、橋梁の伸縮装置が損傷し、路面に段差が生じている。橋梁自体にも一部、損傷が見られるが歩行者の通行は可能であると考えられる。車両については、伸縮装置の損傷部を乗り越える必要があるため、このままの状態では乗用車で走行することが困難であると考えられるが、スロープ等を用いることで可能となると考えられる。



(a) 伸縮装置部の段差（ジョイント損傷）



(b) 支承の損傷

写真-2.1.1 大切畑大橋（熊本県道 28 号）

(2) 布田鶴橋

路肩の崩落や地震動による路面の陥没等により、当該橋梁に向かう道路の平坦性が失われている箇所は多く見られたが、歩行者の通行は可能である。橋梁については、支承の損傷により、橋軸直角方向へのズレが確認された。



(a) 路肩の崩落



(b) 支承損傷による伸縮装置部のずれ

写真-2.1.2 布田鶴橋（西原村道堀切高遊線¹⁾）

(3) 府領第一橋

ロッキング橋脚が使用されていた，自動車道上の跨道橋が落橋した．完全に落橋したため，自動車道の走行が不可能となった．



(a) 跨道橋の落橋²⁾



(b) 橋脚基部の一部崩壊

写真-2.1.3 落橋した府領第一橋（九州自動車道緑川 PA 付近）

(4) 阿蘇大橋

斜面の崩落によって流出した土砂に押し流されて落橋した．落橋によって道路が寸断されるとともに，土砂の崩落によって接続する国道も遮断され，交通網としての機能を失っている．橋長は 205.9m と長大橋であり，復旧は容易ではない．



(a) 全景



(b) 落橋した桁の一部のみが確認できる

写真-2.1.4 落橋した阿蘇大橋（熊本県阿蘇郡，国道 57 号）

(5) 俵山大橋

支承の損傷によって、橋梁の伸縮装置部に数十 cm の段差が生じている。また、橋梁前後の土工部においては、盛土部の一部が崩落して道路幅員の約半分が陥没している。歩行者の通行は可能であるが、伸縮装置部に大きい段差があるため車両の通行は不可能である。



(a) 橋梁の伸縮装置部に生じた段差



(b) 土工部の崩落



(c) 支承の損傷と桁のズレ



(d) 橋台背面の崩落

写真-2.1.5 俵山大橋（熊本県阿蘇郡，熊本県道 28 号）

(6) 桑鶴大橋

地震動によって、橋台部が沈下し、橋梁の伸縮装置前後の路面に段差が生じている。段差高さは数十 cm とみられる。このため、歩行者の通行は可能であるが、車両の通行は不可能である。



(a) 全景



(b) 伸縮装置部の段差

写真-2.1.6 桑鶴大橋（熊本県阿蘇郡，熊本県道 28 号）

2.2 豪雨被害 - 平成 29 年 7 月豪雨 (2017)

<p>概 要 :</p>	<p>対馬海峡付近に停滞した梅雨前線に向かって暖かく非常に湿った空気が流れ込んだ影響等により、2017 年 7 月 5 - 6 日にかけて福岡県と大分県を中心に発災した豪雨災害である^{3),4)}。この豪雨により、赤谷川や奈良ヶ谷川など、筑後川の多くの支川の流域では、斜面崩壊や河床・河岸侵食による多量の土砂や流木が洪水とともに流下し、河道が土砂と流木で埋まり、多くの家屋が被災した。</p> <p>この水害で福岡県では 34 名が死亡、4 名が行方不明、大分県では 3 名が死亡、全壊家屋はそれぞれの県で 240 戸と 48 戸、半壊家屋はそれぞれ 810 戸と 269 戸、一部損壊は 39 戸と 5 戸、床上浸水は 23 戸と 150 戸、床下浸水が 540 戸と 843 戸という大災害となった²⁾。ここでは、福岡県朝倉市、大分県日田市において被害を受けた橋梁を中心に委員らが現地調査した結果をまとめ、それら橋梁の被害状況を示す。</p>
<p>調 査 日 :</p>	<p>2017 年 7 月 15 日 (発災から約 10 日後)</p>
<p>調 査 地 :</p>	<p>福岡県朝倉市、大分県日田市</p>
<p>被 災 写 真 :</p>	<p>次頁以降を参照</p>
<p>コ メ ン ト :</p>	<p>豪雨災害の場合は、土砂流で地形が変わってしまうことが多々あり、落橋しても元の位置に橋が架けられない場合も多い。また地形が変わって元の架橋位置に行けない場合もある。このような場合は新規に橋梁が架設されるまでの間、代替路としての迂回路が必要となり、復旧復興状況に合わせて速やかに架けられる橋が望まれると考えられる。また出荷時期を迎える農家のように、緊急的に使用できる橋が必要となる場面は多くあると考えられる。今後は山岳地域のような場所でも災害直後から簡易で効果的な道路復旧の支援ができる仮設橋が求められると言える。</p>

(1) 朝倉市被災地域

豪雨によって、多くの流木や崩れた斜面が見られた。重機を使って回収された流木は、広いスペースにまとめて置かれていた。



(a) 収集された流木



(b) 崩れた斜面

写真-2.2.1 朝倉市被災地域の様子

(2) 流出した橋梁

橋が全体的に流されており、橋台背面は土が流され、その後に流木が溜まっている。



写真-2.2.2 流出した橋梁（朝倉市，名称不明）

(3) 中島橋

1936年に架設された桁橋で、橋長14m、幅員5mである。災害直後に橋桁が流出した同地点に対して、被災後約1ヶ月後に交通機能を回復させるために仮設橋が架けられた⁹⁾。



写真-2.2.3 流出した中島橋（朝倉市，小石原線）



写真-2.2.4 中島橋の復旧の様子⁹⁾

当該橋梁近くの梨農家では、梨の出荷作業のために、川底を渡って対岸の農園と行き来せねばならず、日々の生活が不便となっていた。被災調査の際に、委員が緊急仮設橋の話をする「是非架けて欲しい」と地域住民からの要望があった。



(a) 対岸へ渡るため川に降りる様子



(b) 川を渡る様子

写真-2.2.5 日常生活に支障をきたす地域住民(朝倉市)

(4) 夜明橋

大分県大肥川沿いで見られた被害である。橋桁全体が流出しており、完全に道路が分断されてしまった。流出した桁は 30m ほど下流で発見された。



(a) 側面からの様子



(b) 正面からの様子



(c) 流された桁



(d) 流木が挟まった様子

写真-2.2.6 流出した夜明橋（県道 212 号）

2.3 豪雨被害 - 平成 28 年 8 月北海道豪雨被害 (2016)

概 要 :	平成 28 年 8 月 17 日から 23 日の短期間にかけて台風 7 号・11 号・9 号が連続的に上陸し、河川の氾濫や土砂災害が発生した。さらに 8 月 29 日から台風 10 号の襲撃により、北海道帯広地区及びその周辺地域を中心に大きな被害を受けた。ここでは、上川郡清水町、帯広市、河西郡芽室町において被害を受けた橋梁を中心に委員らが現地調査した結果をまとめ、それら橋梁の被害状況を示す。
調 査 日 :	1 回目：2016 年 9 月（発災から約 1 ヶ月後） 2 回目：2017 年 5 月（発災から約 9 ヶ月後）
調 査 地 :	北海道帯広市・上川郡清水町・河西郡芽室町
被 災 写 真 :	次頁以降を参照
コ メ ン ト :	<p>平成 28 年の台風 10 号によって被害を受けた橋梁が多く見られた。損傷のパターンとしては、橋梁そのものが流出したり、橋台・橋脚が損傷したりするケースがみられたが、河川の流量が多くなったことから、流水が河川から溢れ、溢れた水が橋台背面に流れて橋台背面の土砂を流出させた橋梁が多く見られた。これは被害発生地区が平野であり、周辺山間部からの雨水の流出が集中したことから、河川から水が溢れ出たためと考えられる。また、この地区は中小の河川が多くあることも特徴と言える。</p> <p>広大な北海道であるため、橋梁が通行止めとなると目的地に行くためには大きく迂回しなければならぬため、仮設橋が活躍できる場面は多くあると考えられる。また、北海道の帯広地区は、酪農が盛んであるため酪農用の車両が多く通行する。このため、歩行者が通過できる橋梁に加え、酪農用車両が走行できる仮設橋があるとより良いと考えられる。しかし、水害の被災地域は、土砂や流木の堆積、土工部の洗掘などが生じており、橋梁周辺の整備を行わなければ仮設橋の設置は難しい箇所が多い。このため、バックホウや移動式クレーンなどの建設機械の活用も視野に入れた、復旧の検討が必要であると考えられる。</p>

(1) 新帯橋

橋台背面の土砂が流水により洗掘され、道路が寸断された状況である。土砂の流出は広範囲にわたっているが、外観からは橋本体や橋台、橋脚は健全とみられる。



(a) 平成 29 年 5 月調査時の様子



(b) 上空からの被害状況²²⁾

写真-2.3.1 新帯橋（上川郡清水町）

(2) 清見橋

被災当時は、橋台背面の土砂が流出し、道路が寸断された状態²²⁾であった。調査時点において、橋梁周辺で受けていた被害は僅かながら修復されており、橋梁については仮橋が設置され、交通は確保されていた。



(a) 平成 29 年 5 月調査時の様子



(b) 橋台背面の土砂の流出²²⁾

写真-2.3.2 清見橋（上川郡清水町）

(3) ペケレベツ橋

北側の橋台背面の盛土が流出して道路が寸断されている。多数の流木や多量の土砂が堆積している。道路の寸断箇所は最短距離で24m程度であった。周辺道路も被害を受けており、資機材の運搬や仮橋の設置にあたっては周辺環境の整備が必要である。



(a) 平成28年9月調査時の様子



(b) 平成29年5月調査時の様子

写真-2.3.3 流出したペケレベツ橋（上川郡清水町、道道55号）

(4) 中島橋

東側橋台背面の盛土が流出して、道路が寸断された。寸断箇所は最短距離12.3mである。平成29年5月の調査時には、橋台背面が埋め戻され、車両通行可能な状態となっていた。



(a) 平成28年9月調査時の様子



(b) 復旧後の様子



(c) 埋め戻した橋台背面部分

写真-2.3.4 中島橋（帯広市戸鷲 道道55号）

(5) 明星橋

東側橋台背面の土砂が洗掘により流出するとともに、橋台の不等沈下も確認された。橋台背面側の道路は約38.8mにわたり寸断されている。平成29年5月の調査時には、落下した桁と沈下した橋台は撤去されていた。



(a) 平成28年9月調査時の様子



(b) 被害状況²²⁾



(c) 平成29年5月調査時の様子1



(d) 平成29年5月調査時の様子2

写真-2.3.5 清見橋(帯広市, 市道)

(6) 上美生橋

単純桁3連橋の中間の橋脚が転倒し、2径間分の約47mが落橋した。



写真-2.3.6 上美生橋(帯広市, 道道55号)

2.4 落橋・流橋被害への対応

2.1 から 2.3 で紹介した被害を受けた橋梁のように、民間企業の所有する仮設橋や国土交通省の応急組立橋が代替路や迂回路として用いられていた。

表-2.4.1 は、委員らが調査した災害を受けた橋梁に加えて、文献調査に基づいて、災害後に架けられた応急組立橋と仮設橋の数をまとめたものである⁵⁾⁻²¹⁾。2016 年から 2018 年の 3 年間で、自然災害によって多くの仮設橋が架けられた。

表-2.4.2 は委員らが調査した災害に着目し、架けられた応急組立橋・仮設橋の被災から供用開始までの期間、供用期間をまとめたものである。豪雨災害の例では、小スパンである中島橋の場合、1 ヶ月程度で仮設橋が架けられたが、中スパンの奥漁川橋でも災害発生から 1.5 ヶ月程度の期間を要している。また 24 時間体制による作業が行われた千呂露橋では災害から数週間で架橋できている。熊本地震の例でも 1 ヶ月から 1.5 ヶ月程度で架橋されていることが分かる。

一方、応急組立橋や仮設橋は一旦使われ始めると常設橋ができるまで用いられることが多く、平成 28 年 8 月北海道豪雨災害の千呂露橋や高原大橋の例では、常設橋が架かるまで約 2 年、熊本地震の横江大橋の例では 2.5 年以上の使用期間であった。このような事例から、応急組立橋や仮設橋には、既存の常設橋と異なり、一時的な利用であることから長期耐久性は不要と考えられる。

表-2.4.1 落橋後に架けられた応急組立橋と仮設橋の数（2019 年 8 月時点）

名称	発生日	分類	橋数
平成 30 年 7 月豪雨	2018 年 6 月 8 日-7 月 8 日	台風/豪雨	4
平成 29 年台風 18 号	2017 年 9 月 9 日-18 日	台風	1
平成 29 年 7 月豪雨	2017 年 7 月 5 日-6 日	豪雨	1
利賀村地滑り災害	2017 年 1 月 16 日	地すべり	1
平成 28 年台風 16 号	2016 年 9 月 13 日 -14 日	台風	1
平成 28 年 8 月北海道豪雨災害	2016 年 8 月 17 日 -23 日	台風/豪雨	6
熊本地震	2016 年 4 月 4 日	地震	3

