

岩国錦帯橋のアーチリブの補強方法の歴史的変遷に関する力学的考察

早稲田大学大学院 学生員 ○田中 宏明

早稲田大学 正員 小玉 乃理子

早稲田大学 フェロー 依田 照彦

1.はじめに

現在行われている土木構造物の数値解析的研究は鋼かコンクリートを材料としたものが多く、木を主な材料とした構造解析の研究は少ない。木組み構造物の一つに木橋があり、特に歴史的な木造橋梁の維持管理・補修・改築を考える上で構造力学的な検討は欠かせない要素の一つである。

そこで、本研究では岩国錦帯橋を対象に、有限要素法を用いて数値解析シミュレーションを行い、木橋のアーチリブにおける鞍木、助木、巻金の等の補強部材について構造力学的な見地から歴史的変遷を検討することを目的とする。

2.解析対象

解析対象は岩国錦帯橋の中央のアーチ橋である。この第3橋は、反り高5.184m、支間長35.10mのアーチ橋であり、5本のアーチリブより構成されている。

各アーチリブは、片側11本の桁を基本とし順次せり出されており、刎ね木のすき間には、三角形の楔を入れ要所要所を巻金で結束し、アーチを形成している。さらに桁同士はダボやかすがいで一体化されている。

これらに鞍木、助木を釘で打ち付けて桁全体を補強する形をとっている。棟木は本橋唯一の左右で連続した部材となっている。

3.解析モデルおよび解析手法

解析対象を以下のようにモデル化した。桁などの木部および巻金は、はり要素(B33)とした。部材の接合に利用されている釘はジョイント要素を用いてバネに置き換えた。このように力を伝えている箇所はすべてはり要素あるいは非線形のパネ要素でモデル化した。モデルの節点数は20803個、要素数は18199個で

ある。ただし、アーチ支点部では各桁は固定されているものとしている。使用した材料定数は、まつ、けやき、ひのきなど樹種によってヤング率等が異なるが、今回は定性的な検討のため代表値を採用した。

解析コードは汎用有限要素コードABAQUS (Version5.8)を用いた。モデルの妥当性を検討するため、予備解析として自重解析と振動解析を行い、モデルの妥当性を検証した。モデルの妥当性を検討した後に、このモデルを全体モデルとし、鞍木・助木・巻金の力学的な効果を検討するため、それぞれの部材を除いた比較モデルを作成し、数値的な検討を行った。解析は第1ステップで自重解析を行い、その後橋板部に等分布荷重(総重量1トン)を載荷した。

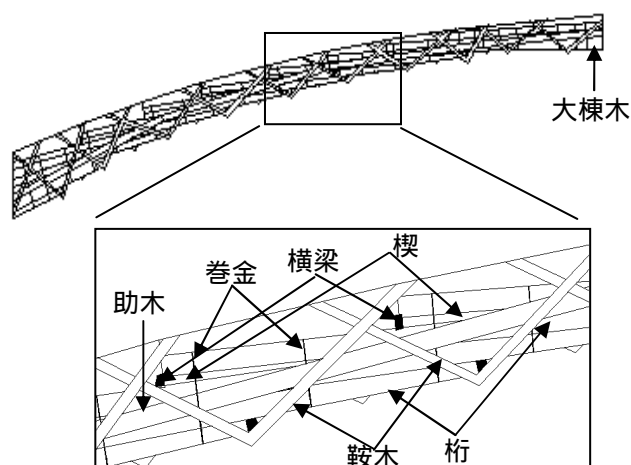


図1 解析対象および拡大図

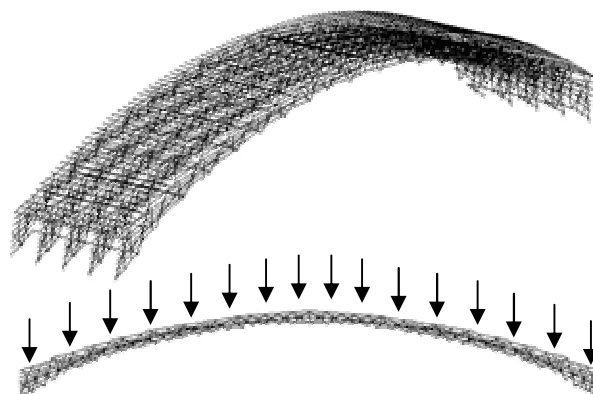


図2 解析モデル図

キーワード：木造橋、構造解析、FEM解析

連絡先：早稲田大学理工学部 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 Tel&Fax 03-5286-3399

