

JCMA 報告

平成 26 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 受賞業績 (その 3)



緊急小型車両の通行を想定した新しい緊急橋の実験的研究

広島大学大学院, 施工技術総合研究所, 東北学院大学

概要

地震, 洪水, 地すべり, 津波等の自然災害は, 地域住民の生命や社会基盤施設に危機的状況を引き起こすのみならず, 時として想定以上の猛威を振り, グローバルな経済活動までに深刻なダメージを与える。これらシビアアクシデントに対する防災・減災意識が高まる中で, 迅速な復旧支援システムの開発が切望されている。しかしながら, 通常は重機を用いて大掛かりに施工される架設構造物や仮設橋を応急的な手法により, できるだけ早急に完成させるという程度の復旧対策がなされているだけで, 人命救助の観点から, より短時間での復旧が求められる。

そこで, 従来の復旧工事より格段に急速な組立・施工が可能で, 災害復旧スキルに特化した移動仮設緊急橋「モバイルブリッジ」を当研究グループは提案し, 実用化に向けたプロジェクトを進めている。図-1 にモバイルブリッジシステムの概要を示す。モバイルブリッジは, 橋梁の主構造に, シザーズ機構と呼ばれる展開構造系を採用しており, 折畳んだ骨組構造の一括輸送や短時間での架橋作業が可能な被災後の緊急対応力に特化した緊急橋である。

これらの構造上の利点から, 図-2 のように, 従来の応急組立橋と比べて, 短時間かつ少人数での急速施工が実現し, 一刻一秒を争う被災地において, 仮設復旧工事が着工されるまでの緊急アクセス路として活用することができる。

研究内容

1. 背景

近年の自然災害形態は多様化しており, 山口島根豪雨 (2013.7) や九州北部豪雨 (2012.7) などの局所型の集中豪雨を始め, 写真-1 に示すような, 流橋や地すべりによる生活交通ネットワークの断絶は, 被災後のレスキュー活動や早期復旧対応を大きく左右する。

また一方で, 東日本大震災 (2011.3) などの, 「想定外」な大規模災害による社会基盤施設や交通ネットワーク設備の損傷は, 被災地住民のみならず, 日本経済にも大きな爪痕を残す。そのため, 非常時のシビアアクシデントに対する迅速かつ安全な復旧システムの開発は喫緊の課題であ

