

迅速に展開可能な緊急橋設計のための補強法の検討について

広島大学大学院 学生会員 ○ 森 由美
 広島大学大学院 正会員 有尾 一郎
 広島大学大学院 学生会員 近広 雄希
 東北学院大学 正会員 中沢 正利

広島大学大学院 田中 義和
 施工技術総合研究所 正会員 谷倉 泉
 施工技術総合研究所 正会員 小野 秀一

1. 研究背景と目的

近年、地震や大雨などの自然災害により、交通路が被災したり、天然ダムの発生に伴う緊急対策を要するようになった。現状では迅速な仮復旧ツールが乏しく様々な課題を抱えている。2011年に発生した東日本大震災や紀伊半島豪雨においても、実際に橋桁や橋脚が流失し、ライフラインが寸断するという被害が発生し、復旧に時間がかかった(写真-1参照)。このことから、災害後、迅速にライフラインを復旧できる橋構造物が必要とされている。そこで、筆者らは、多重に折畳み可能で、迅速に展開架設可能な、シザーズ機構を有する緊急仮設橋「モバイルブリッジ」(以下MBと称する)の開発を進めている。

MBはフレキシブル構造であるため、たわみやすく、揺れやすいという特徴を持っている。それらの物理量を抑制すること、迅速な補強法を開発すること、ならびに剛性耐力を向上させることを、本研究の目的とする。本研究では、MBの耐力向上をねらい、展開後の補強や補強位置について検討する。

2. シザーズモデルに対する補強の平衡力学

図-1はシザーズの補強モデルを示し、灰色の部材は補強部材を、破線は変形後の状態を表す。変形前の部材長を l_0 、1格間の長さを L 、高さを $h(=\gamma L)$ 、水平変位を $u(=Lu')$ 、鉛直変位を $v(=Lv')$ とする。この時のひずみエネルギー U_N 、補強によるエネルギー U_k 、外力ポテンシャルエネルギー V 、全ポテンシャルエネルギー π を算定し、最小エネルギーの原理を用いて、外力 P と鉛直変位を無次元化した $v'(=v/L)$ の関係を求める。それぞれのエネルギーをシザーズの幾何学的条件から次式より求める。

$$U_N = \frac{\beta}{4} \left\{ u \left(\frac{u}{4L} + 1 \right) + v \left(\frac{v}{L} - 2\gamma \right) \right\}^2,$$

$$U_k = \alpha \frac{EA}{4L} u^2,$$

$$V = -Pv,$$

$$\pi = U_N + U_k + V$$



写真-1 東日本大震災による津波被害

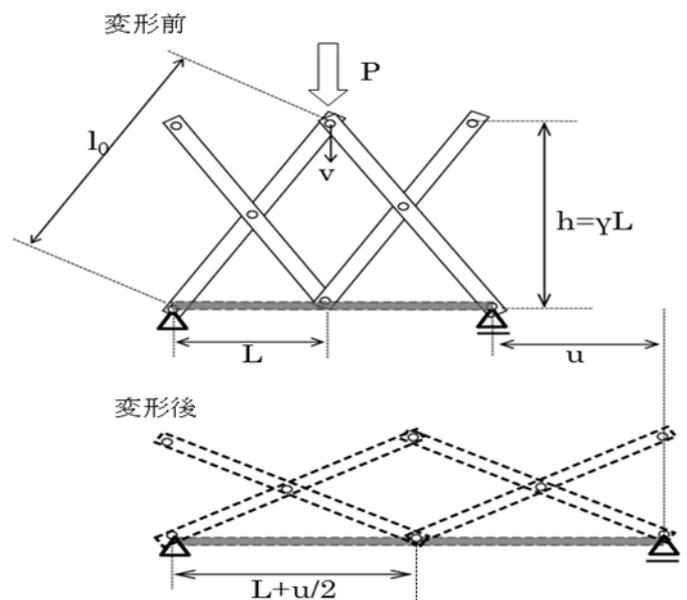


図-1 ストラット補強の構造モデル

ここに、 $\beta=EA/(1+\gamma^2)^{3/2}$ 、 α は本体シザーズに対する補強部材の剛性の比率を表している。以上を用いて荷重 P と変位 $v'(=v/L)$ の関係を図-2に示す。ただし、 $EA=1, \gamma=0.2$ とする。図-2から、 $\alpha=0.5$ から1の、剛性の比率を2倍にしても系全体の耐力は1.5倍にしかならない。このことにより、少ない部材補強で

最も効率よく橋全体の耐力を上げるような補強部材を導く手がかりがあると考えられる。

3. 展開後の補強による補強実験

9 格間の MB プロトタイプを用いて、補強部材による補強実験を行った。図-3 に示すように荷重 P を中央に 2 点载荷した。無補強時、補強部材を図-4 に示すように、直列配置ならびに、並列配置した時に補強の効果を検証する為、本体と横構のひずみを測定した。今回は補強部材を入れた中央交差部 2 とその両隣の交差部 1 および 3、また横構に注目することにする。

