シザーズ機構を応用した緊急橋の基礎振動特性に関する検討

信州大学　学生会員　○南　尚吾
信州大学　正会員　近広　雄希
信州大学　学生会員　善財　聖也

1. 目的

東日本大震災(2011.3)では，被災現場のライフラインが寸断されると救援活動や避難路のアクセスが阻害され，緊急的にも「速く渡す/渡る」インフラの早期復旧技術の必要性を強く経験した．その中でも交通ネットワークを形成する橋は，ライフラインの要であり，その復旧時間が，救命・救援・避難などの「一刻を争う」問題に繋がる．そこで，災害後の緊急復旧活動を支援する蛇腹状に折畳めるシザーズ型の緊急仮設橋「モバイルブリッジ」の開発研究を著者らは行っている [1), 2)]．橋と展開技術が組合わされることにより，完成した橋全体が折畳まれ，一括して現場まで可搬，重機による組立などの現地作業が不要などの迅速施工が可能となる利点が生じる．だが一方で，シザーズ構造を主構造としているため，全体的にフレキシブルな構造体である．そこで本研究では，シザーズ型緊急橋の基礎的な動的特性を探るために，種々の境界条件を想定した固有値解析を行った．さらに，シザーズ型緊急橋のスパンや剛性を変化させることによって，その傾向を定量的に評価した．

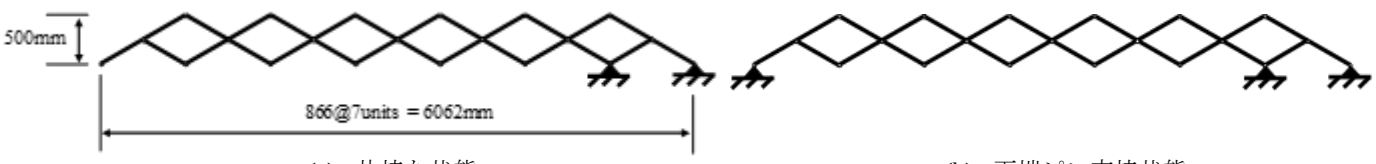
2. 解析概要

解析モデルの概要を**図-1** に示す．既往の研究を参考に歩道橋サイズの実験橋を対象とした．全長 6.1m，高さは 0.5m である．主構造であるシザーズ部材は板厚 t = 2mm の中空アルミニウム合金材とし，鉛直方向から水平方向に対して 60°傾斜した状態にある．シザーズ部材はアルミ合金材 A6063 からなり，A6063 材の材料特性は，弾性係数 E = 62.5GPa，降伏応力 σ_y = 180MPa，密度 ρ = 2.71ton/m^3 とそれぞれした．

このモデル化にあたり，汎用構造解析ソフトウェア MSC. Marc2016 を用いた．シザーズ部材・横構ともに梁要素を用いた．上・下ヒンジ，ならびに，ピボットのある部材交差部は，交差する両部材の変位が等しくなりつつ，曲げモーメントは伝達されないように拘束条件を与えた．またここでは，架橋直前の展開状態と架橋後の両端ピン支持状態と 2 種類の境界条件を想定した．

