

## CMI 報告

## 災害復旧支援に向けた応急橋の開発

谷倉 泉・小野 秀一

## 1. はじめに

地震、豪雨、地すべり等の自然災害に伴う橋梁流出や道路崩壊による交通路の遮断(写真一参照)は、「地域の孤立化」を招き、その被災地の人々にとっては生命線の切断となるため、交通路の迅速な復旧方法の開発は災害対応の重要課題である。平成16年の中越地震では、橋の崩壊や段差の発生などで生活道路の一部が各地で寸断され、その対策に追われた記憶は生々しい。



写真一 中越地震時の被災現場例

現在の一般的な応急橋(例えば写真二)は、大型車両の荷重をもとに設計されるので、短い橋であっても重厚な構造物となる。そのため、応急橋の架設を含めた道路復旧までには1ヶ月単位の時間がかかり、緊急対応が困難であると言ったような課題がある。

被災により孤立した村などから被災者を救助する場合や、救援物資を届けるような場合には、大きな応急橋ではなく、歩行者はもちろん軽トラックや二輪車などが通行可能な小型、かつ迅速に組み立てられる応急橋を各地方に分散配備しておくことができれば、災害



写真二 既往の応急橋の一例

の多い我が国における意義は大きいと考える。

そこで当研究所では広島大学と共同で、人命救助や被災地の孤立化などの災害復旧を目的に、従来の応急橋よりも格段に迅速な組立・施工が可能な軽量展開型の新しいスマート構造概念に基づくプロトタイプの応急橋を研究開発中である。この応急橋は現場での簡便な展開が可能な可搬構造であることから「モバイルブリッジ」と命名し、実用化を目指している。

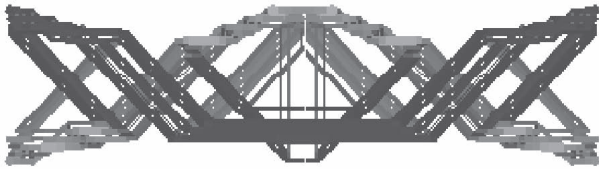
ここでは、そのモバイルブリッジの概要を紹介する。

## 2. 開発のコンセプト「折畳み」と構造最適化

本研究開発で目指すモバイルブリッジは、災害時の緊急的な社会基盤復旧システムを迅速に構築するために、軽トラック程度の車両を通行可能にする機動性の高い展開橋システムを想定している。ここで目指す仕様は下記のとおりである。

- ①スパン長20m程度
- ②軽トラックで運搬可能
- ③組立て時間6時間以内
- ④軽トラック車両(10kN)が30km/h程度で通行可能

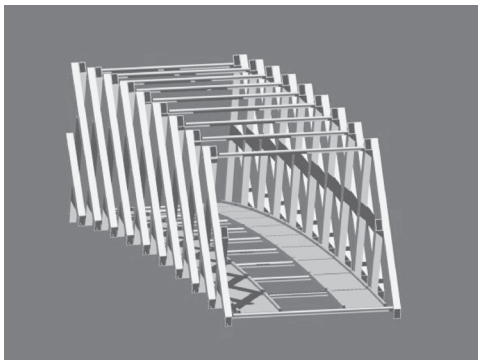
これらの仕様を満たすため、軽トラック車両一台の荷重(10kN)対応の橋構造体を容易に収納・可搬・移動することができる折畳み構造とするとともに、様々な制約条件下の現場でも迅速にシステム施工できる仮設応急橋の機構仕様を設計開発する必要がある。そのため、応急橋には機動性と、その役割から軽量化と強度を同時に具備していなければならない。それらを満足するため、使用部材の形状は数値シミュレーションを繰り返して決定した。ここで用いたマイクロトラス法による最適構造の骨組レイアウト例を図一に示すが、解析結果は一般的なワーレントラス形状となった<sup>1)</sup>。これらの最適化レイアウト解析結果の特徴は、部材がトラス状に周期的に現れ、支間中央で左右対称となっており、力学的な平衡バランスがとれていることである。その周期対称性を利用して折畳む