表-2.4.2 架けられた応急組立橋・仮設橋の概要

名称	橋梁名	橋長(m)	供用開始	備考
平成 29 年 7 月豪雨	中島橋	14.0	不明	被災後約 1 ヶ月で仮設橋設置
平成 28 年 8 月 北海道豪雨災害	奥漁川橋	34.0	10 月 9 日	2018 年 10 月 1 日に仮設橋設置
	藍鱗橋	不明	不明	施工日数 4 日、橋長 26m
	千呂露橋	83.8	9 月 13 日	2018 年 10 月 29 日から常設橋
	高原大橋	170.3	9 月 30 日	2018 年 9 月 4 日から常設橋
熊本地震	横江大橋	200.0	6 月 1 日 (2 トン車)	2019 年 2 月 2 日から通行再開
	大正橋	63.3	5 月 24 日	応急組立橋の使用
	戸下大橋	305.0	不明	2017 年 8 月 27 日に長陽大橋ルート ²⁾ の全面開通

2.5 まとめ

本章では、委員が行った過去の災害調査を中心に、橋梁被害状況と落橋した橋梁への早期段階における対応について調査した。熊本地震では、耐震補強効果が見られたものの阿蘇大橋をはじめ数橋の落橋事例が発生した。平成 29 年 7 月豪雨や平成 28 年 8 月北海道豪雨災害では、洪水による土砂や流木によって橋が流される事例が多々存在した。災害直後の初動対応には、重機やトラックのように重車両が通行できなくても、災害対策派遣隊や復旧作業を行う作業員が簡易に行き来できる橋が必要となるケースもあるが、災害後に架けられた仮設橋は供用までに早くて数週間、平均で 1 ヶ月～1.5 ヶ月程度の期間を要していた。そのため、身近な橋が流され地域住民が生活に困る場面もあり、特に山間地域の小規模橋梁に対して仮設橋のニーズはあるが、現状の応急組立橋や仮設橋では早期対応が困難な場合があることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 熊本県阿蘇郡西原村：橋梁長寿命化修繕計画，2014.
- 2) 土木学会西部支部：平成 28 年熊本地震緊急災害報告（第 3 報）
- 3) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨の被害状況と対応等について：内閣府平成 29 年度広報誌「ぼうさい」秋号（第 88 号）
<http://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h29/88/disaster.html>
- 4) 福岡県：平成 29 年 7 月九州北部豪雨における災害対応に関する検証結果報告書，2018.
- 5) 山陽新聞：豪雨被害の矢掛へ「組み立て橋」町道橋の代替、中国整備局が発送
- 6) 福井新聞：国道に海の上通る「コの字形」仮橋
- 7) 愛媛大学防災情報研究センター：平成 30 年 7 月豪雨愛媛大学災害調査団報告書，2019.
- 8) 青木孝樹，武田大樹，水尾隆：国道 36 号白老町竹浦橋の早期復旧に向けて - 被災から学んだ教訓や工夫について - ，平成 29 年度北海道開発技術研究発表会，2018.
- 9) 福岡県朝倉県土整備事務所：平成 29 年 7 月九州北部豪雨 - 災害状況と復旧事業計画概要 - ，2018.
- 10) 本間政幸，野島栄治，竹島義宏：応急組立橋の冬期架設事例における一考察，平成 29 年度北陸地方整備局事業研究発表会，2017.
- 11) 児玉康司，大橋誉典：磯脇橋の災害復旧について，平成 30 年度九州国土交通研究会，2018.
- 12) 国土交通省北海道開発局札幌開発建設部：
https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/douro_keikaku/kluhh4000000dulk-att/kluhh4000000dy63.pdf
- 13) ヒロセ：災害復旧事例集：<http://www.hirose-net.com/works/saigai.html>
- 14) 菊地智宏，藤野戸宏樹，長谷川健一：千呂露橋の被災から応急復旧橋の設置について - 地域住民の安心確保に向けて - ，福岡県朝倉県土整備事務所，平成 28 年度北海道開発技術研究発表会，2017.
- 15) 向上啓，対馬一成：一般国道 453 号豪雨災害からの復旧について，平成 29 年度北海道開発技術研究発表会，2018.
- 16) 国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部：
https://www.hkd.mlit.go.jp/mr/douro_keikaku/c5b1ee000006qz7-att/c5b1ee000000ebkc.pdf
- 17) 国土交通省北海道開発局旭川開発建設部：
<https://www.hkd.mlit.go.jp/as/saigai/vktdfd000000dqmv-att/vktdfd000000dqzf.pdf>
- 18) 国土交通省北海道開発局旭川開発建設部：
<https://www.hkd.mlit.go.jp/as/release/vktdfd000000ehwb-att/vktdfd000000gevi.pdf>
- 19) 高橋良和：2016 年熊本地震による橋梁被害と前震後の調査を踏まえた被害メカニズムの推定，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，73(4)，pp.225-235，2017.
- 20) 国土交通省九州地方整備局：https://twitter.com/mlit_Kyushu/status/999572605211324417
- 21) 堤祥一，福原茂，松尾和敏，雨郡智也：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧について，平成 30 年度九州国土交通研究会，2018.
- 22) 清水町「平成 28 年台風 10 号大雨災害対応報告書」(平成 29 年 7 月)

3. 応急組立橋を用いた復旧事例と課題

本章では、応急組立橋を用いた復旧事例をもとに、その課題についてまとめる。

3.1 応急組立橋の特徴

近年の大規模化・甚大化する自然災害に対して、国土交通省では交通上重要な道路の迂回路や被災橋梁の代替路として利用する応急組立橋を保有している。表-3.1.1のように、応急組立橋は2013年の時点で各地方整備局内に数橋ずつが配備されており計23橋ある¹⁾。その後、新たに7橋の応急組立橋が配備され、現在では国内に30橋がある²⁾。応急組立橋の特徴として、

- 1) 組立・解体・保管が簡単であり、繰り返し利用可能である。
- 2) 現場の架設状況に応じて任意の支間長が得られる。
- 3) トラック輸送ができるように部材寸法・重量が調整されている。
- 4) 主桁連結がピンであり、連結作業が迅速に行われる。
- 5) 部材は亜鉛メッキされているため、防錆効果が高く維持管理が容易である。

などが挙げられる。このように重要な道路の代替路となることや繰り返し利用が想定されていることから多くの応急組立橋は表-3.1.2のように、最大支間長が40～50mのワーレントラス、もしくは、トラスガーダー形式の鋼橋となっている。例えば近畿地方整備局の保有する応急組立橋は、A 活荷重対応の応急組立橋（昭和45年製）とB 活荷重対応の応急組立橋（平成11年製）の2橋であり、前者は2m間隔で40mまで、後者は4m間隔で40mまで架橋できる。さらに最近では緊急仮設橋と呼ばれる災害直後の早期救援活動を目的とした新しい災害復旧支援橋の開発が行われている³⁾。

災害発生後に応急組立橋の出動要請があると、まず出動のための体制・現地状況を確認した上で、協定会社と出動する応急組立橋の使用スパンやその搬入経路などを踏まえた復旧計画を練り、要員・機材・重機の手配を進めていく⁴⁾。応急組立橋の架設には、災害地点の状況や地形から判断して最適な架設工法を選択することが重要となる。例えば、関東地方整備局では架設工法の選定にあたり、ヤードやクレーン車の利用性を加味して手延工法と自走クレーン架設工法が推奨されている⁵⁾。工法選定の注意点として、手延工法では、組立ヤードとして手前側に38m以上、反対側に手延解体ヤードとして10m以上の広さが必要となる。また自走クレーン架設工法では、クレーン車の進入が河川の片岸からのみか、両岸から可能かに加えて、桁下への進入やベント設置の可能性などを検討して、自走クレーン工法や自走クレーンベント工法などを採用する必要がある。

表-3.1.1 国が保有する応急組立橋²⁾

管轄	地方 整備局等	保管場所	保有台数
国土交通省	北海道	札幌開発建設部（北海道札幌市）	2 橋
	東北	東北技術事務所（宮城県多賀城市）	2 橋
	関東	関東技術事務所 船橋防災センター（千葉県船橋市）	2 橋
	北陸	北陸技術事務所 富山防災センター（富山県富山市）	1 橋
		北陸技術事務所 新潟防災センター（新潟県新潟市）	1 橋
		北陸技術事務所 上越防災センター（新潟県上越市）	1 橋
	中部	静岡国道事務所（静岡県静岡市）	1 橋
		中部技術事務所（愛知県名古屋市）	1 橋
		北勢国道事務所（三重県亀山市）	1 橋
		岐阜国道事務所（岐阜県岐阜市）	1 橋
		飯田国道事務所（長野県飯田市）	1 橋
	近畿	近畿技術事務所（大阪府枚方市）	2 橋
	中国	中国技術事務所（広島県広島市）	2 橋
	四国	香川河川国道事務所（香川県高松市）	1 橋
		松山河川国道事務所（愛媛県松山市）	1 橋
		土佐国道事務所（高知県土佐市）	2 橋
		徳島河川国道事務所（徳島県徳島市）	1 橋
中村河川国道事務所（高知県四万十市）		1 橋	
九州	九州技術事務所（福岡県久留米市）	2 橋	
	鹿児島国道事務所（鹿児島県鹿児島市）	2 橋	
内閣府	沖縄	北部国道事務所（沖縄県名護市）	2 橋
			計 30 橋

表-3.1.2 応急組立橋主要諸元の比較表

配備場所	型式	年式	支間 (m)	車道幅員 (m)	歩道幅員 (m)	引用元
船橋防災センター	ワーレントラス	昭和 60 年	16 - 40	6.5	3.0 (1.5×2)	7)
船橋防災センター	ワーレントラス	平成 11 年	18 - 50	7.5	1.5	7)
新潟防災センター	トラスガーダー	昭和 54 年	標準 40 (8m 間隔)	6.0	0.8	6), 8)
富山防災センター	トラスガーダー	昭和 41 年	標準 40 (8m 間隔)	6.0	無し	6)
上越防災センター	ワーレントラス	平成 11 年	18 - 50 (8m 間隔)	7.5	1.5	6), 9)
近畿技術事務所	トラスガーダー	昭和 45 年	10 - 40 (2m 間隔)	6.0	無し	1)
近畿技術事務所	ワーレントラス	平成 11 年	16 - 40 (4m 間隔)	4.0 - 8.0	1.5	1)

3.2 近年の応急組立橋の出動事例

近年の自然災害後に、国土交通省が保有する応急組立橋が出動した事例を表-3.2.1 に示す。自然災害の内訳として、台風・集中豪雨が 10 例、地震が 1 例、地すべりが 3 例となり、自然災害が頻発した 2011 年を除き、概ね 1 年に 1, 2 橋の出動例が確認できる。また事例 3, 5, 13 を除き、出動した応急組立橋の多くは写真-3.2.1 のように山間部に架けられ、支間長を 30m から 40m の間で調整して代替路として用いられた。なお、表-3.2.1 に示す事例は、公表された文献等を参考にとりまとめたものである。そのため、公表されていない事例や民間所有の応急組立橋もあると考えられることから、実際にはもっと多くの事例が存在していることに注意すべきである。

災害発生から供用開始までの復旧期間に着目すると、事例 3・7・13 では 1~2 週間程度、事例 2・4・5・6・14 では 1~2 ヶ月程度、事例 8・11 では 2~3 ヶ月程度となっており、災害から 1 ヶ月程度以内で応急組立橋が架橋された事例は少なく、多くは 1~3 ヶ月の期間を要している。他方、応急組立橋の出動、もしくは架橋作業の開始から供用までの時間に着目すると、事例 1・3・7・13 では 1 週間程度、事例 4・11 では 2 週間後、事例 2・5・8・9・10・14 では 1 ヶ月程度であり、出動できる準備が整えば概ね 1 ヶ月程度で供用できていた。