3.1. 実験結果

補強部材の有無によるひずみの計測を行った。実験による無補強時と補強時の着目点 2 の縁ひずみ値を表-1 に示す。補強部材を入れた区間 2 では、直列配置では 1038μ から 861μ に ($\blacktriangle 17\%$)、並列配置では 658μ から 484μ に ($\blacktriangle 26\%$) ひずみが減少した。一方、その両隣 1 および 3 において、直列配置では 735μ から 794μ に (8%)、並列配置では 465μ から 550μ に (18%) ひずみが増加している。また、横構のひずみを比較すると、補強部材を並列に入れた場合は 223μ に対して、直列に入れた場合は 545μ と 2.5 倍程大きなひずみが見られた。

3.2. 考察・まとめ

実験結果より、補強部材を入れた区間では、最高荷重でのピボット縁部の最大ひずみ値は小さくなりその効果を確認した。直列配置による補強結果は当日発表する。補強区間内のシザーズの縁ひずみを比較すると、無補強時に比べ、直列に 1 本入れた時は約 17% 減少し、並列に 2 本入れた時は約 26% 減少していた。補強部材を 2 本導入することで、剛性が 2 倍になったとすると、本体ひずみは 17% 減少から 26% 減少と約 1.5 倍の補強効果が現れた。このことは、本シザーズの補強理論を裏づけている。本補強理論では補強を施した区間でのみの検証できなかった。

謝辞: 本研究を進めるに当たり、平成 23-25 年度の科学研究補助金 (基盤研究 (B)) の補助に感謝する。また、施工技術総合研究所との平成 23 年度共同研究にも深謝する。

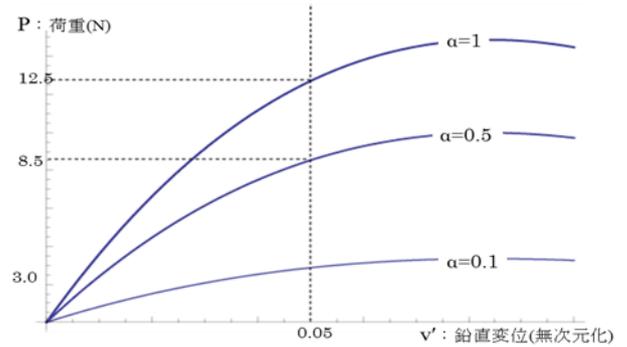


図-2 補強部材の剛性比率 α に対する荷重変位関係

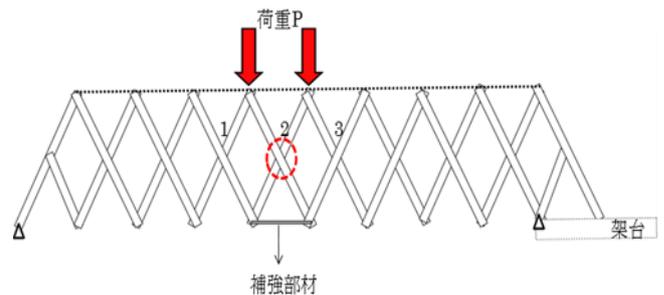


図-3 MB プロトタイプの補強位置と载荷位置

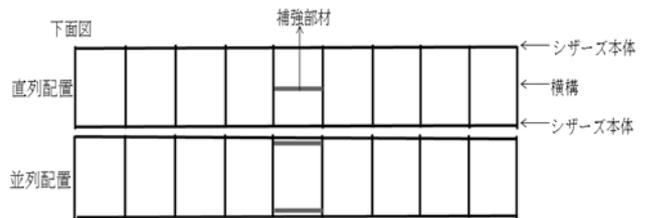


図-4 補強部材の配置 (下面図)

表-1 補強実験の結果 (縁ひずみ値 (μ))

測定点	1			2		
	無補強	直列	並列	無補強	直列	並列
20kg			139			158
40kg	279	312	300	318	298	295
80kg	588	635	670	658	566	484
100kg	743	798		842	703	
120kg	919	974		1038	861	

測定点	3			横構		
	無補強	直列	並列	無補強	直列	並列
20kg			98			15
40kg	225	247	223	37	191	56
80kg	465	505	550	80	545	223
100kg	598	640		99	736	
120kg	735	794		124	930	

参考文献

- 1) 福本 晴士：新体系土木工学 9 構造物の座屈・安定解析，技報堂出版，1982.9
- 2) I. ARIO, et. al., Dynamic Vibration of a Prototype Deployable Bridge based on MFM, proc. of the 9th World Congress on Comp. Mech. and 4th Asian Pacific Congress on Comp. Mech. (2010)