図一 1 マイクロトラス手法による位相最適化構造解析結果 (赤: 圧縮力の領域, 青: 引張力の領域)

ことができれば、コンパクトな展開構造「Deployable Structures」とする可能性が生まれる。折畳み構造は軽量構造物に適用されることが多いが、橋などの重量構造物への適用は不可能と思われるがちである。しかし、設計荷重などの要求スペックを明確化するなどの設計クライテリア論を展開していけば実現は可能ではないかと考えている。「折畳み」構造は日本のお家芸的な製品が多いが、橋を折畳むにはそれなりの高度なバランス制御が必要である。その課題もプロトタイプでは解決できている。

以上の検討結果から、モバイルブリッジは、展開・収納を考慮して、下路タイプの主構面がダブルワーレントラス (X 型トラス) 状とした。モバイルブリッジの完成イメージを図一 2、運搬・展開イメージを図一 3 に示す。

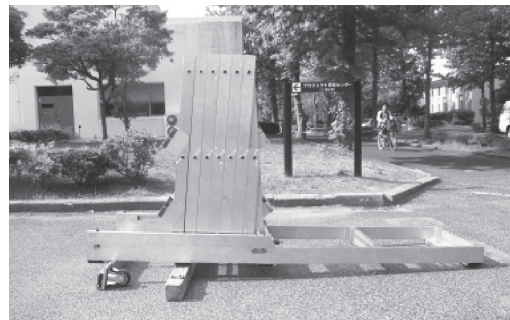


図一 2 モバイルブリッジの完成イメージ

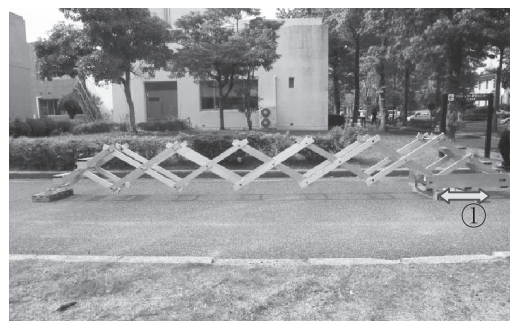
### 3. プロトタイプの概要

実機製作に向けた基礎データの収集と課題の整理を行うことを目的として、人荷重として 100kgf を想定した支間長 6m のプロトタイプモバイルブリッジを製作した。このプロトタイプでは、展開・収納機構の確認や、各部のひずみ測定から応力変形挙動の把握を行った。すべてにアルミニウム合金製の部材を使用し、主な部材の断面形状は肉厚 2.0 (一部 3.0) mm、幅 30 mm × 高さ 70 mm の平角型とした。

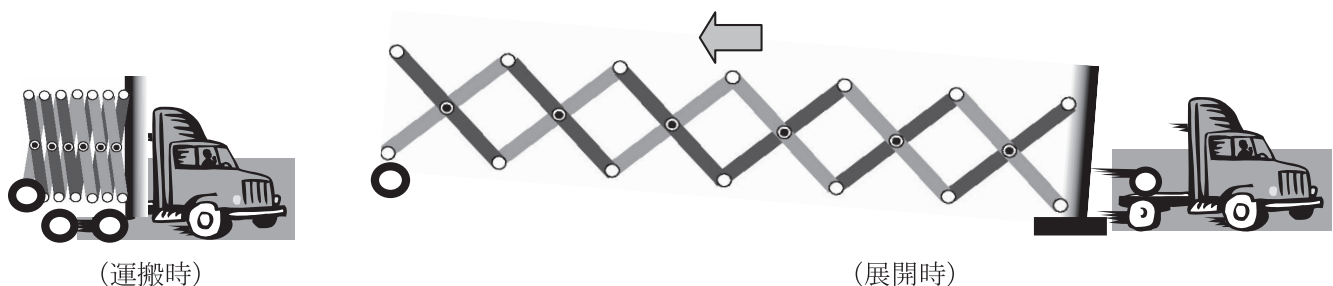
応急橋収納時の状況を写真一 3、展開時の状況を写真一 4 に示す。収納時には、約 1 m 程度の長さとなりコンパクトである。展開時には、写真一 4 に示す「①」部を伸ばさせることで、モバイルブリッジ全体が展開される。その後、上部の格点上に上支材を兼ねるデッキを載せて 1 次構造の完成である。その後でケーブルやタイバー等を用いて補強することによって、構造全体の強度を高めた完成構造とするも