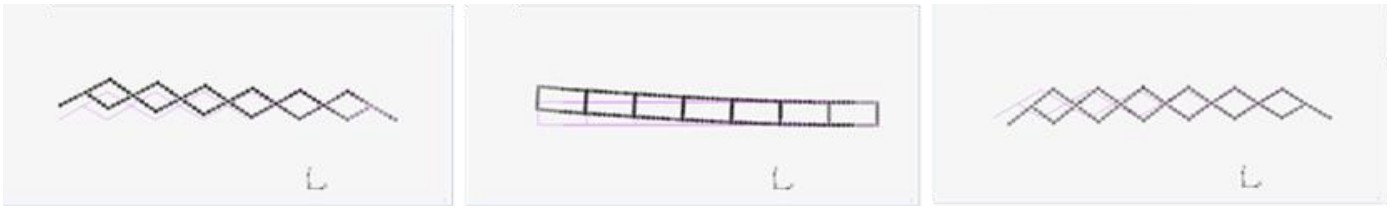
3. 解析結果

固有値解析の一例として展開時と展開後における 1 次モードの結果を**図-2**，**図-3** に示す．この解析結果では，鉛直，面外方向に加え，伸縮方向の振動モードが確認された．展開時の 1 次モードの固有値は，鉛直方向が 2.6Hz，面外方向が 2.7Hz，伸縮方向が 4.9Hz であった．一方，展開後では，鉛直方向が 11.8Hz，面外方向が 12.3Hz，伸縮方向が 18.5Hz であった．鉛直方向と面外方向の固有値について着目すると，境界条件が変わる，すなわち，橋が架橋されることによって固有値が 4.5 倍と 4.6 倍にそれぞれ変化した．



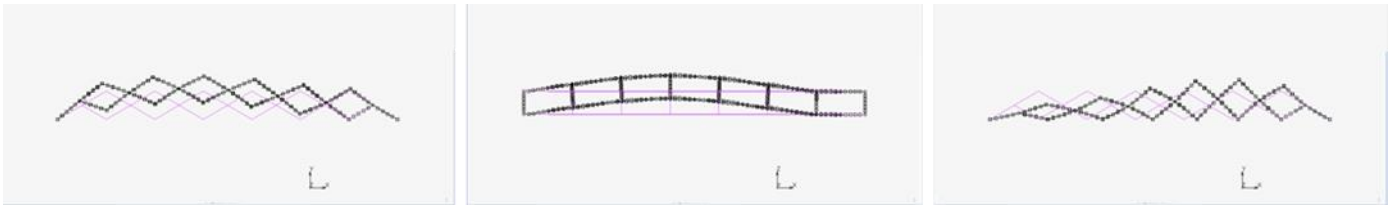
(a) 片持ち状態　(b) 両端ピン支持状態

図-1 解析モデルの概要



(a) 鉛直方向 (b) 面外方向 (c) 伸縮方向

図-2 片持ち状態における 1 次の固有振動モード



(a) 鉛直方向 (b) 面外方向 (c) 伸縮方向

図-3 両端ピン支持状態における 1 次の固有振動モード

ここで，片持ち状態の解析モデルに着目し，スパン・部材剛性を変化させることによって，動的特性の変化を探る．解析モデルのスパンを 1.5 倍，すなわち，9.5m とした場合，1 次モードにおける固有値は，鉛直方向が 1.0Hz，面外方向が 1.0Hz，伸縮方向が 1.8Hz となった．また，シザーズ部材の剛性を 1.4 倍とした場合，1 次モードにおける固有周期は，鉛直方向が 1.1Hz，面外方向が 1.0Hz，伸縮方向が 1.9Hz となった．以上のことより，橋の長さが部材剛性に比べ，固有値の変化に与える影響が大きいと分かる．

4. 結論

本研究では，シザーズ型緊急橋「モバイルブリッジ」の基礎的な動的特性を明らかとするために，実使用下における 2 種類の境界条件を想定し，固有値解析を行った．本研究で明らかとなったことを以下に述べる．

1) シザーズ機構を応用しているため，伸縮方向の揺れも見られるものの，本解析モデルでは，鉛直方向・面外方向に揺れやすい傾向にあった．
2) 橋のスパンと部材剛性を変化させた場合，スパンの方が固有値に与える影響が大きかった．

今後の展望として，簡易式を含めた理論化を行うために，固有値に影響を与えるパラメータ（例えば，シザーズ部材の展開角度）に関する影響を明らかとする必要がある．

5. 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費研究活動スタート支援(16H0684000)，ならびに，公益財団法人山口育英奨学会学術研究助成を受けたものである．ここに記して謝意を表する．

6. 参考文献

1) Ario, I., Nakazawa, M., Tanaka, Y., Tanikura, I., & Ono, S. (2013). Development of a prototype deployable bridge based on origami skill. Automation in Construction, 32, 104-111.
2) Chikahiro, Y., Ario, I., Nakazawa, M., Ono, S., Holnicki-Szulc, J., Pawlowski, P., Graczykowski, C. & Watson, A. (2016). Experimental and numerical study of full-scale scissor type bridge. Automation in Construction, 71, 171-180.