表-3.2.1 地方整備局が保有する応急組立橋の近年の出勤事例の比較表

事例	発生時期	災害名	架橋場所		支間長	型式	支援状況	作業開始	供用時期	復旧時間 注1	撤去時期	引用元
1	2018/6/28 - 7/8	平成 30 年 7 月豪雨	山間部	岡山県矢掛町内田 (古屋谷線, 古屋谷橋)	28m	下路式 ワーレントラス橋	中国地方整備局	2018/9/27 出勤開始	2018/10/4	88 日	復旧中	10) - 12)
2	2017/1/16	利賀村 地滑り災害	山間部	富山県南砺市 利賀村上百瀬地内	40m	組立式 トラスガーダー橋	北陸地方整備局	2017/2/9 - 28	2017/3/7	50 日	2018/11/28 撤去	13)
3	2016/9/13 - 14	平成 28 年 台風 16 号	海沿い	鹿児島県垂水市 (国道 220 号, 磯脇橋)	40m	下路式 ワーレントラス橋	九州地方整備局	2016/9/20 出勤開始	2016/9/27	13 日	2018/2/27 撤去	14) - 16)
4	2016/8/20	平成 28 年 8 月 20 日大雨	山岳部	北海道川上郡 (国道 38 号, 高原大橋)	50m	下路式 ワーレントラス橋	北海道開発局	2016/9/16 架設開始	2016/9/30	27 日	2018/10/23 撤去	17), 18)
5	2016/6/24-7/28	深港地区 土石流災害	海沿い	鹿児島県垂水市 (国道 220 号, 深港橋)	40m	下路式 ワーレントラス橋	九州地方整備局	2016/8/6 - 9/5	2016/9/5	39 日	2020/2/28 撤去	19)
6	2014/9/11	平成 26 年 9 月 11 日豪雨	山岳部	北海道千歳市 (国道 453 号, 奥漁川橋)	50m 橋長 51m	下路式 ワーレントラス橋	北海道開発局	2016/9/27 架設開始	2014/10/9	28 日	2017/9/25 撤去	20) - 23)
7	2014/7/9	南木曾町 土石流災害	山間部	長野県南木曾町 (県道 264 号, 梨小沢橋)	18m 橋長 22m	下路式 ワーレントラス橋	中部地方整備局	2014/7/13 - 7/15	2014/7/16	7 日	2015/2/12 撤去	24)
8	2013/9/13 - 16	平成 25 年 台風 18 号	山間部	京都市右京区下弓削町地先 (国道 162 号, 鳴瀧橋)	30m	下路式 ワーレントラス橋	近畿地方整備局 北陸地方整備局	(近)2013/12/4 (北)2013/11/19	2013/12/20	98 日	2016/4/21 撤去	1), 25), 26)
9	2012/7/11 - 14	九州北部 豪雨災害	山間部	福岡県八女市黒木町古屋 (国道 442 号, 須崎橋)	32m	下路式 ワーレントラス橋	九州地方整備局	2012/9/1 出勤開始	2012/10/3	81 日	2013/11/13 撤去	27)
10	2011/8/25 - 9/5	平成 23 年 台風 12 号	山岳部	奈良県吉野郡川上村迫地先 (国道 169 号, 西谷橋)	40m	下路式 ワーレントラス橋	近畿地方整備局	2012/2/22 - 3/23 架設作業	2012/3/24	201 日	2015/3/31 復旧完了	1), 30) - 35)
11	2011/8/25 - 9/5	平成 23 年 台風 12 号	山岳部	奈良県吉野郡十津川村 (国道 168 号, 長殿橋)	42m	下路式 ワーレントラス橋	近畿地方整備局 中部地方整備局	2011/11/4 - 17 架設作業	2011/11/18	74 日	2014/6/4 撤去	1), 31) - 37)
12	2011/8/25 - 9/5	平成 23 年 台風 12 号	山岳部	和歌山県田辺市中辺路町 (国道 311 号)	40m	下路式 ワーレントラス橋	近畿地方整備局 中国地方整備局	(近) 2011/11/4 - (中) 2012/3/21 - 5/10	2012/10/1 迂回路の供用	392 日	2015/3/27 復旧完了	1), 31) - 35)
13	2011/3/11	東日本 大震災	海沿い	岩手県陸前高田市 (国道 45 号, 川原川橋)	16m 計 48m	組立式 トラスガーダー橋	北陸地方整備局	2011/3/18 - 24 架設作業	2011/3/25	14 日	2011/4/22 撤去	39)
14	2008/7/28	前線豪雨	山間部	富山県南砺市祖山地先 (国道 156 号)	40m	組立式 トラスガーダー橋	北陸地方整備局	2008/8/8 - 9/6 すり付け部含む	2008/9/7	41 日	2009/12/5 撤去	6)

注 1 : 復旧時間は災害発生直後から供用開始までの日数としている。



(a) 事例 1¹⁰⁾



(b) 事例 2¹³⁾



(c) 事例 3¹⁴⁾



(d) 事例 4¹⁷⁾



(e) 事例 5¹⁹⁾



(f) 事例 6²¹⁾



(g) 事例 7²⁴⁾



(h) 事例 8²⁵⁾



(i) 事例 9⁴³⁾



(j) 事例 10³¹⁾



(k) 事例 11⁴⁴⁾



(l) 事例 12⁴⁵⁾



(m) 事例 13⁴⁶⁾



(n) 事例 14⁶⁾

写真-3.2.1 被災後に架設された応急組立橋の例

3.3 初期型応急組立橋の災害現場における課題と改善の取り組み

応急組立橋の課題に対して文献 13)では、“近年の風水害で落橋する災害が発生しており、道路の寸断や遠距離の迂回路を避けるためには短時間で緊急に架設できる橋が望まれている。初期型の応急組立橋は年数の経過や使用により陳腐化が進んでおり、組立作業に時間がかかる状況がある”と述べられている。また文献 48)では、“ 応急組立橋は、組立て構造であるものの鋼製のトラス型式や I 桁型式といった主構造を有する橋梁であり、構造的には安定し、重荷重にも対応している。しかし組立てに必要な仮設ヤードの確保や、運搬や組立て、架設に時間が掛かるなどの課題もある”といった趣旨の内容が述べられており、両者とも既存の応急組立橋に対する迅速性に改善の余地があることを指摘している。

これらの文献は既存の応急組立橋の自然災害直後の対応力について言及しており、機動性・作業性などに改善の余地があると問題提起している。文献 13)では、これらの経験を踏まえた改善点を以下のようにまとめている。

(1) 部材数量の少数化

初期型の応急組立橋では、支間長 40m の架設に対して 1 主桁 7 部材(6m×6 部材, 4m×1 部材)から構成され、5 本の主桁を組立てるため計 35 部材が必要となる。組立手間を減らすためには 1 部材を大きくし組立部材数を減らす必要がある。このため応急組立橋の 6m 部材を 2 つ接続して 12m の状態で保管した事例が見られるが、大型トレーラが走行できない走行路では 10m 以下で搬送することになったため、接続を解除し、付属品を含め 10 トントラック・15 トントラックでの搬送が必要となった。

(2) ボルト規格の統合、ピン構造の採用

応急組立橋の主桁に使用するボルトは 9,505 本必要であり、M22×60 が 2,364 本、M22×75 が 4,800 本と規格の近い 2 種類のボルトが大半を占める。規格の近いボルトの種類をまとめることでボルトの取り違い低減や管理の省力化につながると考えられる。また、1 部材の規格を大きくすることで部材間のボルト接合数を減らす、添接板をあらかじめ桁本体に取り付けて、ピン構造で接合するなどの改善が図られている。

(3) 応急組立橋の小型化

応急組立橋は配備当初、2 車線の幅員確保を条件として導入されたものが多いが、近年、緊急復旧路、緊急工事用道路として幅員 1 車線分の応急組立橋の導入が増えている。災害による道路被災は、橋の流出だけでなく、道路の崩落、土砂による道路の埋没などがあり、道路が寸断された結果、集落等が孤立したり、遠距離の迂回路が必要となったりする。このような状況に対応するため、緊急路の開通を目的に幅員 1 車線の応急組立橋を保有する地方整備局が増えてきている。

3.4 まとめ

本章では、応急組立橋の事例をもとに、その出動傾向を探るとともに初期型の応急組立橋の課題について整理した。多くの応急組立橋は 16～40m の支間長を持っており、大型車両の通行もできるように道路橋示方書と同様に設計されているため、東日本大震災のような特殊な事例を除き、災害発生から供用までに 1～3 ヶ月程度の事例が多い。なかでも初期型の応急組立橋については架設期間が長くなる傾向が見られた。

応急組立橋の架設に時間が掛かる理由としては、重機の使用を前提とした架設工法であるため重機の手配が不可欠、重機や運搬用トレーラを搬入できる架橋場所の選定やルート決めに時間を要する、橋梁部材数が多いため現場搬入にも時間を要する、などが挙げられる。また重機やトレーラも現場によっては進入困難な場所もあり、市町村道のような狭い道路に架けられた事例は少ない。そのため、応急組立橋が導入当初は 2 車線であったものが 1 車線の仕様に変更になる傾向があるように、輸送性・施工性を重視したものが増えつつある。さらには、使用ボルトの規格の統一化や使用本数の減少など、より短時間で組立作業ができ

るような応急組立橋が求められている。

参考文献

- 1) 田中和嗣：応急組立橋を用いた災害復旧支援，平成 26 年度国土交通省近畿地方整備局研究発表会，2014.
- 2) 藤井和久：復興の要-応急組立鋼橋の重要性と技術革新，JSSC 会誌，40，pp.28-19，2020.
- 3) 鈴木勝，玉越隆史，沢田道彦：緊急仮設橋の開発について，橋梁と基礎，49，11，pp.46-51，2015.
- 4) 稲垣孝：応急組立橋の架設と供用上の課題，橋梁と基礎，46，8，pp.87-90，2012.
- 5) 国土交通省関東地方整備局：応急組立橋(60-1340)取扱説明書，2013.
- 6) 宮島実，小林弘郎：応急組立橋の架設と供用上の課題について，第 27 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会，2009.
- 7) 国土交通省関東地方整備局：応急組立橋の維持管理と訓練報告：
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000105737.pdf
- 8) 国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所：<http://www.hrr.mlit.go.jp/hokugi/topic/974/>
- 9) 国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所：http://www.hrr.mlit.go.jp/hokugi/file/bousai/machine/12-2_bridge-waren.pdf
- 10) 山陽新聞：<https://www.sanyonews.jp/photo/detail/800874>
- 11) 岡山矢掛で応急「組み立て橋」供用開始：<http://okayama00glocal.blog.jp/archives/77165414.html>
- 12) 国土交通省中国地方整備局：平成 30 年 7 月豪雨に関する中国技術事務所の対応：
http://www.cgr.mlit.go.jp/ctc/disaster_response/pdf/H3007nishinohon_12.pdf
- 13) 本間政幸，野島栄治，竹島義宏：応急組立橋の冬期架設事例における一考察，平成 29 年度北陸地方整備局事業研究発表会，2017.
- 14) 児玉康司，大橋誉典：磯脇橋の災害復旧について，平成 30 年度九州国土交通研究会，2018.
- 15) 国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所：http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kisyahappyou/h28/data_file/1474445006.pdf
- 16) 垂水市平成 28 年 16 号対策：<https://www.city.tarumizu.lg.jp/hisho/kurashi/bosai/bosai/taisaku/h28/h280918.html>
- 17) 渡邊一悟，高山博幸，桜井裕万：台風の影響により被災した高原大橋の仮復旧について - 工期短縮を可能にした受発注者の協体制 - ，第 60 回（平成 28 年度）北海道開発技術研究発表会，2017.
- 18) 遠藤拓雄，多田和広，吉田展之：台風の影響により被災した高原大橋の本復旧完了について - 早期供用にに向けた工程管理について - ，第 62 回（平成 30 年度）北海道開発技術研究発表会，2019.
- 19) 増田貴文：鹿児島県垂水市二川深港地区土石流災害の概要と対応について，西部地区自然災害資料センター - ニュース - ，No.61，2019.
- 20) 川畑光人，谷口拓也，太田裕之：一般国道 453 支笏豪雨災害復旧工事について - 集中豪雨災害状況と応急復旧の工事報告 - ，第 56 回（平成 26 年度）北海道開発技術研究発表会，2015.
- 21) 向上啓，対馬一成：一般国道 453 号豪雨災害からの復旧について，第 61 回（平成 29 年度）北海道開発技術研究発表会，2018.
- 22) 国土交通省北海道開発局：「北海道開発局 平成 26 年 9 月 11 日低気圧に伴う豪雨による災害警戒本部」の廃止及び災害情報（最終報）について：https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/ud49g7000000mdmy-att/09_gouu_haishi.pdf
- 23) 国土交通省国土技術政策総合研究所，国立研究開発法人土木研究所研究所：平成 26 年（2014）北海道地方被災橋梁等調査報告，2015.
- 24) 国土交通省中部地方整備局：長野県南木曾町へ TEC-FORCE 派遣～土石流被害の調査・復旧に向けて～
- 25) 国土交通省北陸地方整備局：<http://www.hrr.mlit.go.jp/press/2016/04/160421kikakubu.pdf>
- 26) 京北きょうかん通信平成 26 年 1 月号：<https://www.city.kyoto.lg.jp/ukyo/cmsfiles/contents/0000188/188168/42601.pdf>
- 27) 国土交通省九州地方整備局：平成 24 年北九州北部豪雨災害での活動：
http://www.qsr.mlit.go.jp/bousai_joho/tecforce/H24_hokubugouu.pdf
- 28) 国土交通省九州地方整備局九州技術事務所：【平成 24 年 9 月 1 日～】福岡県八女市黒木町：
http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/kiki_bousai/saigai_shien/h240901_01.html
- 29) 国土交通省九州地方整備局九州技術事務所：応急組立橋が地域連携・防災に活躍
http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/site_files/file/office/tayori/20131122_1.pdf
- 30) 奈良県：紀伊半島大水害の記録，2013：<http://www.pref.nara.jp/secure/99453/honpen-2.pdf>
- 31) 国土交通省近畿地方整備局企画部企画課紀伊半島大水害記録誌事務局：2011 年紀伊半島大水害：国土交通省近畿地方整備局災害対応の記録，2013.
- 32) 川上村成長期：<http://www.vill.kawakami.nara.jp/life/docs/2017020600330/>
- 33) 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所：災害対策用機械の出動履歴：
<https://www.kkr.mlit.go.jp/kingi/disaster/rireki.html>
- 34) 国土交通省：平成 23 年台風第 12 号及び 15 号による被害状況等について（第 53 報）
<https://www.mlit.go.jp/common/000225731.pdf>
- 35) 国土交通省中国地方整備局：応急組立橋の派遣概要：<https://www.cgr.mlit.go.jp/kisha/2015june/150608top.pdf>
- 36) 産経ニュース：<https://www.sankei.com/region/news/140605/rgn1406050076-n1.html>
- 37) 国土交通省中部地方整備局北勢国道事務所：<http://www.cbr.mlit.go.jp/hokusei/kisya/h23/111208/index.htm>
- 38) 国土交通省中部地方整備局北勢国道事務所：<http://www.cbr.mlit.go.jp/kisya/2014/05/0537.pdf>

- 39) 大森祐一, 奥住雅彦, 藤原克宏: 津波で流出した国道 45 号川原川(かわはらがわ)橋における応急組立橋: 地方整備局間の連携による早期応急復旧, 橋梁と基礎, 46, 8, pp.38-41, 2012.
- 40) 東日本大震災(第 125 報): <http://210.248.150.32/common/001023825.pdf>
- 41) 建設コンサルタンツ協会北陸支部: 雪の音, 131, 2017.
- 42) 石井鉄也: 紀伊半島大水害災害復旧工事について, 平成 29 年度北陸地方整備局事業研究発表会, 2017.
- 43) 国土交通省九州地方整備局九州技術事務所: http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/kiki_bousai/saigai_shien/h240901_01.html
- 44) 国土交通省中部地方整備局北勢西国道事務所:
<http://www.cbr.mlit.go.jp/hokusei/cms/news/logs/20180104094435/20180104094435.pdf>
- 45) 建設工業新聞: <https://www.decn.co.jp/?p=39932>
- 46) 東北地方整備局震災伝承館: <http://infra-archive311.jp/s-douro.html>
- 47) 増尾健: 災害対応から見えた災害対策用機械に関する課題と今後の対応~今現場でやるべきことは何か~, 平成 24 年度スキルアップセミナー関東, 2012.
- 48) 小野秀一: 急速架設を実現するための構造を有する緊急仮設橋, 構造工学論文集 Vo.62A, pp.1272-1281, 2016.

