

モバイルブリッジ™の汎用構造を利用した多様な活用法

広島大学大学院 正会員 有尾 一郎

1. 社会的背景

地震、津波、集中豪雨などの自然災害が繰り返され、その復旧対策に対して、迅速にリカバリーさせるインフラツールが乏しく、災害状況によっては、復旧手段や選択肢が少なく、その活動を遅延化させ困難となる場合がある。多様な対応手段や実現可能性を想定しておくことは、次の災害に備える意味でも、発災後の本質的な問題解決手段の創出であり、新しい復旧手段や安全で迅速なシステム開発は最重要課題である^{1)~4)}。

2. パネル組立の橋の発明

Bailey 橋は世界中で利用されている規格化された簡易パネル組立仮設橋である。そのパーツの組立の自由度とピン結合からなるブロック離散体の集合体としての構造体と橋としての役割を担っている。その創始者 D. Bailey(1901-1985) は趣味でモデル橋を考案し、同僚らの協力もあって開発され、その橋の組立合理性とニーズから、戦争の拡大と共に広まった。現在は第四世代として展開され、自然災害後の仮復旧仮設橋として発展途上国を中心に世界中で活躍しているが、その構成の原型は不変である。

3. シザーズ構造の定義

2組以上の梁部材からなり、交差部で回動を許すピボットで構成されるものをパンタグラフあるいはシザーズ構造と呼ばれる。一般に、鉛直方向に伸縮する構造機構をパンタグラフ、水平方向に伸縮するものをここではシザーズ構造と区分する。複数のシザーズが連動したものを(連鎖/連動)シザーズと呼ぶことにする。一般に、同サイズのパンタグラフとシザーズ構造において、それらの機構の並びと重力の向きが異なるので、断面力が大きく異なる。また、これにある1格間でも制御部材が導入され固定されると連鎖シザーズは、構造不安定から安定な構造体に劇的に変化する。それ以外の格間も固定されると多重の安定性を確保することになる。さらに、片持ち梁や単純梁にこの安定シザーズを採用すると展開・固定構造



Photo 1 A prototype of Mobilebridge™

としての飛躍的な利点に変化する。

一方、シザーズ構造は、これまで主に建築分野の仮設屋根部材や昇降機などの輸送機器として培われてきた経緯はあるが、実用化された事例は限られる。一般的なシザーズ構造は、曲げ抵抗、展開中・後の安定化、剛性の確保といった課題が存在するが、並設されたシザーズ構造体を持つ構造形式の仮橋「モバイルブリッジ™」(Fig.1を参照)を提唱し、橋の新たな価値と有用性について、本研究課題を通して開発中である。

4. 仮橋の展開構造

パンタグラフ構造はその伸縮機構を利用して昇降機やテント等に用いられることがあっても、橋に利用するにはその構造体の自重のほかに車両等の活荷重に耐えなければならず、その見かけの不安定性から開発されてこなかった。また、境界条件が劇的に変化することも実用的な設計に反映しなければならない。しかしながら、災害後の橋のスピード架設という必要性や具体的な手段や方法から可動連動構造体としての利点や効用が大きいので、橋構造物に応用するメリットも大きい。

既往の応急仮橋の構造様式は、ブロック単位の組立構成される場合が多く、運搬方法と架設条件に多くの課題を持つ。特に小型の仮設であっても既存の復旧方法に基

キーワード 構造最適化、折畳み構造、モバイルブリッジ™、展開構造、緊急仮橋、Bailey 橋
連絡先 〒739-8527 広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究院社会基盤環境工学専攻 TEL082-424-7792

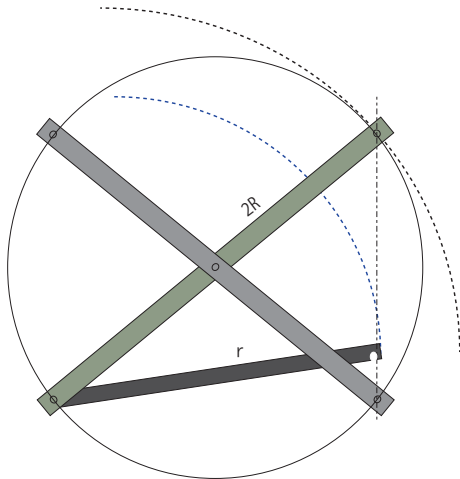


Fig. 1 Advanced scissors structure

づくため、基礎工事に時間がかかり、機動性と現場適用性等の問題を抱えている。ここでは、仮橋は重厚な基礎を必要とせず、暫定的な現場の条件を満たす橋とする。

展開構造物の機構理論に関しては、Guest & Pellegrino の興味深い研究がある。また、円筒シェル構造体の座屈研究を基礎に、折紙スキルより展開構造の構造最適化の研究^{4),5)}がある。軽量展開構造物は非線形状態で不安定化する分岐現象を起こす問題が存在する。