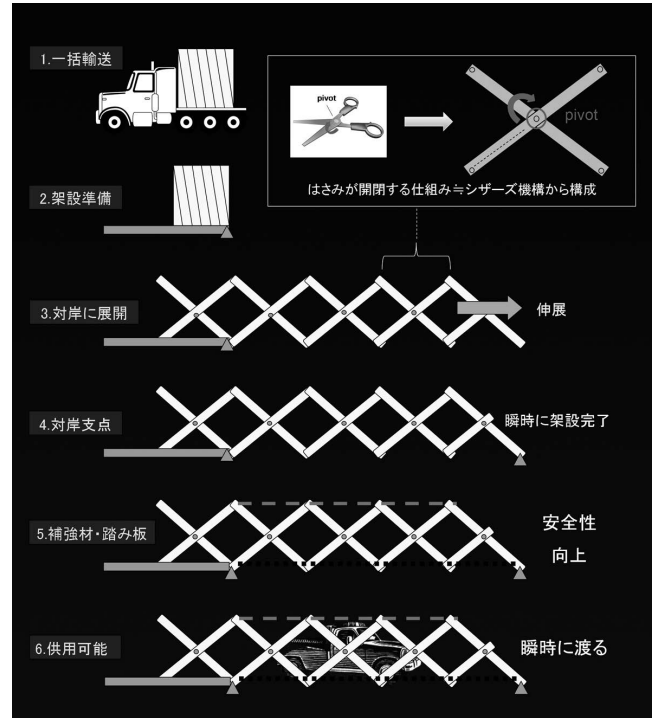


図-1 モバイルブリッジシステム

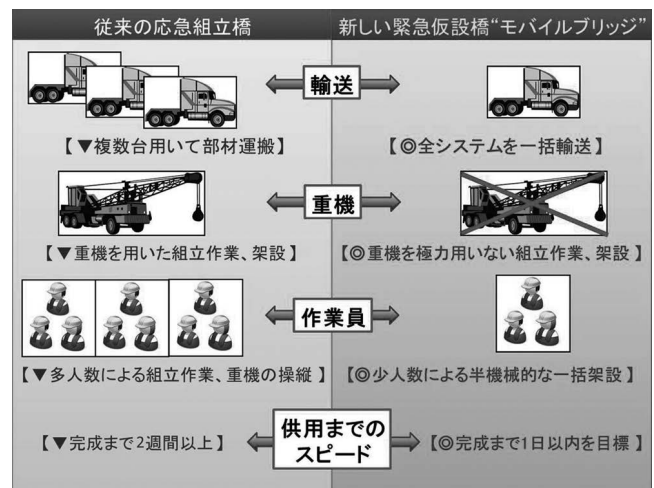
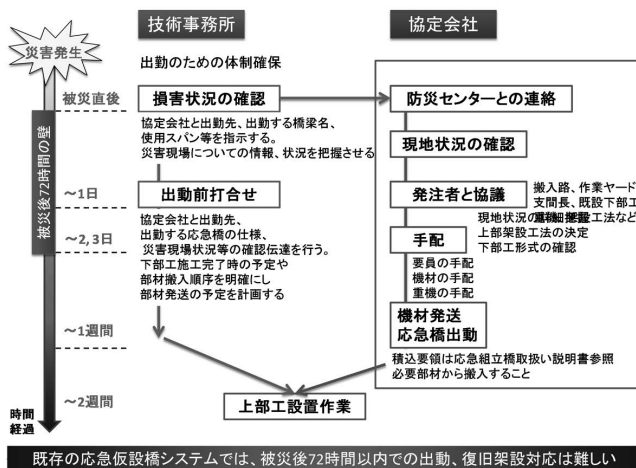


図-2 モバイルブリッジの活用利点

り, 今後予測される南海トラフの地震・津波による甚大被害を防ぐ方法を, この国の防災・減災上, 各地域拠点ごとに配備していかなければならない。



写真一 北九州北部豪災害 (2012.7) による生活交通網の損傷の例



図一 応急仮設橋の出動フローの一例

しかしながら、一般的な災害現場は、二次災害など切迫した危険性と物理的な制約事象が多く、工事車両や緊急車両だけでなく、作業員すら被災現場に進入できないなどの問題が生じる。各地方整備局（技術事務所）に配備されている応急組立橋を用いた交通路復旧法でさえ、図一に示すフロー図のように、出動要請から供用に至るまで2週間以上を要し、人命救助の目安となる「被災後72時間の壁」を越すことは難しい。これは既存の応急仮設橋の組立作業スピードが、重機手配、応急仮設橋の現場搬入、架設ヤードの確保などの諸制限に依存するためである。

また製品として国内に流通している仮設橋も同様に、部材運搬の手間や架設作業に重機等の大型機材を用いるため、被災直後の迅速施工は難しい状況にある。そのため、被災現場災害が多い我が国でさえ「復旧スピード」を最優先とした近代ツールは乏しく、今後の大規模災害に備え、各都道府県や各地方整備局が、国民の危機管理に備えるための非常用の橋、「真の緊急仮橋システム」を地域連携し、常備しておく意味は大きい。

## 2. 技術的説明

前述までの早期交通ネットワークの復旧課題を踏まえ、被災直後の緊急対応性に特化した、数時間で供用可能な多重折畳み仮設橋システム「モバイルブリッジ」をこれまで提案してきた。モバイルブリッジは、はさみのようなX状の連鎖機構から橋梁全体を構成し、従来の上/下弦材を有するトラス橋とは本質的に異なる構造形式である。展開構造体の分野ではシザーズ機構と呼ばれ、はさみ状の骨組み部材をピン回動で組み合わせた構造ユニット体から構成されたものを総称する。写真一に示すように、このシザーズ機構を橋梁形式に応用したモバイルブリッジは、橋全体を伸縮可能な展開システムとして構築することができ、片岸からの一括架設が可能となる。また対岸で支点反力を確保できると、理論上自重の3倍までの活荷重に耐えることができ、ケーブルや弦材などで補強することにより橋本体の剛性、安定性はより向上する。