4. 緊急仮設橋の規準整備に向けた提言

本章では、2章で示した橋梁の被災事例を基に被災後の建設現場において求められるニーズと被災後の各保健・医療救護フェーズにおけるニーズを整理した上で、3章で示した応急組立橋による復旧事例と時間的な課題から、被災後の経過時間に合わせて求められる橋梁を整理した。最後に、今後の緊急仮設橋の設計規準整備の必要性について述べた。

4.1 被災後の建設現場において求められるニーズ

2章で述べた災害後の代替路として、3章で示したように応急組立橋が用いられてきた事例では、その復旧時間は周辺環境が整っている場合は2週間程度であるが、概ね災害発生から1ヶ月以上の時間を要することが分かった。図-4.1.1に3章の表-3.2.1の事例2, 3, 8, 9, 13, 14に対して、被災から出動、もしくは架設開始まで、出動、もしくは架設開始から供用までの時間割合を表したものを示す。図-4.1.1をみると、多くの事例に対して架設に至るまでの段階で時間を要していることが分かる。これは、災害後の交通規制の影響が大きく、工事車両や重機などの現場搬入ができないためである。さらに、図-4.1.2は事例14における工程表である。この工程表をみると、災害発生から具体的な計画に移るまでに10日、出動計画と準備に4日、現場の基礎工事に10日、架設に9日、架設後の舗装に2日の時間を要している。この事例では、道路被害も目立っていたため全体の約26%の時間を基礎工事に当てており、出動計画が立ち上がるまでと同程度の時間を要している。次いで、応急組立橋の組立に全体の約24%の時間を、計画・準備、舗装は数日の時間を要した。この事例のように、被災後の交通規制の影響により、工事車両や重機などの現場搬入ができないことから、実際に架橋計画が立ち上がるまでに加えて、現場の基礎工事や組立作業に時間を要していることが分かる。

一方、2章で述べたような山間部に多い小スパン橋への緊急出動を考えた場合、大型トラックでは現場搬入ができないことが考えられる。表-4.1.1は道路運送車両法により規定されるトラックの限界寸法を示す。例えば全長に着目すると、3 ton以下の積載が可能な小型トラックでは4,700 mm以内、6.5 ton以下の積載が可能な中型トラックでは12,000 mm以内、10 ton以上の積載が可能な大型トラックでは12,000 mm以内の全長となる。また主要なトラックメーカーのカタログを参照してみると、表-4.1.2のように標準的な寸法が表される。

トラックの荷台長の平均値は、小型トラックで3.1 m、中型トラックで5.0 m、大型トラックで9.7 m程度となる。また道路交通法では、積載物が車両の全長の1/10の長さを超えてはみ出さないこと、高さ3.8 mを超えないことが規定されている。以上のように、被災地の山間部の小スパン橋への緊急出動を考えた場合には、交通規制にもよるが小型トラックで3.5 m、中型トラックで6.0 m、大型トラックで11.2 mが目安になると考えられる。ただし、大型トラックの標準的な床面高さが1.1 mから1.4 mであり道路交通法の最大高さとは2.1 mから2.4 m程度の余裕があるため、積載長と合わせて考慮する必要がある。

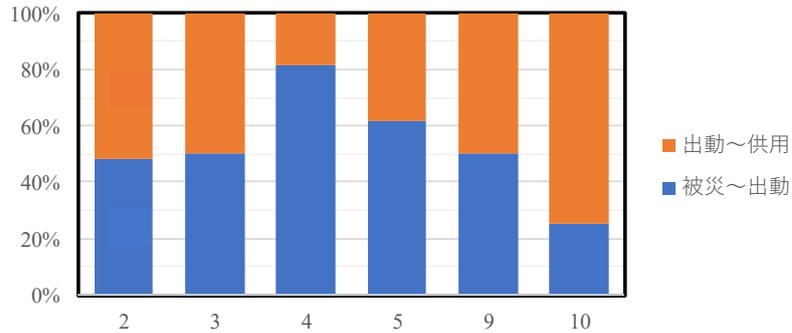


図-4.1.1 供用に至るまでの所要時間の割合

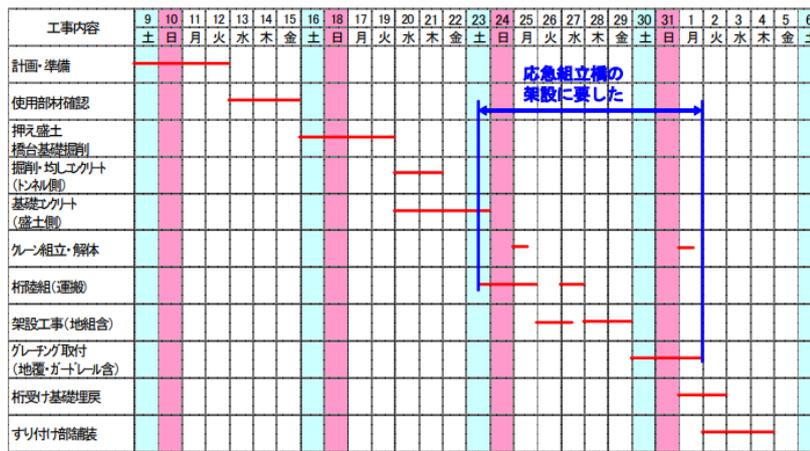


図-4.1.2 応急組立橋の架設工事工程¹⁾

表-4.1.1 道路運送車両法によるトラック寸法

車両種類	小型トラック (2, 3 ton トラック)	中型トラック (4, 6 ton トラック)	大型トラック (10 ton トラック以上)
全長	4,700 mm 以内	12,000 mm 以内	12,000 mm 以内
全幅	1,700 mm 以内	2,500 mm 以内	2,500 mm 以内
全高	2,000 mm 以内	3,800 mm 以内	3,800 mm 以内
最大積載量	3,000 kg 以内	6,500 kg 以内	6,500 kg 以上

表-4.1.2 標準的なトラック寸法

車両種類	小型トラック (2, 3 ton トラック)	中型トラック (4, 6 ton トラック)	大型トラック (10 ton トラック以上)
全長	4,685-4,690 mm	6,875-7,265 mm	11,810-11,990 mm
全幅	1,695 mm	2,230-2,255 mm	2,490 mm
全高	1,965-1,980 mm	2,400-2,540 mm	3,095-3,180 mm
荷台長	3,115-3,120 mm	4,600-5,305 mm	9,500-10,030 mm
限界積載長	3,583-3,589 mm	5,288-6,032 mm	10,681-11,229 mm

4.2 被災後の各保健・医療救護フェーズと日常生活確保におけるニーズ

表-4.2.1 と表-4.2.2 は保健活動のフェーズ²⁾、医療救護活動のフェーズ²⁾、表-4.2.3 はフェーズごとの災害時のイメージ²⁾をまとめたものである。ここでフェーズとは、発災直後から復興までの間で変化する生活の場や人々の生活、心身の局面・段階を意味する。各表においては、被災後24時間以内のフェーズ0から状況と経過時間に応じたフェーズ5までの5段階で活動が分類されている²⁾。市民やマスコミの感覚としては「保健活動のフェーズ」が、緊急仮設橋の目的を人命救助・医療、ならびに被災後のスムーズな日常生活確保と考えれば「医療救護活動のフェーズ」と「フェーズごとの災害時のイメージ」の整理が不可欠である。

以上の各保健・医療救護フェーズとフェーズごとの災害時のイメージを基に、経過時間において求められる仮設橋へのニーズを表-4.2.4 に示す。各フェーズでのニーズ(重要度)を時間経過とともにおおまかに示すと、時間を経るとともに安全性は上昇、施工性は低下、利用性は上昇、耐久性は上昇になると考えられる。

表-4.2.1 保健活動のフェーズ²⁾

フェーズ	経過時間	内 容
フェーズ0	24時間以内	初動体制の確立を目指す時期
フェーズ1	72時間以内	緊急対策 / 住民の生命・安全の確保を行う時期
フェーズ2	状況によって 変わる	応急対策期 / 避難所対策が中心の時期
フェーズ3		応急対策期 / 避難所から仮設住宅等次の住まい入居までの期間
フェーズ4		復旧・復興対策期 / 仮設住宅対策や新しいコミュニティづくりが中心の時期
フェーズ5		復興支援期 / コミュニティの再構築と地域との融合、復興住宅等への移行期間

表-4.2.2 医療救護活動のフェーズ²⁾

フェーズ	経過時間	内 容
フェーズ0	発災直後 (発災～6時間)	建物の倒壊や火災等の発生により傷病者が多数発生し、救出救助活動が開始される状況
フェーズ1	超急性期 (6～72時間)	救出された多数の傷病者が医療機関に搬送されるが、ライフラインや交通機関が途絶し、被災地外からの人的・物的支援の受け入れが少ない状況
フェーズ2	急性期 (72時間～1週間)	被害状況が少しずつ把握でき、ライフライン等が復活し始めて、人的・物的支援の受け入れ体制が確立されている状況
フェーズ3	亜急性期 (1週間から1か月)	地域医療やライフライン機能、交通機関等が徐々に復旧している状況
フェーズ4	慢性期 (1～3か月)	避難生活が長期化しているが、ライフラインがほぼ復旧して、地域の医療機関、食料品店や薬局が徐々に再開している状況
フェーズ5	中長期 (3か月以降)	医療救護所がほぼ閉鎖されて、通常診療がほぼ再開している状況

表-4.2.3 フェーズごとの災害時のイメージ²⁾

フェーズ	経過時間	内 容
フェーズ0 から1	発災後概ね72時間未満	災害発生直後，思いがけない災害に混乱しつつ行動する時期．家屋の倒壊や土砂崩れなどに遭遇し，多くの住民が一時集合場所や避難場所を経るなどして指定避難所や学校等公共の場所に避難．自宅，テント，車中などを居場所とする人もいる．
フェーズ2	発災後概ね3日以上	住民の避難先として，介護等が必要な方に二次（福祉）避難所が設置され，避難所から移る方がいる（移動や調整など支援が必要）．ライフラインが一部復旧し，避難所から自宅に戻る．夜間のみ避難所で休む，一時的に親戚宅に避難（域外避難）するなど，住民の居場所と避難者数に変化が見られ，様々な相談が寄せられる．また，医療チーム，自治体の応援保健師・栄養士など多くの外部支援者が被災地支援に入る時期であり，協働して活動を行うための調整が必要．フェーズ2の後半には避難所の統合・縮小・閉鎖の検討が始まる．
フェーズ3	1週間から1か月以上	避難所の統合・縮小・閉鎖により，避難所間の移動が必要となったり，仮設住宅や借り上げ住宅などへの移動，実家等へ避難していた母子が帰宅するなど，住民の生活環境が変わる時期．生活再建に向けて経済的な問題も表面化．また多くの外部支援者が活動を終了し撤退．

表-4.2.4 経過時間と仮設橋へのニーズ

経過時間	ニーズ・要求性能	安全性	施工性	利用性	耐久性
～6時間	このフェーズでできることはない/ニーズもない	-	-	-	-
～72時間	人命救助・搬送・避難の通路確保のための橋．であれば， ・最低限の安全が確保できればよい ・ごく容易・迅速に施工できなくてはいけない ・利用に制限や不便があってもやむをえない ・耐久性・たわみ制限は考えなくてよい				×
～2週間	最低限の生活に寄与できる橋であれば， ・最低限の安全が確保できればよい ・容易・迅速な施工が求められる ・利用性はある程度求められる ・耐久性・たわみ制限は考えなくてよい				×
～1年	復旧活動や避難生活に必要な橋．であれば， ・安全性はある程度必要 ・容易・迅速な施工が求められる ・利用性はある程度求められる ・耐久性は考えなくてよい				×
1年～	当面使用されることが想定される橋．であれば， ・通常の橋に準じた性能 ・ただし，施工は迅速・容易であること ・耐久性はほどほどにあること				

