

20年経過した木製類杖車道橋の健全度と強度低減率の推定

金沢工業大学 フェロー ○本田秀行

白山市役所 糠山尚希 金沢工業大学大学院 学生員 興津 光

1. まえがき

本研究で対象にする木製類杖車道橋は、石川県加賀市山中温泉地内に架設されている「こおろぎ橋」で、山中温泉のシンボルとして全国的に有名な木橋である。完成年は平成2年であり、現在に至るまで車道橋として供用されてきた。しかし、本橋は架設から20年経過しているため、木部材の劣化や腐朽が進んでいる可能性がある。そこで、本研究では本橋の健全度や経年による木材の強度低下等を総合的に把握するため、健全度調査と動的実験を実施した。健全度調査では含水率測定試験、超音波伝播速度試験による腐朽調査や目視試験、打音試験などによって総合的に把握する。また、動的実験では常時微動試験および砂袋落下衝撃試験を行い、その実験値と固有値解析の結果を比較することによって剛性評価、振動特性を検証する。さらに、その結果に基づいて20年経過したヒノキ各部材のヤング係数の低減率を推定する。本橋の橋梁一般図を図-1に、橋梁概要を表-1に示す。

表-1 設計概要

所在地	石川県加賀市山中温泉
施工年月	平成2年10月
使用材料	ヒノキ(台湾産)
用途	車道橋
構造形式	類杖橋
橋長	20.8m
支間長	20.56m
有効幅員	4.0m

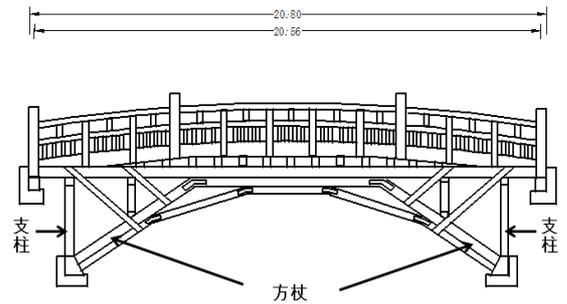


図-1 こおろぎ橋の一般図

2. 健全度調査

2.1 目視検査

木材は、雨水が浸透することによって腐朽し、ひび割れ、変色などが起こる。床版は雨ざらしになっていることもあり、ひび割れや変色が目立った。床版部分で一部欠損している箇所も確認された。高欄はひび割れや変色、ぐらつく箇所などが目立ち腐朽が進んでいることが確認された。支柱と類杖部分は地形的な制約から下谷側しか降りられないため、撮影可能な範囲で目視試験を行った。その結果、腐朽菌の一種である白色腐朽菌と思われる菌が類杖部分で見られることから、腐朽菌の生育しやすい環境になっていることがわかる。また、変色箇所も見られ、腐朽が進行している可能性が確認された。

2.2 打音試験

ハンマーによる打診によって床版の異音箇所を試験者の感覚で評価した。図-2は、こおろぎ橋における打音試験の結果である。評価は3段階で行った。

全体的に異音箇所が多く、腐朽が進んでいることがわかる。橋の両端が特に腐朽が進んでいるのは、両端にある大きな木が影を作っており、他の箇所より乾燥しにくいいため腐朽の進行が速いと考えられる。

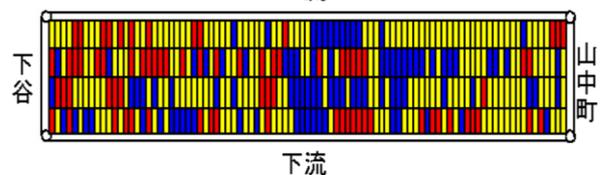
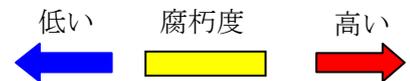


図-2 床版の打音試験

2.3 超音波伝播速度試験

ヒノキの健全な伝播速度は $C_b = \sqrt{E/\rho} = \sqrt{9.0 \times 10^5 / 0.44} = 1400 \text{ cm/s}$ を基準とし、10%ごとに6段階で評価を行なった。図-3は高欄と支柱、類杖部材における超音波伝播速度試験の結果である。高欄は、全体的に腐朽が進行している。特に親柱と地覆部分の腐朽が進行している。原因としては、両端にある大きな

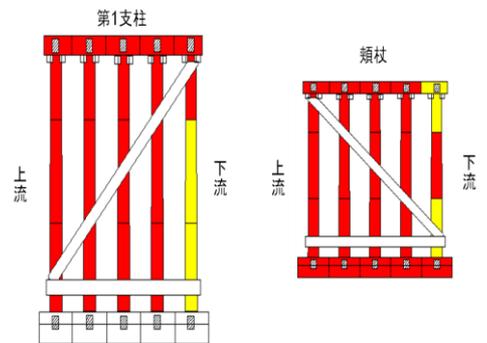
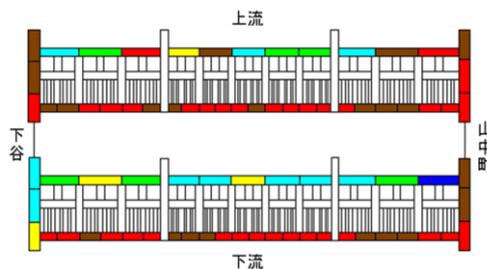