4.解析結果

振動解析により、アーチ橋の固有振動数を計算した結果、表1が得られた。2001年12月の現地での測定結果によれば、非対称モード（1次モード）の固有振動数は約3.5Hz、対称モード（3次モード）の固有振動数が約5.2Hzであったことを考えると、本解析モデルは実橋に比べて少し堅めである。

以上の予備解析の結果をもとに、自重解析を行い、総重量1tを载荷させた。計算結果を、図5に示す。さらに、比較のため、図6にたわみ量の相对比较を示す。図5より、鞍木、助木、巻金の中では、たわみを抑える観点からは、鞍木が一番効いており、次に巻き金、助木と続くことが分かる。

定性的な傾向は本解析モデルで説明できるとの前提に立てば、巻金が初代の錦帯橋（1673年創建）のときから設置されていたことは図6から理解できる。特に巻金の効果がアーチリブ全体にわたって一様でないことがその遠因と思われる。さらに1682年に鞍木と助木がアーチリブの全体補強ために設けられたことの妥当性も図6から分かる。鞍木や助木は力の円滑な分配とともにたわみの抑制、揺れやすさの抑制のために付け加えられたものと理解される。

5.まとめ

ここでは、歴史的木造橋梁である錦帯橋を例に、補強部材の力学的な効果を調べるため、構造モデルを設定し、数値シミュレーションを実施した。現段階では具体的なデータとの比較が不足しているので定性的な考察にとどまっているが、鞍木・助木・巻金の力学的効果と歴史的変遷についてはほぼ確認できたと思われる。

終わりに本研究を行うにあたって、東京大学坂本功教授、腰原幹雄助手および岩国市錦帯橋建設事務所の関係各位に貴重なご意見をいただきました。記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 田中宏明, 小玉乃理子, 依田照彦: 歴史的木造建造物の構造解析について, 第29回関東支部技術研究会講演論文集, -10, pp.16-17, 2002



図3 自重解析結果（倍率100倍）

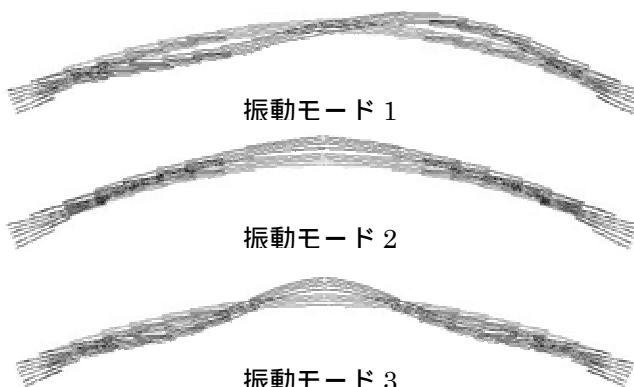


図4 振動解析結果

表1 固有振動数

振動モード	1	2	3
固有振動数	4.26	5.48	6.22

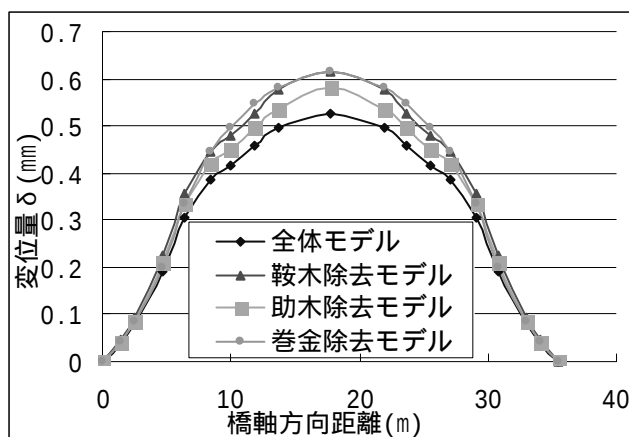


図5 解析結果（たわみ性状）

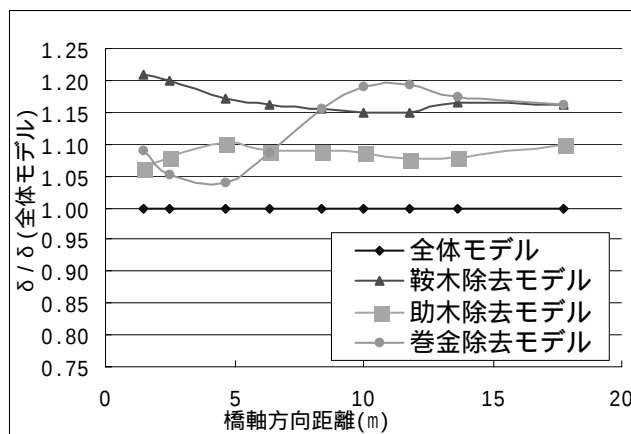


図6 たわみ量の相对比较