4.3 規準整備に向けた提言

以上の被災後のニーズを基に，図-4.3.1に被災後の経過時間に合わせて求められる橋梁タイプを提示する．前述のように既存の応急組立橋は早くて2週間の時間で架橋できるものの現場依存性が大きいとため，ここでは，災害初期の2週間までに架橋できるものを「緊急仮設橋」として新たに定義した．小型・中型トラックでの機動力のある輸送で，かつ，人力やユニッククレーンを用いた緊急仮設橋の架設が想定でき，想定荷重を人や自家用車などの軽量なものを対象とする．最近の緊急仮設橋の研究事例³⁾より，耐荷重の向上を目的に補強された緊急仮設橋により通行車両の許容重量の増加も期待されている．またこの期間以降では復旧作業が進んでいき，応急組立橋に合わせて，代替路となる仮設橋の建設や新橋が検討される段階となり，1か月以降は，仮設橋，常設橋が建設される．

一方，経過時間に合わせて求められる橋梁タイプを整理したが，表-4.2.4中に「耐久性・たわみ制限は考えなくてよい」と示すように「想定荷重」，「たわみ制限」といった設計条件の緩和が不可欠である．これは，すなわち，本章で示した被災後の災害復旧，人命救助や被災後のスムーズな日常生活の確保のニーズへ対応可能な緊急仮設橋の実用化のためには，既存の規準類では不十分であることを示している．これまでも，平沢ら⁴⁾により「緊急仮設橋の要求性能と橋梁形式及び架設工法」が発表されているが，発表資料には，「緊急仮設橋の必要性は今後益々高まると予想されるが，その位置づけは明確でなく設計規準も整備されていない」と記載されるなど，想定荷重として人や自家用車などの緊急仮設橋における設計規準の新たな設定，

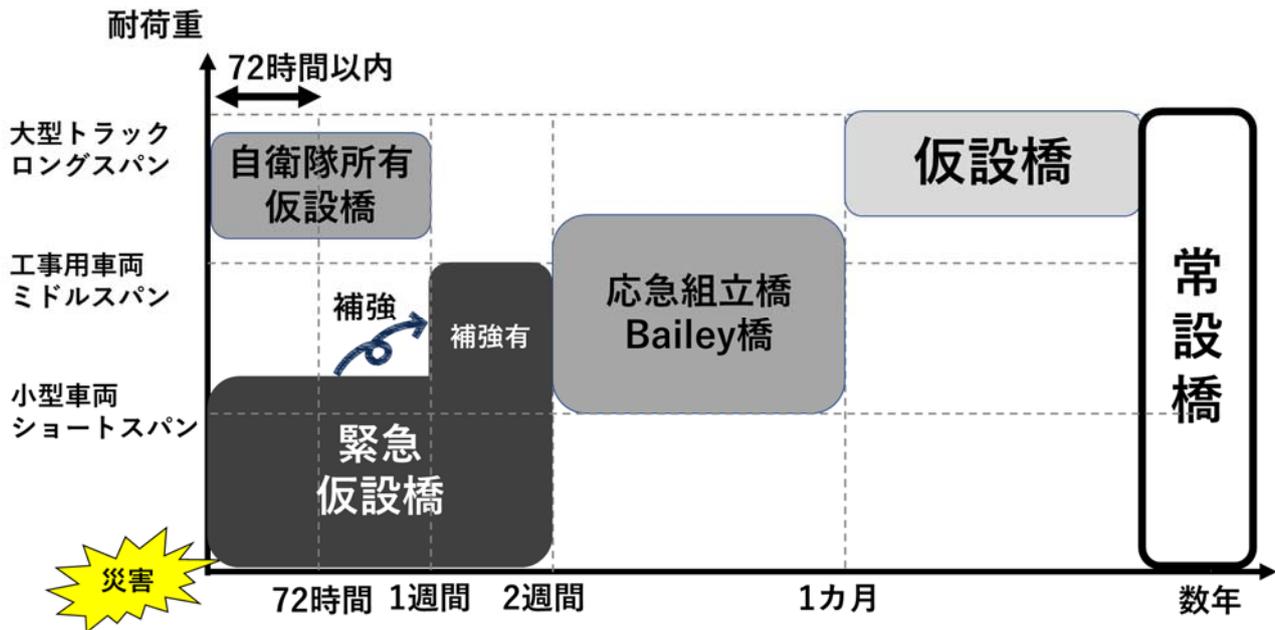


図-4.3.1 被災後の経過時間に合わせて求められる橋梁タイプ

もしくは既存規準の緩和が必要であると述べられている。

我が国の国土強靱化を進める上でも、確実に対応すべき上記の社会的ニーズに対して、一早く学協会により「緊急仮設橋の設計規準の整備」を進め、緊急仮設橋の適用拡大に寄与すべきと考えられる。

参考文献

- 1) 本宮島実, 小林弘郎: 応急組立橋の架設と供用上の課題について, 第 27 回 土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 2009.
- 2) 東京都西多摩保健所: 西多摩圏域 市町村災害時保健活動ガイドライン ~ 保健師の活動を中心に ~, 2017.
- 3) Chikahiro, Y., Ario, I., Pawlowski, P., Graczykowski, C., & Holnicki Szulc, J.: Optimization of reinforcement layout of scissor type bridge using differential evolution algorithm, *Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol.34, No.6, pp.523-538, 2019.
- 4) 平沢秀之, 佐藤史織宮島, 戸沼淳: 緊急仮設橋の要求性能と橋梁形式及び架設工法について, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会, 2019.

5. 緊急仮設橋に分類されると考えられる橋梁の開発事例

3章で紹介したように、これまでの多くの被災時には応急組立橋によって道路交通網の復旧が図られてきている。一方、応急組立橋は大型車両にも対応することなどから、応急組立橋が供用されるまでに2週間から3か月程度を要するなど、より緊急性が求められる事象には対応し難いといった課題があると考えられる。このような事象に対応すべく、応急組立橋よりもっと早く架設が完了できることや、架設に大型重機を必要としない橋といった緊急仮設橋のカテゴリを明確にして、求められる性能などを整理する必要があるとの提案を4章で行った。

緊急仮設橋にカテゴリ化される橋や緊急仮設橋としても活用可能と考えられる橋については、これまでもいくつかの研究開発事例が見られる。そこでここでは、研究開発橋梁の主な使用材料（木材、アルミニウム合金、鋼材など）に着目して、緊急仮設橋に分類されると考えられる橋について、それぞれの橋の特徴や課題を紹介する。

5.1 木材を主な材料とした橋梁

(1) 木材と木橋の特徴

木材は、樹木の幹を加工し、そのまま建設材料にしたものである。幹が太く曲がりの小さい針葉樹が多く使われるが、中でもスギの利用が多く、地域によってはヒノキやカラマツも多い。木材の性質には樹木だったころの名残が色濃く反映される。例えば、軽くて強いものの極端な異方性材料であり、割れや反りが生じる。個体差は加工度を上げれば弱めることができるがコストアップに繋がる。森林資源が豊富な我が国では入手性はおおむね良好であるが、伐出して乾燥、製材するにはやや時間がかかる。

強度は小さいと思われがちであるが、弱い樹種であるスギでも圧縮許容応力度は標準的なコンクリートと同レベルと決して弱くはない。ただし建設材料としては柔らかくヤング係数は小さい。つまり木材とは、軽くて強い、ただしたわみやすい材料であると言える。樹種で見ると、強度やヤング係数はスギよりヒノキやカラマツが大きいですが、性質はあまり変わらない。

「土木」の名を挙げるまでもなく、木材はかつて主要な建設材料であった。それが現在の地位に甘んじるようになったのは、性能ではなく樹木に由来する以下の3つの特徴が影響している。1つめは資源である。戦時中の乱伐により高度成長期には極端に木材の資源不足が発生した。この時代には精力的に植林がなされたが当然ながら供給力はすぐには回復せず信頼を失った。2つめは不均質性である。樹木由来であるため均質ではなく、これが固有の狂いを生じさせるため人工材料と比較して扱いにくいと感じられた。3つめは耐久性である。有機材料であるため耐久性はどうしても弱点である。

緊急仮設橋であっても、このような木材のネガティブイメージは払拭する必要があるが、以下のように考えるとよい。まず、木材資源の不足は戦後75年を経て解消しており、むしろ資源の余剰が問題となっている。耐久性に関しては、短期間供用が前提の緊急仮設橋では問題とならない。不均質性は変えられないが、それが問題とならない利用法を考えればよい。つまり、木材の特徴を活かせる利用方法が提案できるとよい。

表-5.1.1は、木材の特徴と、木橋が緊急仮設橋（以下、「緊急仮設木橋」と称す）にどう活かせるかをとりまとめたものである。これらを考え合わせると、緊急仮設木橋は、発災直後の初動対応の橋、小規模な橋、そして短期の供用となる橋に向いていることがわかる。

表-5.1.1 木橋の特徴と緊急仮設木橋への活用

特徴	状況	活用法
加工が容易	簡単な工具で切断・開孔できる。 現場合わせも容易。	簡易橋に向いている。
軽い	人力施工もある程度可。	簡易施工に向いている。
入手性がよい	長尺・大径材の調達は難しい。	小規模橋に向いている。
重量構造物が苦手	対応するには長尺大径材と高価な接合具が必要。	小規模橋には向いている。
耐久性に難	耐久性を付与するには防腐加工が必要。	長期の供用には向かない。



写真-5.1.1 安堵橋



写真-5.1.2 安堵橋の組み立ての様子



写真-5.1.3 移設前の木製トラス実験橋



写真-5.1.4 移設先への設置の様子

(2) 緊急仮設橋の参考となる事例

前項で紹介した木橋の特徴が活かされている例を2つ挙げる。

写真-5.1.1は、東日本大震災で被災した岩手県大槌町に建設された仮設住宅と住民のために2012年に架設された橋である¹⁾。仮設住宅の利用が終了するまでの約6年間使用された。用水路を跨ぐ橋長6.3mの歩道橋であるが、6m超の木材は調達しにくいこととそのままでは曲げ耐力が不足することから、角材を上下縁に並べ、パンチングプレートのウェブと一緒に横締めした箱形断面となっている²⁾。部材が軽量なため、写真-5.1.2のように人力の施工が可能である。また組み上がった橋も軽量であるため、安全な場所で組み立ててクレーンで所定の位置に設置することも容易であった。組み立てから架設まで作業は1日で終了しており、特殊な技術も必要としないことから、発災初期の応急対応には有効な方法と言える。

もうひとつは、写真-5.1.3 の木製トラス歩道橋である。木部材はトラス材床材とも 120mm×120mm の汎用的な断面で、長さは 2.5m と 1.2m のみで構成されている。鋼製格点部材とボルト、剛性向上のためのワイヤー、橋門構に合板が使用されている。支間は 10m、格点間は 2.5m である。歩道橋として群衆荷重で設計されており、床面にも同寸法の角材が敷き並べられている³⁾。

この橋は 2010 年に学校敷地内に実験橋として架設され、2015 年に登山道の橋に移設された。移設にあたっては、解体の上トラックで輸送、隣接地で組み立てて写真-5.1.4 のようにクレーンで一括架設された⁴⁾。支間 10m に対して総重量は 1.5 トン程度しかなく、軽量という木橋の特徴が表れている。当初から簡単に組み立てられることと部材の汎用性が考慮されており、同様な構成により 2.5m 間隔ピッチで最長支間 15m までの橋が可能である。この橋では、トラス格点材のみを準備しておけば、他は容易に入手できる汎用品であるため、迅速な架設に対応できる。部材が小さく軽いため、現場によってはクレーンがない環境でも架設可能であり、解体・移設も容易であることから発災初期のややハイスpek的な歩道の確保に有効であると言える。

(3) おわりに

最後に、今後緊急仮設木橋を活用していくための検討課題を挙げておく。

- ・木橋でどこまでのスペックに対応できるのかを明確にしておく。
- ・緊急時にどのように材料を調達できるか確認しておく。
- ・緊急仮設橋としての過剰とはならない必要性能を整理しておく。
- ・支間長や用途等ごとの標準設計を準備しておく。

また、ここでは主構造が木材である橋の例を 2 つ示したが、木材の特徴を考慮すれば鋼製の緊急仮設橋の床版材のみに木材を活用する方法も有効であると考えられる。写真-5.1.5 は、そのヒントとしてスギ CLT (直交集成板) を床版材に使用した永久橋の架設事例である⁵⁾。この床版ブロックは PC 版と同等の性能を有しながら重量は 1/6 程度と極めて軽い。これを工場で加工し、現場では敷き並べるだけというメリットは極めて大きく、車道スペックの緊急仮設橋の桁構造の小断面化、基礎負担の低減による低コスト化なども実現できる。



写真-5.1.5 CLT 床版橋の施工の事例

参考文献

- 1) 佐々木貴信, 後藤文彦, 安部隆一, 熊谷誠喜: 秋田スギの角材を利用した組立・解体が容易な木橋の開発 オンライン生産システムを用いた低コスト木製土木施設の提案, 秋田県立大学ウェブジャーナル A: 地域貢献部門, vol.1, pp.1-5, 2013.
- 2) ブイジュハイ, 後藤文彦, 薄木征三, 佐々木貴信, 安部隆一: プレストレス木床版と鋼トラスを用いたハイブリッ

ド木橋，木材利用研究論文報告集 Vol.10，pp.19-24，2011．

- 3) 平沢秀之，吉田朋哉，戸沼淳，佐藤哲也，渡辺浩：木材のカスケード利用とトラス橋による実証実験，木材利用研究論文報告集(査読部門)，Vol.9，pp.112-119，2010．
- 4) 平沢秀之，戸沼淳，小澤暁栄，藤田好彦，渡辺浩，鈴木讓：応急橋に適した木製トラス橋の開発とリユース，構造工学論文集 Vol.62A，2016．
- 5) 佐々木貴信，有山裕亮，荒木昇吾，豊田淳，山内秀文，林知行：CLT 床版の耐久性付与技術の開発，木材利用研究論文報告集，Vol.16，pp.39-44，2017．

