

早稲田大学大学院 ○学生会員 田中 宏明
 早稲田大学 理工学部 正会員 小玉 乃理子
 早稲田大学 理工学部 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物の研究は少ない。木組み構造物の一つに木橋があり、特に歴史的な木組み橋梁の維持管理・補修・改築を考える上で構造解析的なアプローチ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、有限要素法を用いた数値解析シミュレーションを行い、木橋の木組み構造における鞍木、助木、巻金の効果について構造力学的な見地から定性的に検討することを目的とする。

2. 解析対象

解析対象は前述の5連の岩国錦帯橋である。このうちの中央の第3橋を解析の対象とした。この第3橋は、反り高5.184m、支間長35.10mのアーチ橋であると考えられ、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。

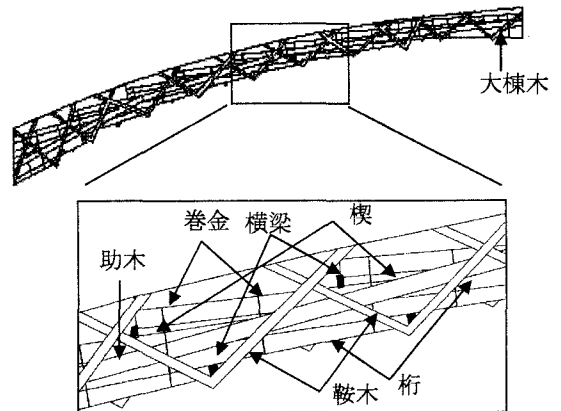


図-1 解析対象

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バネ要素でモデル化した。モデルの節点数は19537個、要素数は16692個である。ただし、橋脚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。このモデルを基本に、各部材の効果について検討するため鞍木、助木、巻金を除いたモデルを作成し、比較検討を行った。

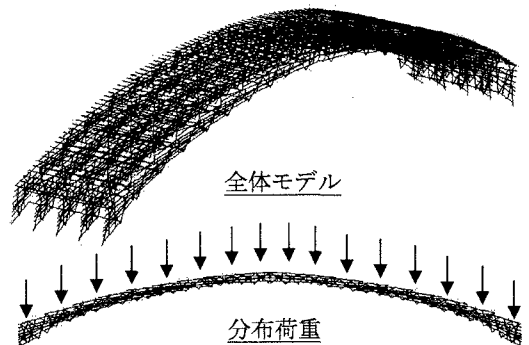


図-2 解析モデル図

表-1 材料定数

	木材	鋼材
ヤング率(N/m ²)	1.20E+10	2.10E+11
密度(kg/m ³)	620	7860

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

解析コードは汎用有限要素コード ABAQUS (Version 5. 8) を用いた。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60トンを載荷した。

4. 解析結果および考察

図-3に静的解析後の変形図(50倍)を示す。スパンの中央点での鉛直方向変位 $\delta_{1/2}$ は、自重解析後に5.72 (mm)、荷重載荷後(自重+等分布荷重)に26.4 (mm)であった。

全体モデル(原モデル)の $\delta_{1/2}$ を1としたときの各モデルの変位量を表-2に示す。表-2より等分布荷重の場合には鞍木が変形量に大きな影響を及ぼすものの、助木や巻金はほとんど変形に影響を及ぼさないことがわかる。

アーチとしての力学的挙動をみるために軸力の流れ図を図-4に示す。色の濃い部分が軸圧縮応力の強い位置であり、逆に色の薄い位置が軸圧縮応力の弱い部分である。今回の等分布荷重の場合にはもつとも軸圧縮力が大きい箇所は大棟木であった。このことより本橋梁がアーチ橋としての挙動を示し、大棟木がキーストーンとしての役割を果たしているものと考えられる。

次に桁の応力が大きい箇所(中央点から11.8mの位置)に注目し、横断面内の応力分布を求める。5本目の桁に注目すると各桁の圧縮応力の平均値は図-5のように分布している。この応力分布による変形は図-3と整合しており、定性的な傾向としては妥当と思われる。

鞍木の影響を調べるために原モデルと鞍木除去モデルの各桁の平均的な曲げ応力、軸方向応力を比較し、表-3に示した。表-3より鞍木の存在により、ほとんどの桁で軸方向応力が若干上昇し、曲げ応力が大きく低減することが分かる。

5. まとめ

ここでは、歴史的木構造物である錦帯橋を例に、各部材の効果を調べるための構造解析モデルを提案した。現段階では具体的なデータとの比較が不足しているの而定性的な考察にとどまっているが、鞍木・助木・巻金の効果についてはその効果が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、岩国市錦帯橋建設事務所の田原亮治所長を始めとする関係各位および東京大学坂本功教授、腰原幹雄助手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。



図-3 変形図(たわみを50倍に拡大)

表-2 変形量

	$\delta_{1/2}$ (mm)		$\delta_{1/2} / \delta_{1/2}$ (原モデル)	
	自重解析	60t載荷	自重解析	60t載荷
全体モデル	5.72	26.4	1	1
鞍木除去	7.14	35.3	1.25	1.34
助木除去	5.89	28.3	1.03	1.07
巻金除去	5.95	28.3	1.04	1.07

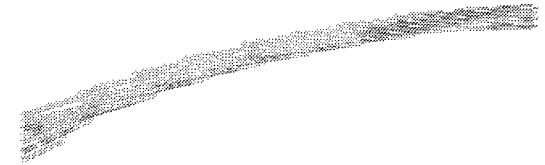


図-4 軸方向応力分布図

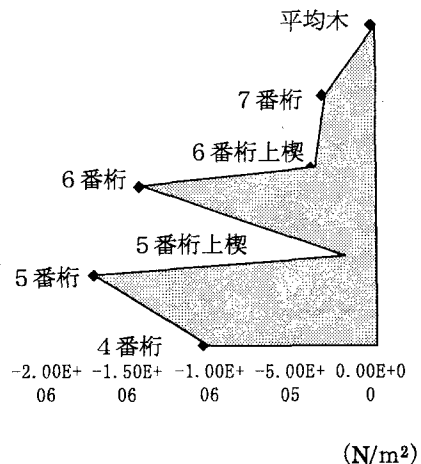


図-5 横断面内の軸圧縮応力分布

表-3 応力比の変化

	曲げ応力比		軸応力比	
	σ_M (鞍木除去) / σ_M (原モデル)		σ_N (鞍木除去) / σ_N (原モデル)	
桁	1	1.30	0.81	
	2	1.26	0.96	
	3	1.15	0.92	
	4	1.25	1.13	
	5	1.50	0.97	
	6	1.47	0.85	
	7	1.45	0.95	
	8	1.36	0.87	
	9	1.76	0.98	
	10	1.60	1.14	
	11	1.64	1.19	
大棟木	1.70		1.05	