ケーブル材を利用したシザーズ橋の補強効果の検討

信州大学　学生会員　○平井　康祐
信州大学　正会員　近広　雄希
信州大学　学生会員　善財　聖也

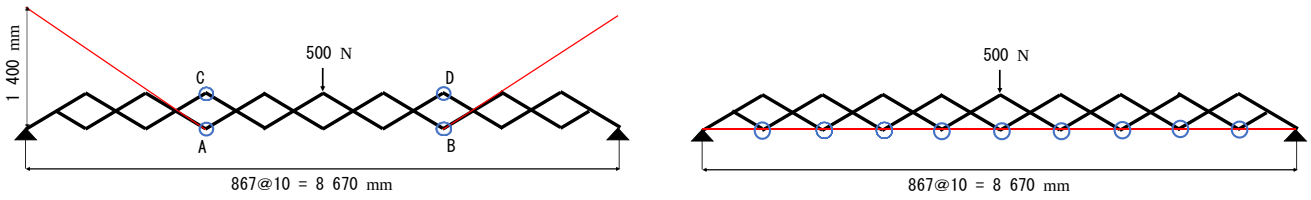
1. 目的

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，重機による現地作業が極力不要となる．その一方で，トラス橋のように上・下弦材を有さないため剛性は高くなく，各部材交差部（ピボット部）に生じる曲げモーメントの影響を大きく受ける．そこで本研究では，シザーズ橋の性能を向上させるために，ケーブル材を用いた極力簡易な補強について提案し，その補強効果を数値解析により検討した．

2. 解析概要

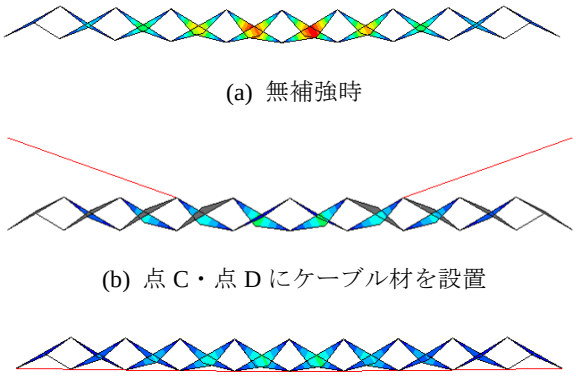
解析モデルの概要を**図-1** に示す．本研究では汎用構造解析ソフトウェア MSC. Marc2016 を用いた．解析モデルの全長は 8 670 mm，高さは 500 mm である．主構造であるシザーズ部材には梁要素を，ケーブル材にはバネ要素を用いた．上・下ヒンジ，ならびに，ピボットのある部材交差部は，互いに交差する部材の変位が等しくなり，かつ，曲げモーメントは伝達されないように拘束条件を与えた．シザーズ部材の断面は，幅 b = 30 mm，高さ h = 70 mm，板厚 t = 2 mm であり，鉛直方向から水平方向に対して 60° 傾斜している．これらの部材は，アルミニウム合金材 A6063 からなり，弾性係数 E = 62.5 GPa，降伏応力 σ_y = 180 MPa，密度 ρ = 2.71 ton/m^3 とそれぞれした．また補強用のケーブル材は，断面積 A = 7 .63 mm^2，弾性係数 E = 205 GPa，密度 ρ = 7.85 ton/m^3 とした．本解析では，架橋後の両端ピン支持状態に対して，人ひとり程度の活荷重を想定した集中荷重 500 N をシザーズ橋中央の上ヒンジ部に作用させた．

補強効果を評価するために，無補強時を含めた計 6 パターンの解析を行った．ケーブル材は，**図-1**(a), (b) のように，吊材として設置した場合と下ヒンジ部に設置した場合の 2 種類を考えた．特に前者では，ケーブルの位置や高さによる補強効果を検討するために，**図-1**(a)内の点 A・B と点 C・D に対してケーブルを設置したパターンを考えた．さらに，災害現場の状況によっては両側からケーブルを設置することが困難な場合も考えられるため，片側の点 A，点 C のみにケーブルを設置した場合も合わせて検討した．



1(a) 架台を利用したケーブル補強　　(b) 下ヒンジ部へのケーブル補強

図-1 解析モデルの概要



(a) 無補強時

(b) 点 C・点 D にケーブル材を設置

(c) 下ヒンジ部にケーブル材を設置

図-2 曲げモーメント分布図

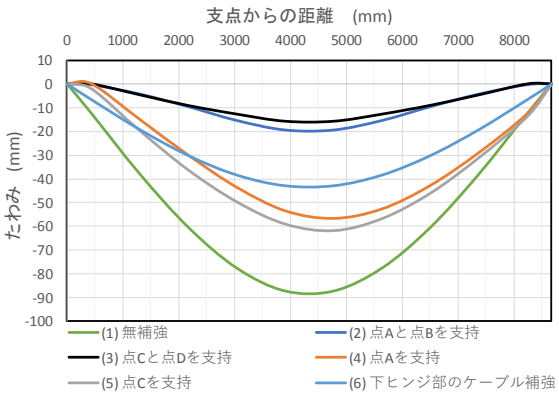


図-3 たわみ分布図

3. 解析結果

図-2 はシザーズ橋の曲げモーメント分布図を示す．ここでは，一例として，無補強時，点 C・D に対してケーブル補強した場合，下ヒンジ部に対してケーブル補強した場合の曲げモーメントの分布図を示す．図より，ケーブル補強を行うことでシザーズ部材に生じた曲げモーメントが全体的に低減していることが確認できる．特に最大曲げモーメントに着目すると，両補強モデルとも無補強時から 50%以上低減した．

図-3 はシザーズ橋の各ピボット部のたわみ分布図を示す．図中の(1)：無補強時の最大たわみは 88.5 mm であったが，(3)：点 C・点 D で支持した場合の最大たわみは 18.4 mm であり，79.3%低減した．また片方にケーブルを支持させた(4)：点 A のみで支持した場合，(5)：点 C のみで支持した場合では，最大たわみの低減効果は無補強時から 30.1%であった．他方，(6)：下ヒンジ部へのケーブル補強の場合では，50.4%の最大たわみの低減効果があった．

4. 結論

本研究では，シザーズ型緊急橋「モバイルブリッジ」の架橋後のケーブル補強効果について，数値解析により検討した．本研究で明らかとなったことを以下に述べる．

1) 片岸，両岸からの支持に関わらず上ヒンジ部で支持した方がたわみの低減率が優れていた．
2) 片岸からのケーブル補強でも，最大たわみは 30.1%低減できることが分かった．
3) 下ヒンジ部のみにケーブルを設置した場合でも最大たわみは 50.4%低減できた．

5. 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費若手研究(18K13818)，ならびに，一般財団法人防災研究協会若手研究者研究助成による支援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.