5.2 アルミニウム合金を主な材料とした橋梁

(1) 調査概要

本節では、アルミニウム合金材を用いた主として応急・緊急仮設橋梁技術に関連する文献調査結果を報告する。調査方法は、ScienceDirect, ResearchGate, Google や委員の資料をもとに、国内外の応急橋/常設橋、歩道橋/車両用、使用部分(本体/床版一部)、その他について、分類して検索を行った。

ここでは、アルミニウム合金製の緊急仮設橋に焦点を当て、事例を収集した。なお、一般的なアルミニウム素材に関する詳細については、他の文献に譲ることとする。

(2) アルミニウム合金材の材種と種類について

アルミニウム合金には 1000 系から 8000 系まで数多くの材種があり、それぞれの材種で機械的性質や耐食性が大きく異なる。さらに材種によっては機械的性質を加工や熱処理を施すことにより大きく変化させることが可能なため、必要に応じて選定することができる。表-5.2.1 にアルミニウム合金土木構造物設計製作指針案¹⁾で規定されているアルミニウム合金材料を示す。また機械的性質に及ぼす熱処理の影響として、表-5.2.2, 表-5.2.3 に事例を示す^{2),3),4)}。

表-5.2.1 アルミニウム合金土木構造物設計製作指針案¹⁾で規定されているアルミニウム合金種

	アルミニウム合金	JIS
板材	A5083-H112, A5083-O, A6061-T6, A6061-T651	JIS H 4000
押出型材	A5083-H112, A5083-O, A6061-T6, A6005C-T5, A6005C-T6	JIS H 4100

○各合金の特徴²⁾

- 5083・・・溶接構造用合金。実用非熱処理合金の中で最も強度の高い合金。耐海水性、低温特性もよいが、押出難易度は高く、中空形状は成形困難である。
- 6061・・・代表的な熱処理型構造材用合金。高い耐力値を持つが熱処理型合金のため、溶接すると継手強度が低くなる。そのため、用途次第ではボルト、リベットも多く利用されている。
- 6005C・・・熱処理型構造材用合金。材種 6061 より強度は劣るが押出性に優れ、複雑な断面形状の型材が得られる。材種 6061 と同様、熱処理型合金のため、溶接すると継手強度が低くなる。

表-5.2.2(a) アルミニウム合金の機械的性質 (板材 ; JIS H 4000) ³⁾

アルミニウム合金	厚さ (mm)	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)
A5083-H112	4 以上 6.5 以下	275 以上	125 以上	12 以上
	6.5 を超え 40.0 以下			
A5083-O	0.8 を超え 40.0 以下	275 以上 350 以下	125 以上 200 以下	16 以上
A6061-T6	0.5 を超え 6.5 以下	295 以上	245 以上	10 以上
A6061-T651	6.5 以上 13.0 以下	295 以上	245 以上	10 以上
	13.0 を超え 25.0 以下			9 以上
	25.0 を超え 50.0 以下			8 以上

表-5.2.2(b) アルミニウム合金の機械的性質 (押出型材 ; JIS H 4100) ⁴⁾

アルミニウム合金	厚さ (mm)	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)
A5083-H112	130 以下	270 以上	110 以上	12 以上
A5083-O	38 以下	275 以上 355 以下	120 以上	14 以上
	38 を超え 130 以下		110 以上	
A6061-T6	6 以下	265 以上	245 以上	8 以上
	6 を超え	265 以上	245 以上	10 以上
A6005C-T5	6 以下	245 以上	205 以上	8 以上
	6 を超え 12 以下	225 以上	175 以上	
A6005C-T6	6 以下	265 以上	235 以上	8 以上

表-5.2.3 各種金属の比較とアルミニウムの特徴²⁾

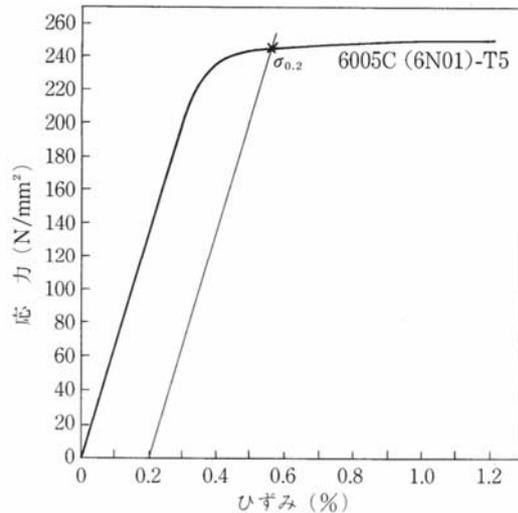
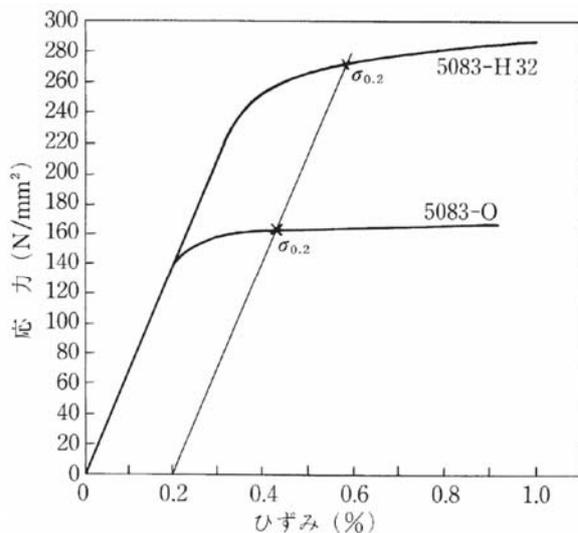
素材名	比重	溶融点 (°C)	加工性	耐食性	用途	特徴
アルミニウム (Al) (A6061)	約2.70	659	◎	○	船舶、車輛、陸上構造物、圧力容器など	熱処理型の耐食性合金であり、代表的な構造用材としてあげられる。T6処理により耐力245MPa以上とSS400鋼に相当する耐力が得られる。
ステンレス (鉄+ニッケル合金) (SUS304)	約7.90	1399 ~1454	○	◎	補修・ネームプレート・インテリア・工作・水回りなど	耐熱性、耐食性、機械的性質は良好。加工硬化性は大、熱処理で硬化不能。
ステンレス (鉄+クローム合金) (SUS430)	約7.70	1427 ~1510	○	◎	遮蔽(しゃへい)板・ネームプレート・インテリア・工作・レンジ回りなど	一般的なステンレス鋼。SUS304(18-8)系より安価。磁性あり。
鉄 (Fe) (G3141)	約7.87	1535	○	△	建築用材、機械部品等。	強熱伝導性が良い。安価。

アルミニウムは上記の他にも次のような数々の優れた特性を有している。

- 電気を良く通す
- 磁気を帯びない
- 熱をよく伝える
- 低温に強い(低温脆性が無い)
- 光や熱を反射する
- 毒性がない
- リサイクル性が良い

代表的なアルミニウム合金の標準的機械的特性

材質	引張性質				せん断強さ (N/mm ²)	疲れ強さ (N/mm ²)
	引張強さ (N/mm ²)	耐力 (N/mm ²)	伸び(%)			
			板 (1.6mm厚)	棒 (12.5mm径)		
5083-O	290	145	-	20	-	-
6061-O	125	55	25	27	85	60
6061-T4	240	145	22	22	165	95
6061-T6	310	275	12	15	205	95
6005C-O	100	55	-	25	-	-
6005C-T5	270	225	-	12	-	95
6005C-T6	285	255	-	12	-	100



(3) 国内のアルミニウム合金製橋梁について

戦後まもなくしてアルミニウム合金製応急橋を設計した福田武雄先生（東大生産研初代所長）によると^{5),6)}、「アルミニウム合金の特長の第一は、軽量性である。洪水などの災害のために、橋が流されたりしたとき、できるだけ早く交通を確保するための応急橋としては、鋼製の物が既にあるが、このような場合こそ、軽量性があらゆる意味においてそのメリットを発揮するときであって、北海道開発局からの委託により、高力アルミニウム合金の軽量性に着目して計画・設計した可搬組立式応急橋である。」と言っている。この当時から災害時の応急的な仮橋に軽量のアルミ合金材の活用による実橋を製作し実現させている。

この国内で最初のアルミニウム合金製のトラス型式可搬組立式応急橋（30m スパン）は2橋が開発された。これ以降の国内の緊急仮設橋は、アルミニウム合金材が桁・トラスの主要部材として構成された橋梁はなく、メリットがあってもコストをはじめとする様々な理由から、市場の棲み分けができてしまっている現状にある。緊急仮設橋に限らなければ、この当時、芦有開発株式会社の芦屋有馬間のアルミニウム合成桁の金慶橋⁷⁾が完工している（1961年）。その後、アルミニウム合金製の歩道橋は、実績が複数あるが、車両用のアルミニウム合金製の橋梁は見当たらない。

表-5.2.4に国内のアルミニウム合金製応急組立橋・緊急仮設橋の比較・諸元をまとめた。比較参考のために鋼製の応急組立橋も取り上げた。また、アルミニウム合金製の常設橋として現存する金慶橋も参考までに挙げた。表中の と が、4章で提示した「緊急仮設橋」として分類でき、かつ72時間以内での架橋性能を有するものに属するものである。それ以外の と は組立に数日を要し、「応急組立橋」に属する。

近年の集中豪雨により中小河川の氾濫が多発し、それらの地域では生活交通量に見合った活荷重の橋梁の迅速な復旧が要望される⁸⁾。このような事象に対する橋などの迅速な復旧法として、従来とは異なる視点と方法論で、 に示す、アルミニウム合金製の新しいタイプの緊急仮設橋「モバイルブリッジ」の開発が、広島大学を中心に進められている⁹⁾⁻¹⁵⁾。この緊急仮設橋は、シザーズ構造と呼ばれる展開機構を有しており、1つのシザーズユニットを制御することで橋全体を伸縮できる、橋システムをコンパクトに折り畳んで運搬できる、現場での主構造をボルト等で接合する作業が不要である、油圧駆動による自動展開機能を有しており少人数で架設できる、などの特徴がある。そのため、短時間での災害現場への投入が可能となる。図-5.2.1のように、シザーズ構造の主部材に大型押出材（A6005C）を用いた橋長20.8mの緊急仮設橋を開発・製作しており、架橋実験においては、1時間程度での河川への架橋を実現している。また、架橋段階ではより早急さが求められる架設作業を優先させ、架橋後に渡橋が可能となった段階で補強部材を取り付けることで橋梁の耐荷性能を向上させることができるといった観点の特徴も有している。このようなシザーズ構造は近年、海外でも注目され、この構造を応用した展開橋に関する研究論文が増加している¹⁶⁾⁻²⁰⁾。

一方、表中の は、文献21)に示す、紀伊半島の津波を想定した新しい仕様の「緊急仮設橋」で、近畿地方整備局が製作したものである。この橋梁には、主桁にL型に切欠きフランジをつけた「載せかけ構造」が採用されており、ボルト数の増加を抑えるために超高力ボルトS14Tが試験的に用いられている。主桁断面と連結部構造をすべて共通化することによって、12m～57mの間で支間長を変化させることができる。さらに大型押出材（A6061S-T6）を用いたアルミニウム床版を用いることで、従来の鋼製床版パネルの約1/2の重量を実現し、短期間での早期架橋を可能としている。施工試験では、本体桁の組立てに8時間、本体桁のボルト本締めめに6時間、補剛桁等の組立てに6時間、アルミニウム床版の設置に2時間を要している²¹⁾。

表-5.2.4 国内アルミニウム合金製応急・緊急橋相当の比較・諸元まとめ

	①アルミ製トラス応急組立橋(北海道開発局)	②モバイルブリッジ 車用 (広島大学他)	③2主桁組立橋 (近畿地整)	④鋼製応急組立橋 4主桁TSB (北陸地整)	(参考) 金慶橋 (現役)
カテゴリ	応急橋	緊急仮設橋	緊急仮設橋	応急組立橋	常設橋
橋長	30.24m	20.8m	61m	40 m	20.6m
支間L	30m	17.3m	57m	標準40m	20m
幅員	3m	2.055m(高さ1.995m)	4.38m	6.0m	7.12~8.16m
耐荷重TL	TL-14t	2t (1パネル床板) 12t(骨組) 小型車	25t(1台)	TL-20t	20t
重量W	橋体部:8.6t ガイド桁他:5.2t 計13.9t	橋本体:4t 展開装置:10t 計14t程度	主構造88t 載荷桁36t 計124t	総重量 168t	-
(時間*重量/耐荷重)	(24*5)*13.9/14 119 単位長(3.97)	1*14/12 1.17 単位長(0.067)	72*124/25 357 単位長(6.2)	(24*5)*168/20 1008 単位長(25.2)	
構造	ポネトラス(下路)	シザース(下路)	単純2主桁ブロック組立(下路)	4主桁トラスガーダ8m ブロック	4主桁プレートガーダー (上路)
床版材	木板	アルミA6063	アルミA6061	グレーチングG	鉄筋コンクリート
主構材	A2014相当	A6005C	鉄SS400	鉄SS400	A5083相当
製造年	1961年	2015年3月(MB4.0)	2015年	1976年	1961年
機能	訓練必要で組立作業員多数必要	現場で組立てない。自動展開・自動昇降(訓練不要オペ1人)	訓練必要で組立作業員多数必要	訓練必要で組立作業員多数必要	固定(常設)
基礎等の支持地盤条件	TLとW等を支持し、既存の橋台跡か基礎工事必要	重機相当が支持できる地盤やRC護岸であれば可	架橋現場候補地が事前に特定されている	限られる現場	既設
クレーン作業	架橋&撤収時に必須	不要	架橋&撤収時に大型が必須	架橋&撤収時に必須	二文(木柱)とアーチ(鉄柱) 合振り送付
ボルト締結作業	必須	不要	必須(HTボルト引張接合)		リベット
架橋実績	過去多数	2015.3に(工事とクレーン等無し、1日撤収完了)	-		既設
架橋時間	数日程度	1時間程度	72時間目標	数日程度	通常
特徴	国内初のアルミ合金製応急組立橋	世界初フルスケール構造形式、自立式片持展開(5分)、 ・スマートブリッジ ・工期超短縮&省力合理化&建設生産性に特大	初のHTボルト引張接合 鋳桁ブロック組立橋。 (鋳桁仕様は上路が多く、計画高水位に注意)	上路トラス形式、3.11時に陸前高田市において直接橋上と道路上に反力支持設置、積雪仕様のためG床版	アルミニウム合金の土木構造物として、先駆的なもの
現状	廃棄	CMIで保管	紀南河川国道	新潟・富山で保管	芦有道路で現役