表一にこれまで開発したモバイルブリッジの実験橋をまとめる。持ち味である機動力を発揮するために、主となるシザーズ部材や床版などは軽量なアルミニウム合金大



写真二 架設展開するモバイルブリッジ

表一 開発したモバイルブリッジの実験橋

実験橋	プロトタイプ機	MB1.0
実物写真		
仕様	上路橋/人用	下路橋/車両用
スパン長	8.2m	6.9m
本体重量	約100kg	約1ton
架設時間	人力展開で2分	10分程度

型押出材を採用しており、死荷重を軽減している。本体シザーズの展開は、人力／油圧による手法をそれぞれ想定しており、物資の少ない災害現場でも対応できるように開発している。また、現場施工を極力短時間かつ簡素にするために床版の設置は本体シザーズの展開に連動するよう工夫を施しており、床版の設置位置は表内の各実験橋が示すように、上路タイプや下路タイプ、また中路タイプでも設計が可能である。

3. 効果

(1) 技術的效果

従来の被災後対応では、クレーン等の重機を用いて通常大掛かりに施工される仮設構造物（仮設橋）を緊急的な手法によりできるだけ早急に完成させるといった程度の復旧対策がなされているだけで、被災直後の人命救助、輸送経路の確保でさえ緊急非常時のレスキューツールがなかった。しかしながら、シザーズ機構を橋梁形式として応用したモバイルブリッジは、プレアセンブリした構造物全体を折畳むことができ、優れた収納・運搬性が生じる。そのため、これまで問題であった重機による組立や架設ヤードの確保が不要となり、少人数の作業員で現場ニーズに即した迅速な架設が可能である。

図-4に示すモバイルブリッジの緊急出動フロー図を用いて、本移動架設緊急橋システムの持つ優位性について述べる。フロー図より、緊急要請を受けたモバイルブリッジは、①輸送機器や現場搬入ルート確保などの出動準備→②トラックなどによる現場搬入→③架設展開準備、対岸へのシザーズ展開→④本体補強、供用開始と4つのステップをこなす。この時、プレアセンブリした状態で全体系をコンパクトに折畳んでいるため、少ないスペース内で保管



図-4 モバイルブリッジの出動フロー

することができ、輸送時はトラック1台だけで現場に急行できる利点を持つ。そのため出動要請後の機動性が非常に高い。また現場設置後はシザーズユニットが対岸に向かい急速展開することにより、即座に供用可能となる。現場作業を極力省くため本体の展開動作に連動して、床版も同時設置され、対岸までシザーズが到達するまでは10分程度である。さらに、シザーズ展開後にモバイルブリッジ本体を、ケーブルや弦材などを用いて補強することにより、より耐力を向上させ、安全に橋を運用することが可能となる。

本システムは、実用化における輸送を含めた出動から供用までの一連作業を1日以内にクリアすることを目標にしており、災害発生直後の初期段階で交通機能を回復させることにより、人命の早期救援救助が可能となり、さらには既存の応急仮設橋の歩道橋としたり、支援することにより社会インフラシステムの本格復旧を加速させる役割を果たす。

(2) 経済的效果

被害額16.9兆円以上の過去最大級の被害であった東日本大震災（2011.3）発生以降、社会経済に大きな影響を与える大規模災害に対する防災・減災意識は高まりつつあり、被災後の円滑な経済活動を取り戻す迅速な社会インフラ、生活基盤の復旧作業、交通ネットワークの復旧システムの構築が何よりも切望されている。特に被災後72時間の壁を意識した災害復旧ツールはこれまで実現が乏しく、本架橋システムのような橋を速く渡す／架けるといった技術の実用化は非常に価値が高い。というのも、被災後の緊急対応力や地域社会間を結ぶ交通ネットワークの復旧スピードは、橋の運搬・架設スピードに左右されるからである。そのため、被災後の緊急出動性が高く、施工が容易であるモバイルブリッジは、図-5に示すように、①作業員や救急・工事車両などの往来はスムーズとなり重要な輸送経路としての役割、②孤立集落への進入、③従来の仮設橋などによ