5. モバイルブリッジの現場多用性

Fig.1 はシザーズ構造の応用機構の一例を示し、シザーズ ($2R$) の展開と共に床部材 (r) が連動し、展開/収納時にはその欠点をうまく活用し、制御部材で安定的に伸縮機構と構造強度を実現させることにより、モバイルブリッジの架設時と供用時にシザーズそのものの特徴を最大限うまく利用することによって、両場面にも対応する以下の構造体を幅広く利用できる可能性がある。

(1) 舟浮橋への適用可能性

自衛隊が保有する 92 式浮橋とは少し異なるが、複数の浮栈橋 (ポンツーン) 間を、モバイルブリッジで連鎖して容易に河川・港湾に渡橋システムを構築することも可能となる。いくつかのポンツーンをコンパクトに集約させることによって、それ自体大きな舟橋システムを構築できる可能性がある。

(2) 仮設吊橋への活用

吊橋の補剛材を十分強度がある連鎖シザーズでプレキャストで施工すると、迅速な施工が可能であることは容易に予測ができる。Bailey 橋が変幻自在に組合わせ/自由度があることが、災害現場での困難な復旧施工にも対応策の選択肢を増やす可能性があり、現場適合性を向上させる可能性がある。

(3) 老朽化した橋の補剛と補強構造体としての活用

老朽化してきた橋の寿命を延命的にリペアする際に、通常、主桁等の主構部の大掛かり補修工事では橋を通行止となり、問題となる。これを、シザーズを有するモバイルブリッジでは、車両制限を行った上で、橋本体の伸縮構造体を利用して反力が取れる個所に固定し、橋を暫定的に補剛することによって、老朽化した橋の負担を緩和することが可能である。

(4) 栈橋への利用

漁港や港湾の栈橋に本システムを利用する価値は大きい。栈橋利用の制限や台風、高潮による損傷を避けることができ、橋を利用するときだけ架設できることは管理者や利用者にとって利便性がある。

(5) 船上からの折畳みタラップの利用

船上から着岸の目的で「渡し」が必要な場合 (特に、港湾施設も大きく被災した震災を想定した場合) に、船上にコンパクトなモバイルブリッジが装備されていると、機動的な運用が可能となるとともに、船から別の船に移動する場合にも、安全に渡ることが可能となり、様々な可能性が創製される。

(6) 避難橋への利用

中低層ビル火災等で避難路を確保する場合に、隣のビルまでに避難橋が架けられるような装置が装備されておれば、非常時にその効果は大きいものと期待される。

(7) パラレル/マルチ配列シザーズへの応用

本節については当日説明する。

(8) 水流制御板、水止板、簡易堤防の利用

本節については当日説明する。

謝 辞

平成 23-25 年度科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「多重折り畳みシザーズ機構を持つアルミ合金実験橋の研究開発」の研究成果の一部であり、深謝申し上げる。また、本件は共同研究先の星軽金属工業株式会社、施工技術総合研究所、株式会社アカシンと共同開発中である。

参考文献

- 1) 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, 土木学会構造工学論文集, vol.56A (2010) 1-12.
- 2) 有尾一郎・田中義和・中沢正利・近広雄希・作野裕司・椿涼太・谷倉泉・小野秀一・古川祐輔, 災害復旧・救助を想定した移動して折畳める橋「モバイルブリッジ™」の架設実験, 安全問題研究論文, vol.5 (2010) 127-132.
- 3) 中沢正利・有尾一郎, シザーズ構造を応用した応急展開橋の力学特性, 安全問題研究論文, vol.5 (2010) 133-138.
- 4) I. Ario, M. Nakazawa, Non-linear dynamic behaviour of multi-folding microstructure systems based on origami skill, Int'l J. of Non-Linear Mechanics 45 (2010) 337-347.
- 5) G.W. Hunt and I. Ario, Twist buckling and the foldable cylinder: an exercise in origami, Int. J. of Nonlinear Mechanics, Vol. 40(6), (2005) 833-843.
- 6) 有尾一郎, 特許取得, 構造体及びその主フレームの伸張・縮収装置 (特願 2006-037668) (2006).