1 Pre-/Less- Assemble type of Bridge

Mobile bridge モバイルブリッジ™

「橋をスマートにレスキューする!」
社会インベーションを促す、「基礎工事が不要で橋を展開させて架橋する」、「災害に備える橋」、「超迅速プレアッセンブル・モジュール橋」、「架橋の技術革新」

- 本字で創造された、折畳/展開できる橋 "Mobile Eridge®"、
- 宇宙構造のシザースを橋に応用し、橋本体が超迅速に展開する、
- Mobile Eridge®は可搬性だけでなく、新しい架橋法も提供する、

- 【MBの安全性】
- プレローディングによる設置可否の確認
 - モジュール仕様による強度性能の確保
 - 各種補強法による安全性の確保
 - 橋の機械化と迅速化による作業安全性の向上

Mobile bridge® (モバイルブリッジ®) home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/



強度実験・繰返し実験・振動実験

Mobile Eridge®はシザース主部材と床版を含む構造部から組立てられます。

- Mobile Eridge®を展開後にシザース間に弦材を補剛させることによって耐力と振動を抑制できます。
- 4mの主要構造部材は、最大荷重230kNの耐力を確認し、アルミニウム合金材A6N01製です。
- 異種金属の構成からなるハイブリッドなシザース構成やプレストレスを導入できる仕様もあります。
- 国内・国際特許取得

Our patents are registered Japan Patent No.2006-097668, PCT WO2015/19990A1 including European Patent and Chinese Patent (Reg. No. ZL201480039964.5), CN105473789B and the trademark also are registered in Japan. 本申請は本学発明センター(産総研)と共同で、産総研の研究成果を基盤とする。

Mobile bridge® (モバイルブリッジ®) home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/

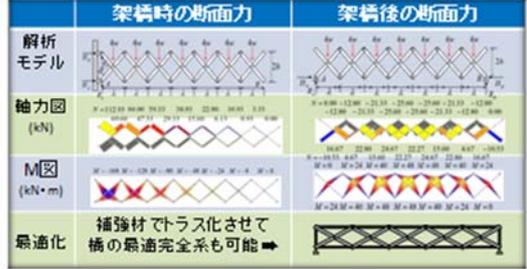


車両荷重による実証実験 MB4.0の性能

項目	諸量	備考	項目	諸量	備考
タイプ	MB4	Rev.2	作業員	2人	
設計荷重	120kN, 20kN	青組 赤組 球状車	所要時間 架設時間	10分 1時間程度	展開・収納 準備作業
安全率	3.0以上	弦材・ケーブル補強可能	動力	油圧	電源必要
橋長	3 to 20.8m		高さ	4m	収納状態
スパン	17.3m		架設場所	成島川	本取川
橋幅	内幅 2055 mm 外幅 2978 mm		製作	4社共同開発	
重量	Approximately 130kN		架設日	3月24日	2015年

Mobile bridge® (モバイルブリッジ®) home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/

2 架橋の最適化とその優位性



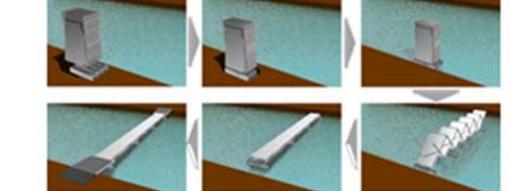
1. ライフラインの架である、橋を迅速にリカバリーする、
2. 橋システムを、オリガミのようにコンパクトに折り畳んで持ち運び、現場でボルト接合が不要で自動展開し、補強可能な「架け橋」システムです、
3. 現場の人手不足を解消し、システム構築による作業の安全性も向上する、
4. Mobile Eridge®は、いわばモバイルスタイルの橋梁、コンパクトな可動橋システムであり、シザース構造の折畳み機構により、橋システムを一括して搬送することができます、
5. 既設のブロック積立タイプの橋では実現できない優れた構造と効果を得ることが出来ます、

Mobile bridge® (モバイルブリッジ®) home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/



本橋の迅速展開法と用途

- Mobile Eridge®は様々な用途に適用可能です、例えば、古い橋の維持管理のために、圧迫の橋となったり、事故橋の代替や補強として使えます、
- 本橋は木に浮かぶ浮体橋にも応用が可能です、積載がないモジュール構造としてより高い橋に適用することで、より用途が広がります、
- 船や空輸によって運ぶことができます、
- 本橋は自然災害による壊滅した橋や道路の復旧時に、即時に対応できます、



Mobile bridge® (モバイルブリッジ®) home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/

Mobile bridge® (モバイルブリッジ®)

橋の機械化&ロボット化を目指し、世界に先駆けた構造形式&展開中

Docking MB1.1+MB2.0

BRIDGE GUIDE

home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/

図-5.2.1 モバイルブリッジの概要 (パンフレットより抜粋)

(4) おわりに

輸送性や現場作業性を向上させるために、緊急仮設橋の床版や主桁等の主構造部材に軽量なアルミニウム合金材が活用されてきた。また展開機構を備えたアルミニウム合金製の緊急仮設橋の開発も見られ、架橋した後に補強部材を付け足すことによって要求性能の幅を広げることが可能な仕様となっている。今後緊急仮設橋としてアルミニウム合金材を活用していくためには、木製の緊急架設橋と同様で、使用材料の特徴や特性を的確に把握した上で、そのメリットを活かすことができるよう、支間長や用途、使用期間等の対応範囲を明確にする必要があると言えよう。

参考文献

- 1) 土木学会：アルミニウム合金土木構造物設計製作指針案，2015.
- 2) 日本アルミニウム協会：アルミニウムハンドブック第8版，pp.28，2017.
- 3) JIS H 4000 (2014)：アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条
- 4) JIS H 4100 (2015)：アルミニウム及びアルミニウム合金の押出型材
- 5) 福田武雄：橋梁におけるアルミニウムの活用について，軽金属，pp.99-108，軽金属学会，1951.
- 6) 福田武雄，加藤正夫：高力アルミニウム合金製組立応急橋，生産研究，pp.241-245，東京大学生産研究所，1961.
- 7) 伊藤義人，守屋進，長澤大介，兼子彬，川畑達哉：56年経過した金慶橋の現状と耐久性，橋梁と基礎，pp.35-40，建設図書，2017.9.
- 8) 小野秀一：急速架設を実現するための構造を有する緊急仮設橋，構造工学論文集，pp.1272-1281，vol.62A，2016.
- 9) 有尾一郎，田中義和，中沢正利，古川祐輔，近広雄希：最適化構造概念に基づく新しい応急仮設橋のプロトタイプ技術開発，構造工学論文集，pp.1-12，vol.56A，2010.
- 10) Ichiro Ario, Masatoshi Nakazawa, Yoshikazu Tanaka, Izumi Tanikura, Syuichi Ono：Development of a prototype deployable bridge based on origami skill, *Automation in Construction*, pp.104-111, 32, 2013.
- 11) 近広雄希，有尾一郎，田中義和，中沢正利：3室中空押出型材の曲げ耐力実験に基づくシザーズ型展開橋に関する設計研究，構造工学論文集，pp.23-34，vol.61A，2015.
- 12) Yuki Chikahiro, Ichiro Ario, Masatoshi Nakazawa, Syuichi Ono, Jan Holnicki-Szulc, Piotr Pawlowski, Cezary Graczykowski, Andrew Watson：Experimental and numerical study of full-scale scissor type bridge, *Automation in Construction*, pp.171-180, 71, 2016.
- 13) Yuki Chikahiro, Ichiro Ario, Piotr Pawlowski, Cezary Graczykowski, Masatoshi Nakazawa, Jan Holnicki-Szulc, Syuichi Ono：Dynamics of the scissors-type Mobile Bridge, *Procedia Engineering*, pp.2919-2924, 199, 2017.
- 14) 有尾一郎，近広雄希，谷倉泉，小野秀一，中沢正利，中谷伸，山田公一，中村繁央，田中義和，椿涼太，松本慎也，安達光太郎：モバイルブリッジによるライフライン復旧法，第7回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム，2016.
- 15) 安達光太郎，有尾一郎，近広雄希：モバイルブリッジの架橋後の補剛・補強化手法，第7回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム，2016.
- 16) Bapat Himanshu Yogesh, Siddharth G. Shah：ANALYSIS AND DESIGN OF DEPLOYABLE BRIDGE BASED ON ORIGAMI SKILL, *IJEDR*, Vol. 5(2), ISSN:2321-9939, 2017.
- 17) Bhavin Janani, Rangdatt Patel, Palak Patel, Princy Shah：FOLDING SCISSOR BRIDGE: "A DISASTER RELIEF REVOLUTION", *International Journal of Technical Innovation in Morden Engineering & Science (IJTIMES)*, Vol 3(12), 2017.
- 18) Bimal Shah, Deepak Tadse, Bhavin Janani：DISASTER RELIEF BRIDGES: A CATALYSTIC REVIEW, *International Journal of Technical Innovation in Morden Engineering & Science (IJTIMES)*, Vol 3(12), 2017.
- 19) Mohamad Nabil Aklif Biro and Noor Zafirah Abu Bakar：Design and Analysis of Collapsible Scissor Bridge, *MATEC Web of Conferences* 152, 02013, 2018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815202013>
- 20) Oj Umweni：Deployable Structures in the Built Environment, *Semantic Scholar, Engineering*, 2015. <https://www.semanticscholar.org/paper/Deployable-structures-in-the-built-environment-Umweni/bd3286067d1b9f0259ed68808804cc839b5d1eb9>
- 21) 東博年，中本啓介，森川友記：緊急仮設橋の製作，駒井ハルテック技報，pp.77-82，vol.5，2015.

5.3 鋼材を主な材料とした橋梁

仮設橋は一時的に使用する仮設構造物であり、本設構造物を構築するための仮設橋や迂回路橋等に使用されている。また仮設橋は、災害が発生した際には応急組立橋としても使用されることがある。しかし緊急仮設橋としての使用事例は少ない。ここでは、応急組立橋として活用される仮設橋について整理する。

(1) 仮設橋の上部工形式

仮設橋は、主にH型鋼形式、鉸桁形式、トラス形式と3種類に分類される。また仮設橋はリユースすることが前提とされているため、鉸桁形式、トラス形式は部材を組み合わせることにより橋長を調整することができる。下記にそれぞれの特徴を示す。

(a) H型鋼形式

図-5.3.1にH型鋼形式の仮設橋を示す。H型鋼形式の適応支間は、約6m～12m程度であり、H鋼の桁高により支間長を調整することができる。床版は、鋼製覆工板を使用するのが一般的であり、覆工板長さに合わせて桁間隔も2mまたは3mとなる。幅員もまた、覆工板長さに応じた幅となる。

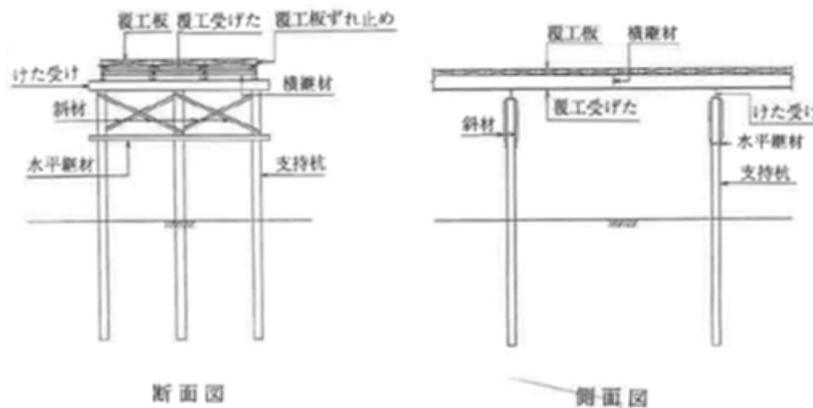


図-5.3.1 H型鋼形式の仮設橋¹⁾

(b) 鉸桁形式

図-5.3.2に鉸桁形式の仮設橋を示す。適応支間は、約12m～30m程度であり、端部主桁、中央主桁から成る定尺の鉸桁を連結することで、支間を調整することができる。

