

連続斜張橋の活荷重たわみ特性に関する一検討

株式会社 IHI インフラシステム 正会員 ○岡田 誠司
株式会社 IHI インフラシステム 杉本 高志
九州工業大学大学院 正会員 松田 一俊

株式会社 IHI インフラシステム 秦 聡一郎
九州工業大学大学院 学生会員 山口 鈴人

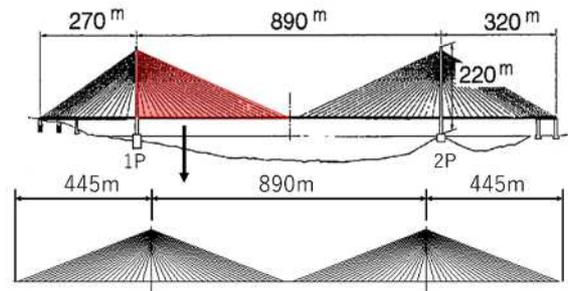
1. 背景と目的

2 主塔 3 径間の斜張橋は多々羅大橋をはじめ国内で多数建設されている。他方、連続斜張橋は建設実績も少ない。しかし、連続斜張橋は径間数が増えることで、固有振動数が低下することがわかっている¹⁾。また、連続斜張橋は径間数が増えることで、径間中央付近の主桁のみかけの鉛直たわみ剛性が低下することが既往の研究で検討されている²⁾。したがって、活荷重たわみが問題になる可能性がある。そこで、本研究では、活荷重による主桁のたわみと主塔の変形を把握し、その特性を評価するために、支間数、主塔諸元をパラメトリックに変化させ、解析検討を実施した。

2. 解析対象モデル

本研究の解析モデルは多々羅大橋の中央径間長を参考に、支間中央で線対称となるように 2 主塔 3 径間モデルを作成した (図-1)。同様に、橋軸方向中央で線対称となるように 3 主塔 4 径間モデルと 4 主塔 5 径間モデルを作成した。4 主塔 5 径間のモデルを図-2 に示す。4 主塔 5 径間のモデルは 2 主塔 3 径間モデルが 2 つ繋がったモデルとなる。さらに活荷重時の負反力対策として、側径間に中間橋脚を設置しており、端支点と中間橋脚上にはカウンターウェイトを載荷した。ここでモデルは、3 次元立体骨組みモデルを採用し、橋脚や主塔、桁は梁要素で、ケーブルはトラス要素でモデル化した。

主塔の剛性および高さをパラメトリックに変化させて、たわみの変化を解析した。その際、主塔の剛性は橋軸方向の剛性を 1 倍、10 倍、20 倍と変化させ、さらに主塔が剛のモデルの 4 パターンで解析した。このとき、剛性はすべての主塔の剛性を変化させている。主塔の高さは、桁上で 130m、170m、210m の 3 パターンで解析した (図-3)。各径間数で 12 ケースとなる。



2主塔3径間モデル

図-1 モデル作成概念図



図-2 4主塔5径間モデル

(▲は支点, 矢印は活荷重載荷位置)

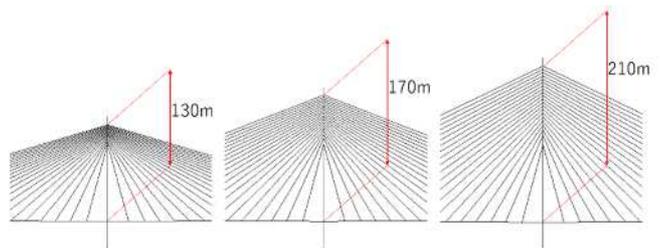


図-3 主塔高さ変化概要図

3. 解析手法

解析は MIDAS Civil 2019³⁾ を利用した。長大橋のため、有限変位理論で解析をした。荷重は、自重・B 活荷重・群衆荷重を線荷重として載荷しており、荷重値は道路橋示方書(H29 年)⁴⁾ に準拠した。活荷重の載荷範囲を、4 主塔 5 径間を代表して図-2 に示す。活荷重の載荷位置は、微小変形理論解析による影響線解析をもとに、たわみ最大となる載荷範囲を算出することで決定した。その範囲に固定荷重として活荷重を載荷することで、有限変位解析で活荷重を考慮した。また、有限変位解析時には、自重による変形をゼロとした状態に活荷重を載荷した。ここで、簡単なた