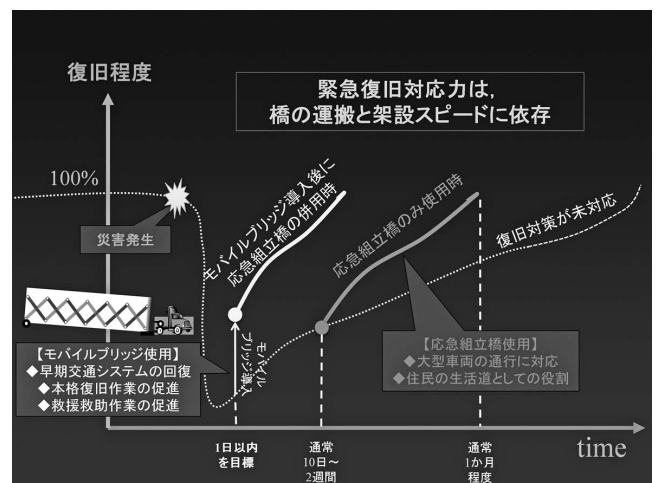
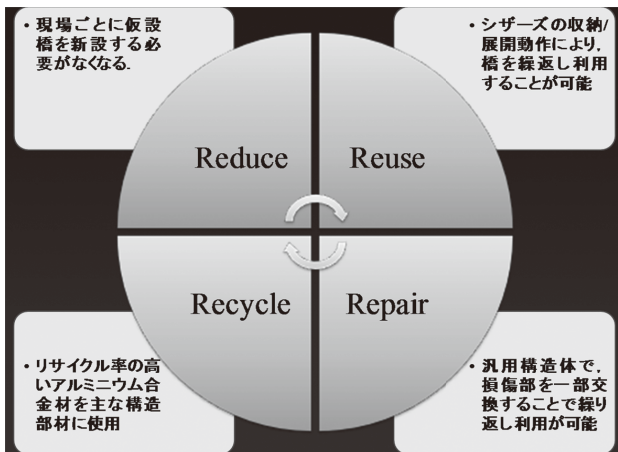


図-5 モバイルブリッジ導入による復旧予測効果



図一六 モバイルブリッジ導入のメリット

る復旧作業の着工を早めるなどの導入効果が予測され、地方の多くに整備し、既存の復旧システムと連携することでその社会還元性をさらに高める。そのため、被災直後の早い段階で断絶した交通ネットワークの回復工事の着工が可能であり、人命救助および本格復旧作業の補助ツールとして最大限の力を発揮すると考えられる。

またモバイルブリッジ自体も汎用かつ繰返し利用可能な構造体であるため、図一六に示すように、

- ① 1度の出動だけでなく、繰返し利用が可能 (Reuse)
- ② シンプルな構造体であるため、破損部材の直接交換など容易に修復可能 (Repair)
- ③ アルミニウムを主とする構造体であるため、材料の再利用率が高い (Recycle)
- ④ 一括輸送、一括架設が可能であるため、輸送コストや重機の数削減できる (Reduce)

といった観点から、経済的にも環境的にも大きなメリットを持つ。

4. 施工実績

これまでの研究開発を通じて、人道用と車両用の2機の試験橋を試作し、実用化を目指した防災用モバイルブリッジを引き続き開発している。

人道橋タイプの試作橋は、広島大学構内を流れる県管理下の河川に空撮情報と地上測量を併用したフィールドワーク実験を2009年11月に実施し、現場での安全かつ迅速な架設展開をデモンストレーションしてきた。このフィールドワーク実験では、架設現場まで運搬したモバイルブリッジを数名の作業員のみで、10分足らずで現場架設ができ、延べ200人程度の渡橋に成功した。

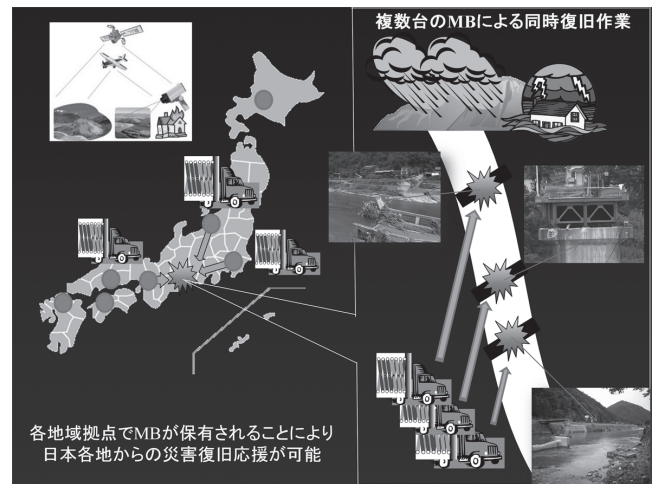
車両用タイプの試作橋は、綿密な実験照査のもと実使用を想定した車両通行問題、展開/収納構造などの問題をクリアし、2012年10月に、共同で研究開発している静岡県富士市の施工技術総合研究所にて、車両通行公開実験を実施し、1.3tf程度の普通車両が安全にモバイルブリッジを