写真一 3 モバイルブリッジ収納時の状況



写真一 4 モバイルブリッジ展開時の状況



図一 3 モバイルブリッジの運搬・展開イメージ

のである。

大人3人がデッキ上に乗載した状況を写真-5に示す。大人一人の体重を約65kgfとすると、200kgf程度の荷重が載荷されたことになる。部材各部で計測したひずみデータ等の掲載はここでは省略するが、部材の座屈や降伏などを伴う非線形挙動は認められず、線形挙動の橋梁構造として成立することが確認された。

この基本構造概念に基づいた技術開発を進めることにより、わが国のような災害の多発する国におけるモバイルブリッジは、地域の災害復旧ツールとして重要な役割を担う可能性を秘めている。今後は、この折畳み構造とケーブルとの組み合わせ、さらに格点部や支点部の強度および耐久性を高めるとともに、大型の展開型の応急橋へ発展させていく方針である。



写真-5 載荷試験状況 (大人3名で載荷)

#### 4. おわりに

本研究開発における応急橋は、支間長6mのプロトタイプモバイルブリッジであり、構造解析ならびに試作模型においては、今後の実用化に向けて、ある程度の成果が得られたものと考えている。

このような軽量の応急橋は、比較的橋長の短い橋梁流出部や盛土等の土砂崩れに対しても応急的にリカバリできる手段のひとつとして期待され、その安全性と有効性が確認されれば、施工時間のかかる土工作业が割愛でき、組立コストもほとんどかからない利便性の高い災害支援ツールとなる可能性が高い。

また、著者らは今年の8月中旬に、静岡沖地震を経験し、この際、大きな被害を受けることはなかったが、各種メディアで報道されたような東名高速道路の寸断や土砂崩れは各地で生じた。さらにはその直前の兵庫

県佐用町等での水害もあり、このような災害で迅速に対応可能な大型のモバイルブリッジの必要性を強く感じた次第である。今後も我が国の経済活動や日常生活を支える上で重大な責務を担っている社会資本を安全に利用、提供できるようにするために、鋭意、モバイルブリッジの実用化を目指して研究開発を進めたいと考えている。

また当研究所では、この他の災害時支援ツールとして、写真-6に示すような自動交通遮断機も開発している。これは遠隔操作で伸縮・収納が可能なバルーン式(テント地)としているため、救急車等の緊急車両は、40km/hで脇を通過することも可能である。道路のアンダーパス等での冠水箇所への進入を防止する装置として、地方自治体での採用も始まっている。



写真-6 バルーン式自動交通遮断機

謝辞：本研究は広島大学大学院工学研究科 有尾一郎助教との共同研究として実施したものである。ここで、有尾助教はじめ関係者の方々に感謝の意を表したい。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 有尾, 谷倉, 中沢, 小野: 構造最適化と折畳み構造に基づくモバイルブリッジの創造, 第84回土木学会年次学術講演会, I-434, 2009.9

#### 【筆者紹介】

谷倉 泉 (たにくら いずみ)  
 (株)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所  
 研究第二部  
 部長



小野 秀一 (おの しゅういち)  
 (株)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所  
 研究第二部  
 次長