キーワード 連続斜張橋, 活荷重たわみ, 主塔剛性, 主塔高さ, 有限変位解析

連絡先 〒108-0023 東京都港区芝浦三丁目 17 番 12 号 開発部 TEL03-3769-8692

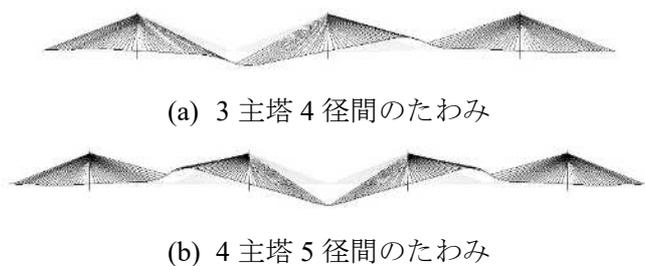
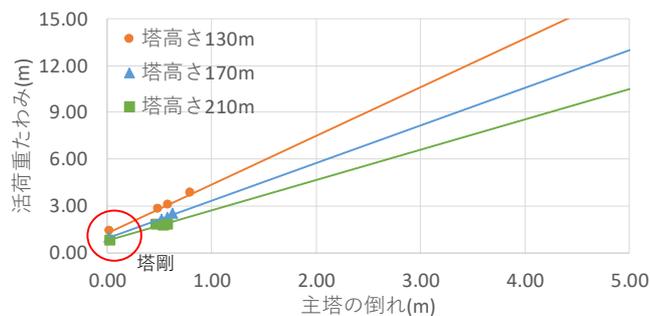
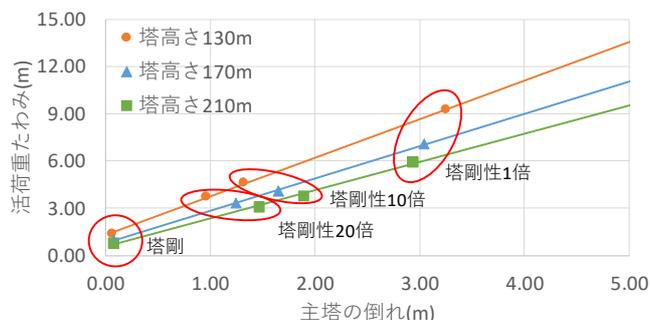


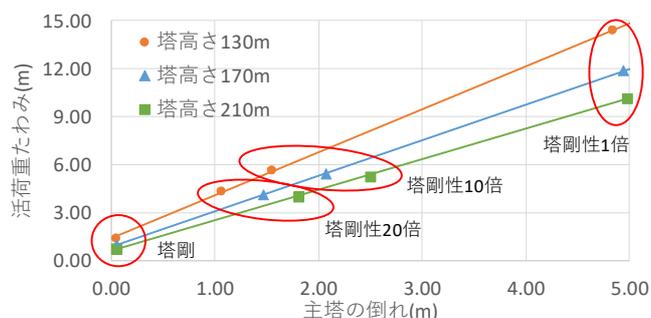
図-4 主塔高さ 170m, 主塔剛性 1 倍ケースの変形図 (変形倍率 10 倍)



(a) 2 主塔 3 径間モデル



(b) 3 主塔 4 径間モデル



(c) 4 主塔 5 径間モデル

図-5 主塔の倒れと桁のたわみ

めケーブルのプレストレスは考慮していない。

4. 解析結果

3 主塔 4 径間 (主塔高さ 170m, 主塔剛性 1 倍) と 4 主塔 5 径間 (主塔高さ 170m, 主塔剛性 1 倍) ケースの変形図を図-4 に示す。また、桁のたわみは主塔の倒れと関係があるため、横軸を主塔の倒れ (塔頂部の橋軸方向変位), 縦軸を桁の最大たわみとしてプロットした図を図-5 に示す。主塔の剛性が高いほど主塔の倒れは小さくなる。この図から、主塔の倒れと桁

表-1 4 主塔 5 径間(主塔剛性 1 倍)ケース, 2P 主塔中央径間側の最上段ケーブル張力 (kN)

4 主塔 5 径間 主塔剛性 1 倍	最上段ケーブルの張力 (2P 主塔中央径間側)
主塔高さ 130m	8132.9 kN
主塔高さ 170m	6893.1 kN
主塔高さ 210m	6197.0 kN

のたわみは、線形近似できることが明らかとなった。また、その特性は径間数によらないことがわかった。加えて、径間数が多いほど、主塔の剛性を上げることによるたわみの改善が大きいことがわかる。

また、主塔の高さが高いほど桁のたわみは小さくなる。4 主塔 5 径間 (主塔剛性 1 倍) ケースでの、2P 支間中央側の最上段ケーブルの張力を表-1 に示す。この表より、主塔高さが高いほど、ケーブル張力は小さくなっていることがわかる。これは主塔高さが高くなることで、ケーブル角度が大きくなり、桁を吊り上げる方向の力が大きく取れるためである。ケーブル張力が小さくなることで、主塔の倒れが抑制され、桁のたわみが小さくなったと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ・径間数が多いほど、主塔の剛性を上げることによる活荷重たわみの改善効果が大きい。
- ・主塔の橋軸方向の剛性を高める、または、主塔の高さを高くすると、活荷重たわみは改善される。
- ・主塔の倒れと桁の最大活荷重たわみは線形近似することがわかり、それは径間数によらない。

今後の課題を以下にまとめる。

- ・ケーブルのプレストレスを考慮した解析により、本解析の妥当性を検証する。
- ・主塔の剛性のみを増大するだけでなく、例えば桁の剛性をパラメータにした検討も今後必要である。

6. 参考文献

- 1) 山口ら：連続斜張橋の固有振動特性およびフラッター特性に関する解析的検討，土木学会第 76 回年次学術講演会講演概要集，2021(発表予定)。
- 2) Niels J. Gimsing 著 伊藤學監訳：吊形式橋梁—計画と設計—，建設図書，1990.4
- 3) 株式会社マイダスアイティジャパン：
<https://midasit.co.jp>
- 4) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編，丸善出版，2018.11