渡れるデモンストレーションを行った。

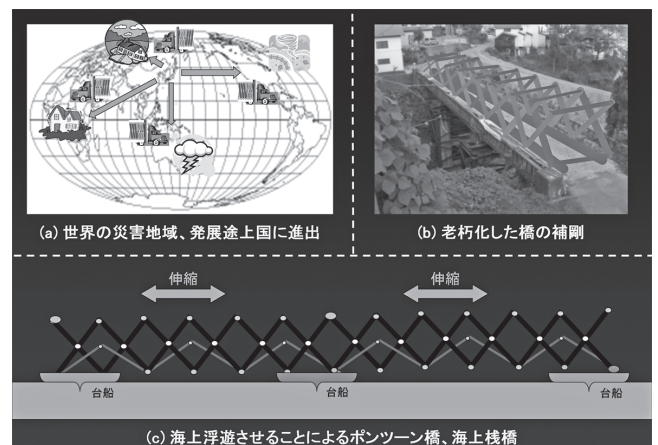
モバイルブリッジの開発状況および研究成果はモバイルブリッジ開発 HP 内 (<http://home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/>)にて随時情報を発信しており、新たなステージとして、中型のモバイルブリッジMB2.0を経て、クレーン不要のMB3.0の開発段階に入っている。

5. 波及効果

自然災害の多発に伴い、地域防災拠点の設備強化は、現代の安全・安心な社会基盤整備を維持するためにも必要な社会的課題である。モバイルブリッジの導入は、命を守る復旧・復興手段の一つとなり、脆弱な防災機能を持つ地域にとって、有益な自主防災システムとしての役割を果たすと考えられる。図一七が示すように、各地域防災拠点にモバイルブリッジが導入されれば、直下型地震や津波などの大型災害時に速やかなレスキュー活動のバックアップ体制が周辺地域から可能となり、複数台のモバイルブリッジを同時に使用することにより、断絶された交通ネットワークの早期仮復旧が達成され、工事車両や救急車両の輸送通路が被災後初期の段階で確保できる。また自然災害によるインフラの損傷は国内だけの問題にとどまらず、世界各地



図一七 遠隔地からのモバイルブリッジによる応援



図一八 モバイルブリッジの応用

で発生する可能性がある。シンプルな展開構造機構を持つモバイルブリッジを、各グレード仕様に応じて量産化・モジュール化することにより、図—8 (a) が示すように、世界中の自然災害被害により頭を抱える地域や発展途上国などの社会インフラの補完の一役を担うことができる。

さらには、多様な災害現場に対応すべく図—8 (b), (c) に示すような、この基本的なシザーズ展開構造を活用した、橋脚を必要としない浮体式展開システムや、国道、県道にも適用できる大型仕様化、老朽化した橋の補剛などの活用用途が想定できる。例えば、通常の国内規格のインフラの仕様では、品質や規模が重要であるが、災害時の使用条件下では、機能や時間を優先させるために、仮橋の積載制限重量や車両サイズを小さくしたダウングレードやダウンサイズ化によって、車両を通すという最低の要求は満たし、機動性の高い技術を被災直後から現地に投入する。あるいは、この仮橋はユニット単位で伸縮可能であるので、河川の河口部や湖畔などでの浮体橋として活用することによっても効果的な手段となる。

## 謝 辞

本研究開発は研究代表者有尾一郎の平成 23 - 25 年度科学研究費基盤研究 (B) の研究成果の一部であり、関係各位に深謝する。また、実験橋の試作や載荷実験の実施にあたり星軽金属工業(株)、(株)アカシン、三協立山(株)三協マテリアル社の協力を頂いた。ここに深く感謝申し上げる。

近広 雄希

国立大学法人 広島大学大学院 工学研究科

有尾 一郎

国立大学法人 広島大学大学院 工学研究院

小野 秀一

(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

中沢 正利

東北学院大学 工学部

---

## お断り

この JCMA 報告は、会長賞を受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。