

災害時における種々のスパンに適用可能な移動式可変アーチ橋の提案

日本大学 学生会員
日本大学 学生会員

○加藤 颯
小野 慎治

日本大学 正会員 山田雄太
日本大学 正会員 長谷部寛
日本大学（非常勤） 正会員 長澤大次郎

1. はじめに

主要な社会基盤構造物の一つである橋梁は、経済活動をはじめ、災害時には救援、復旧活動において大きな役割を担うが、被災後の機能回復には一定の時間を要する。既往の研究では、応急組立橋¹⁾や緊急仮設橋²⁾が提案されているものの、組立時間やスパンに課題を有している。本稿では、災害時に運搬可能で、短時間に展開でき、かつスパンが長い移動式緊急橋（以降派遣橋と呼ぶ）を提案し、弾性骨組構造解析の結果から応力度照査を行った。

2. 派遣橋の特徴

災害により生じた遮蔽物等を回避する観点から構造形式にはアーチを採用した。展開開始から完了までは次のステップ0～ステップ4を経る（図-1）。ステップ0：架橋場所への移動を可能とするため収縮状態の派遣橋を無限軌道車両に搭載後、架橋地点へ運搬する。ステップ1：橋梁を車両から降ろし派遣橋を設置する。ステップ2：派遣橋を展開する（片持ち状態）。ステップ3：架橋地点へ到達後、鉛直反力を得る（曲げ梁状態）。ステップ4：ワイヤーを緊張することでタイドアーチ化する（タイドアーチ状態）。

迅速な橋梁復旧には組立の自動化が欠かせない。より自動化が容易であると考えられる「はしご車」の伸縮構造を参考に展開方法を決定した。スパンは一般的なプレートガーダー橋、ラーメン橋で用いられている支間長 50 m を基本とし、環境に合わせスパンの調整が可能な機能を持たせることを想定している（図-2）。橋梁を運搬するには派遣橋の自重低減が重要なため、比重が鋼材の 1/3 であるアルミ合金を用いる。補剛材等の自重も節約するため、断面には中空パネル構造を採用することで軽量化を図る。ステップ 2 における作用断面力を低減するために延伸方向に対する断面積が減少するようにブロックを配置した（図-3）。

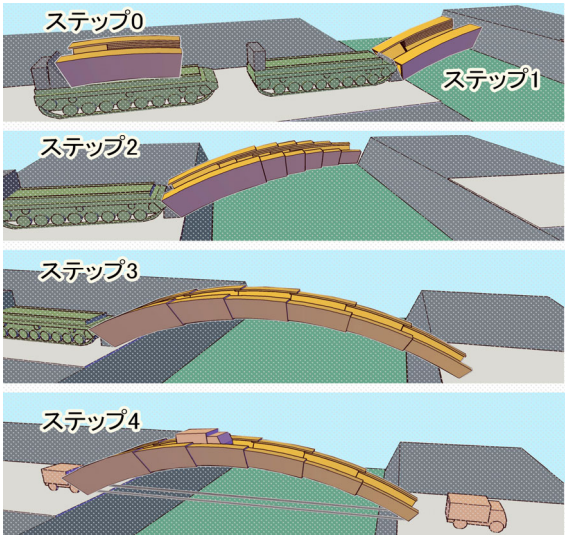


図-1 派遣橋の各ステップ

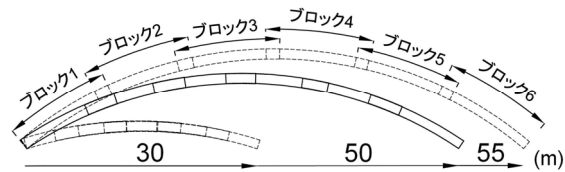


図-2 派遣橋の側面図

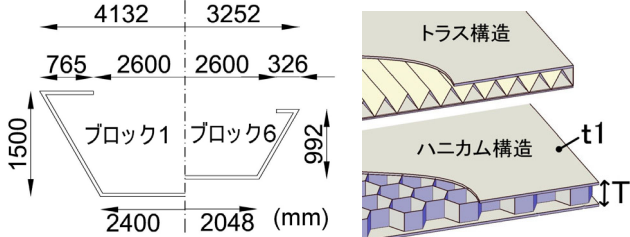


図-3 断面図(左)とパネル構造のイメージ(右)

表-1 構造諸元

橋長	最大 55 m 可変
最大全幅／最小全幅	4.1 m／3.2 m
最大幅員／最小幅員	2.4 m／2.0 m
桁ブロック構成	10 m×6 ブロック
部材	アルミ合金パネル
材料強度	詳細 表 2
荷重	展開時＝死荷重のみ 使用時＝死荷重＋活荷重 (活荷重：車両総重量 245 kN)