床版は、H型鋼形式と同様に鋼製覆工板を使用するのが一般的であり、覆工板長さに合わせて桁間隔も2mまたは3mとなる。幅員もまた、覆工板長さに応じた幅となる。

(c) トラス形式

図-5.3.3にトラス形式の仮設橋を示す。トラス形式の適応支間は、約30m～60m程度であり、三角形から成るトラスのパネルを組み合わせることにより、支間を調整することができる。トラス材の主構間を横桁で連結し、横桁の長さを変更することで、幅員の調整が可能となる。床版は、鋼製覆工板を使用するのが一般的である。トラス橋は、横桁上に覆工板が配置されるため、下弦材に荷重が伝達される下路橋となる。

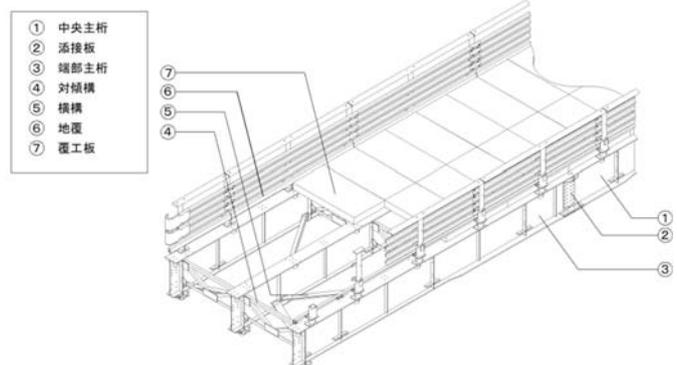


図-5.3.2 鉸桁形式の仮設橋

(2) 仮設橋の設計

仮設橋の設計は、道路土工仮設構造物指針¹⁾に基づいて設計されており、応急組立橋もまた同様である。道路土工仮設構造物指針の適用範囲は、受けたに H 型鋼または I 型鋼を使用する構造形式で、15m 程度以下の標準的な支間のものを取り扱う¹⁾とある。これに該当しない事項については、道路橋示方書・同解説²⁾を参考に設計を行う必要がある。

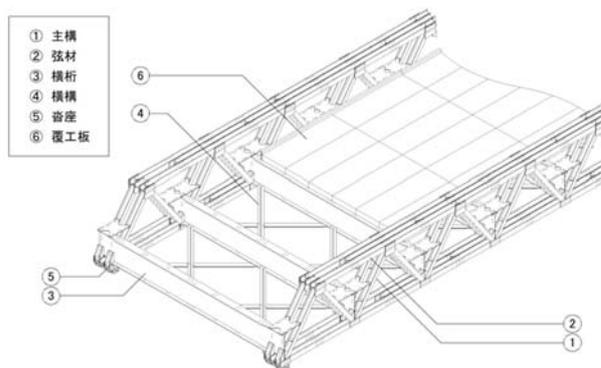


図-5.3.3 トラス形式の仮設橋

(3) 仮設橋の架設方法

架設方法は、災害発生時の現地状況により大きく異なる。施工重機は、現場までの搬入路や施工ヤードによって決定され、それにより架設方法も変わる。

ここでは仮設橋の主な架設方法として、一括架設と手延架設を挙げる。

(a) 大型クレーンによる一括架設

施工ヤードを確保することができれば、大型クレーンによる一括架設が可能である。地組した仮設橋の自重を算出し、吊荷重より施工重機の能力を決定する。

(b) クレーンによる手延架設

大型クレーンが設置できない場合や適切な施工ヤードを確保できない場合は、クレーンによる手延架設となる。1 径間目の仮設橋を先行設置し、1 径間目から次の 2 径間目の下部工となる支持杭を打設する。2 径間目の上部工を架設し、次の 3 径間目の下部工となる支持杭を 2 径間目の仮設橋から打設する。施工手順はこの繰り返しとなる。

(4) 仮設橋の災害復旧事例

(a) 新北上大橋

2011 年の東日本大震災の津波により、新北上大橋の左岸側のトラス橋が 2 径間流失した。写真-5.3.1 は、流失した 2 径間分を応急組立橋とした事例である。

施主：宮城県 東部土木事務所

形式：鉸桁形式

規模：幅員 8m×橋長 161m (12 径間)

重量：上部工 580t，下部工 540t

施工重機：100t クローラクレーン

架設方法：手延架設

施工日数：90 日

(b) 千露路橋

2016 年の北海道台風 10 号により、千露路橋の A1 橋台から P1 橋脚間の橋桁が落橋した。写真-5.3.2 は、復旧のための 1 車線復旧作業用仮橋を架設した事例である。

施主：国土交通省北海道開発局 室蘭開発建設部

形式：トラス形式

規模：幅員 4m×橋長 69m (1 径間)

重量：上部工 200t

施工重機：1200t クレーン

架設方法：片側主構（50t）を橋台側から架設

施工日数：13 日

(c) 二十一浜橋仮橋

2011 年の東日本大震災の津波により、国道 45 号線の二十一浜橋の起点、終点の盛土部分が洗堀された。写真-5.3.3 は、復旧のため、応急組立橋が使用された事例である。

施主：東北地方整備局 仙山河川国道事務所

形式：鉸桁形式

規模：幅員 6m×橋長 30m（2 橋）

(d) 日南災害復旧仮橋

写真-5.3.4 は、2005 年台風 14 号により、国道 222 号の五塚橋が落橋したため、本復旧までの迂回路として応急組立橋が使用された事例である。

施主：宮崎県日南土木事務所

形式：トラス形式

規模：幅員 4m×橋長 40m（1 径間）

(5) 埼玉県県土整備部へのヒアリング

埼玉県は、異常気象による落橋やがけ崩れなどの大規模災害などの緊急事態に対して、迅速に道路網の復旧を図ることを目的に、県独自で応急組立橋を保有している⁶⁾。埼玉県単独で保有するに当たり、その状況と課題を把握するため、埼玉県県土整備部道路環境課にヒアリングを行った。対応頂いたのは、防災担当の主査と技師のお二人である。以下にヒアリング結果を示す。

「まず、埼玉県で応急組立橋が配備された経緯であるが、昭和 61 年と 62 年の 2 ヶ年でそれぞれ 2 橋、合計 4 橋（いずれも 22m）を県内 4 つに分けた各ブロックに配備している。配備計画は昭和 50 年代末に意思決定したと考えられるが、資料が残っておらず詳細はわからない。関東地方整備局では、昭和 60 年に配備している⁷⁾ことから、国と連携して配備したのではと想像される。支間は 16～44m で対応可能である。

組立のための技術継承と職員の認識のため、講習会を年に 1 回実施している。写真-5.3.5 は、講習会時に組立てた応急組立橋である。この講習会実施の目的には、応急組立橋のメンテナンスも含まれている。ボルトの交換や塗装塗替えも考慮した内容となっており、4 つのブロックで満遍なくメンテナンスができるように講習会を開催している。県職員を始め、市町村にも貸し出すため市町村職員も参加し、毎回 100 名程度の講習会である。この応急組立橋を保有するための予算は、メンテナンスを含む講習会の予算で、年間 1,500～2,000 万円程度である。部材のリニューアルは、今のところ考えていない。



写真-5.3.1 新北上大橋応急組立橋



写真-5.3.2 千露路橋応急組立橋³⁾



写真-5.3.3 二十一浜橋仮橋⁴⁾



写真-5.3.4 日南災害復旧仮橋⁵⁾

出勤実績は2件あり、昭和63年の出勤は記録がなく詳細はわからないものの、平成13年に鳩山町で埼玉県が利用している。河川改修工事を行っていたところ橋台が沈下したため、平成13年5月～平成14年5月にかけて38mの応急組立橋が出勤している。

応急組立橋の問題点としては、クレーン仕様であるため大型重機が必要であること、架設できる業者が県内に少ないことが挙げられる。今後、簡易で軽量の仮設橋の開発が望まれている。また、16m未満の小規模橋の図集や反力表などがあると便利である。県内にある仮設材や形鋼などを寄せ集めれば橋になるなど、山間部で利用する際、コンパクトな橋が必要であり、崩落規模に応じた仮設橋で対応できる。

最後に応急組立橋の配備については、保有する体力があるのは、やはり県や国だと思われる。埼玉県は(一社)日本橋梁建設協会と応急組立橋についての災害協定を締結しており、他県においてもそのような配備方法も考えられる。」

以上のように、応急組立橋の所有者は国の地方整備局がほとんどという中、埼玉県は非常に防災意識が高い自治体であると言える。自然災害が多発している今の時代、このような自治体が全国各地に増え、どのような状況でも素早く出勤できる応急組立橋の配備システムが重要である。



写真-5.3.5 埼玉県の応急組立橋

参考文献

- 1) (社)日本道路協会、道路土工仮設構造物指針、1993.3.
- 2) (公社)日本道路協会、道路橋示方書・同解説、2017.11.
- 3) 国立開発研究法人士木研究所寒地土木研究所 HP：<https://thesis.ceri.go.jp/db/files/13030142405976df122ed87.pdf>
- 4) (株)横河ブリッジ HP：http://www.yokogawa-bridge.co.jp/pabris/episode_3.shtml
- 5) (株)IHI インフラ建設 HP：https://www.ihico.jp/iik/works/bridge_works/trias/saigai/index.html
- 6) (一社)日本橋梁建設協会、虹橋、No.28、2019.7、pp.11-12
- 7) 国土交通省関東地方整備局 HP：http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000105737.pdf

5.4 その他の材料を主な材料とした橋梁

その他の材料を主として使用された橋梁としては、FRP 橋が存在する。FRP とは繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastics）の略で、小型船舶の船体や、自動車・鉄道車両の内外装、ユニットバスや浄化槽などの住宅設備機器で、また橋梁としては、検査路や床版、歩道橋として使用されている。

FRP 材の特徴としては、

- ・鋼製よりも比強度が大きく軽量化が可能である。
- ・人力での施工が可能で施工性に優れる。
- ・耐食性が強く、維持管理が容易である。

が挙げられる¹⁾。

車道橋で使用された実績は国内にはなく、仮橋や応急組立橋として使用された事例はないが、仮設として歩道橋を施工した事例を紹介する。

場所は東京都江東区の都道 476 号に架かる新小原橋に設置された幅員 3.0m、橋長 24.0m の国内最大級の FRP 歩道橋である。上部には既設の橋が設置された状態で、クレーンでの架設が困難であったため、施工条件から人力で施工できる FRP 材で検討、施工された。写真-5.4.1 および写真-5.4.2 に施工時および供用時の状況を示す。施工は既設橋から吊足場を使用し、全て人力で施工を行った。

FRP 材は耐衝撃性に弱いため、国内では車道橋には使用されていない。また繰り返し使用するにも繊維方向にクラック等が入りやすく、リユースには向いていない。耐衝撃性等に検討課題が残る。



写真-5.4.1 施工状況



写真-5.4.2 供用状況

参考文献

- 1) 野原正行，熊田哲規，宮本成明，川上盛樹：FRP トラス歩道橋の設計・施工例，第 3 回 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム，土木学会，pp.187-194，2009.

6. おわりに

我が国ではこれまでに、地震、津波や台風、豪雨など幾多の自然災害を経験してきた。さらに、繰り返されるゲリラ的な自然災害も後を絶たず、多くの尊い命が脅かされる事態が発生している。このような災害から国民の財産と命を守るために、我が国においては災害に強い国土（防災基盤）づくりのための研究開発や、防災・減災・復旧・救助体制の整備が行われている。

このような中、救援物資や復旧工事に必要な資機材運搬等のための輸送路の速やかな確保および既存道路橋の応急復旧を目的とした応急組立橋が全国の地方整備局や自治体に配備され、重要な場面における使用実績も多い。しかしながら、さらに緊急を要する人命救助や孤立地域の早期解消や、被災後の生活に関わる既設の中小規模橋の仮復旧などの側面では、従来の応急組立橋とは異なった仮設橋の配備も必要であると考えられる一方で、このような仮設橋の普及や配備が十分な状況では無いと考えられる。

そこで本小委員会では、災害による橋梁被害の状況と応急組立橋の現状と課題を整理するとともに、災害復旧初期に利用可能な仮設橋を“緊急仮設橋”と定義し、緊急仮設橋の配備やそれに必要な規準整備の必要性を提言した。またこれまでに、緊急仮設橋としての開発や利活用可能な仮設橋の事例が見られることから、これらの概要を材種ごとにとりまとめた。

以下に本報告書の要点をまとめる。

(1) 応急組立橋の現状と課題について

我が国では応急組立橋を計 30 橋保有しており、様々な被災時に出動して、災害復旧に役立ってきている。近年の応急組立橋は、車線数の縮小、部材数の削減や部材の共通化などを図ることによって、より短期間で供用できる仕様への変更傾向が見られるものの、被災から供用されるまでの期間は、被災や地域の状況によるが、早いもので 2 週間、多くは 1～3 ヶ月を要している。これは運搬や架設に大がかりな重機や機材が必要なことが一因である。

(2) 緊急仮設橋カテゴリ制定について（提言）

被災後の災害復旧、特に人命救助や被災後のスムーズな日常生活の確保のニーズへ対応するため、運搬が容易で、架設のための大がかりな重機や機材を必要としない緊急仮設橋の配備が必要である。そのためには、道路橋示方書などの既存の規準とは別の新たな規準を設ける必要がある。すなわち我が国の国土強靱化を進める上でも、一早く「緊急仮設橋の設計規準の整備」を進め、学会として緊急仮設橋の適用拡大に寄与すべきと考えられる。