キーワード 派遣橋 アーチ 中空パネル 可変スパン アルミ合金

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部 TEL 03-3259-0687

3. 検討および解析条件

構造解析は面内骨組弾性構造解析 (EzyFrame) を使用した。橋梁の諸元を表-1 に、解析の検討ケースを表-2 に示す。表-2 中の解析ケースの頭の数字は展開時のステップを、後ろの英字は図-4 の荷重状態 (a: 死荷重, b: 死荷重+活荷重 1 点, c: 死荷重+活荷重 2 点偏載荷, d: 死荷重+活荷重 5 点, e: 死荷重+活荷重 5 点左偏載荷, f: 死荷重+活荷重 5 点右偏載荷) を表している。解析で用いた許容応力度は、基準の安全率 1.85 をとし、片持ちばりと曲げ梁は 5 %, アーチは 10 %割増して、0.2%耐力を割増後の安全率で除した値とした。

4. 検討結果

許容断面力に対する作用断面力の値が大きく、最も経済性・安全性が両立できると判断された 0.2%耐力が 180 MPa, (t1, T) = (6, 50) のケースについて示す。曲げモーメントは 3-b および 3-c の支間中央で最大値を示し、この位置における許容曲げモーメントを上回った (図-5)。ケース 3-c では展開開始位置からの水平距離: $x = 20 \sim 40$ m 区間で許容曲げモーメントを大きく上回った。曲げ梁状態では、多少の補剛で車両 1 台が通行可能であるが、車両 2 台が同時に通行することは難しい。

次に、荷重ケース 4-d, 4-e, 4-f のタイドアーチ (ステップ 4) の検討を行い、軸力と曲げモーメントによる応力度の和を照査した (図-6)。このとき、タイドアーチのケーブル (鋼材, 直径 50 mm) の本数を 1 本と 4 本で検討した。ケーブル 1 本の場合、荷重ケース 4-f で許容値を超える箇所があった。一方、4 本の場合は同一地点で許容値の 8 割程度まで低減され、車両 5 台が通行しても安全な構造であると確認できた。

5. 課題

ステップ 2 の反力モーメントが約 5 MNm と大きく、可動橋輸送用の無限軌道車両単体でバランスをとるためには、重量が非常に大きい車両を用意する必要がある。そのため、外部からカウンターウェイトを追加するなどの検討が必要である。また、今回の解析では局部座屈については照査したが、全体座屈および、部材座屈については照査していないことから、今後検討する必要がある。

6. まとめ

アーチ構造を適用した移動式災害用緊急橋を提案し、

表-2 検討ケース

構造形態 (図-1 参照)	ステップ 2, 3, 4
解析ケース (図-4 参照)	2-a, 3-b, 3-c, 4-d, 4-e, 4-f
0.2%耐力 (MPa)	125 (A5083 相当) 180 (A5052 相当) 245 (A6061 相当)
解析した橋長 (m)	40, 50
パネルフランジ厚 (t1:mm)	6, 8, 10
総パネル厚 (T:mm)	40, 50

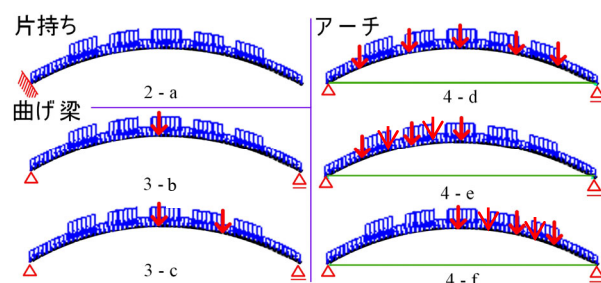


図-4 荷重ケース

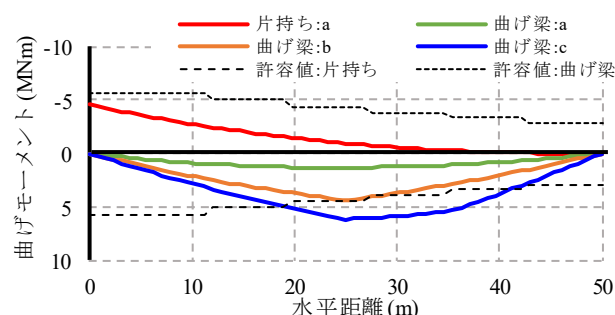


図-5 曲げモーメント図

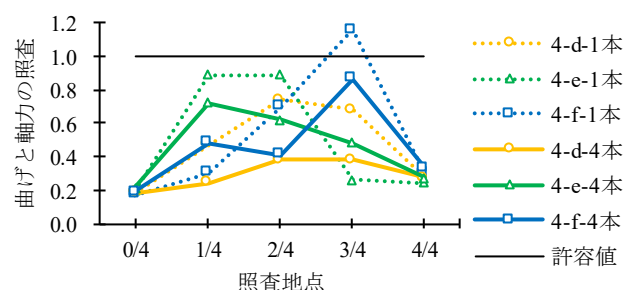


図-6 曲げモーメントおよび軸力の検討

構造検討を行った結果、展開時の力学的安全性を確保しつつ、タイドアーチ時には車両 5 台程度の荷重に耐えうる強度を有していることを確認した。座屈の照査に関して課題は残るものの、十分な強度を有した派遣橋と言える。

参考文献

- 1) 日本橋梁建設協会：特集 1 災害時に活躍する鋼橋、虹橋，No.83, pp.8-13, 2019
- 2) 小野秀一：急速架設を実現するための構造を有する緊急仮設橋，構造工学論文集，Vol.62A, pp.1272-1281, 2016