図-3 超音波伝播速度試験例

キーワード：木橋、健全度、振動特性、強度低下

連絡先：〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇ヶ丘7-1 金沢工業大学環境土木工学科 Tel. 076-294-6712

木が影を作っているため、この陰になっている部分が他の箇所よりも乾燥しにくいと考えられる。また、地覆部分は他の箇所よりも雨の影響を受けやすい箇所のため腐朽の進行が速いと考えられる。支柱と頬杖は全体的に腐朽度が高い。日当たりが悪いため一度雨が降ると部材だけでなく、周辺もしばらく乾燥しづらい状況になるため、湿度が高く木材が腐朽しやすい環境になっていると考えられる。

2.4 含水率測定試験 木材水分計を用いて測定可能な範囲で調査を行った。実験日は早朝に雨が降っていたため、晴天時に比べて含水率が増加していることが予想されることから、本試験で得られた値を最大値の測定値とした。含水率測定試験の評価は5段階で行った。超音波伝播速度試験と同様で、高欄、地覆、支柱と頬杖部分の含水率が高く、腐朽が進行して可能性が高い。特に、支柱と頬杖部分の腐朽の進行度が他の箇所よりも高い測定値であった。

3. 動的実験に基づく振動特性と経年によるヒノキ材の強度低下

3.1 振動特性 本橋の固有振動数、振動モード、減衰定数を検討した。その結果を表-2に示す。また、実験値との比較を検討するために、MSC/NASTRANを用いて「こおろぎ橋」の3次元構造解析モデルを作成して固有値解析を行い、先ず完成直後の固有振動数と振動モードを求めた。その解析で得た振動モード例を図-4に示す。なお、完成直後の振

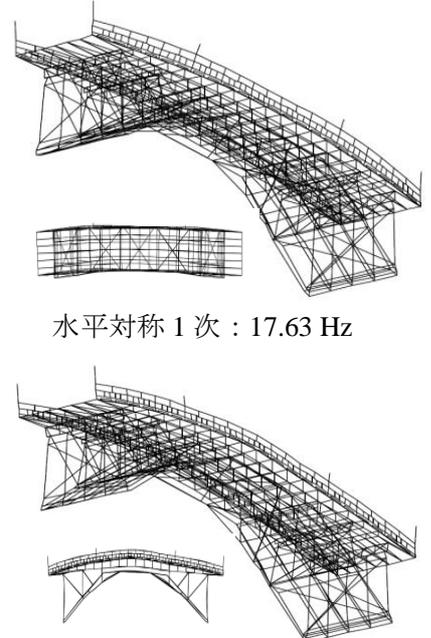


表-2 実験と解析による本橋の振動特性

振動次数	振動モード	固有振動数 (Hz)			減衰定数
		実験値	解析値		
			20年経過	完成直後	
1次	水平対称1次	13.31	13.31	17.63	0.005
2次	鉛直曲げ対称1次	13.84	13.85	17.93	0.045
3次	鉛直曲げ逆対称1次	16.19	14.75	19.19	0.027
4次	ねじれ対称1次	19.08	18.79	24.04	0.003

動特性は実験値がなく不明であるため、この固有値解析に用いたヒノキ材のヤング係数は一般的な 10 kN/mm^2 を、ポアソン比は 0.4 の物性値ある。

3.2 経年によるヒノキ材の強度低下 表-2に示した振動特性である実験値は、20年経過した現時点での測定値である。そこで、完成直後の固有値解析の結果を基に、20年経過による現時点での実験値と整合性のある振動特性を求めめるため、過去に本田研究室で行な

表-3 20年経過による固有値解析に用いた物性値等

床版		頬杖部材	
厚さ (m^4)	0.20	断面積 (m^4)	0.72
ヤング係数 E_x (kN/mm^2)	5.38	断面2次モーメント I_x (m^4)	2.88×10^{-3}
ヤング係数 E_y (kN/mm^2)	0.27	断面2次モーメント I_y (m^4)	3.46×10^{-4}
せん断弾性係数 G_x (kN/mm^2)	1.92	ヤング係数 E_x (kN/mm^2)	6.00
せん断弾性係数 G_y (kN/mm^2)	0.96	せん断弾性係数 G_x (kN/mm^2)	2.14
ポアソン比 μ	0.40	ポアソン比 μ	0.40
		ねじれ定数 J (m^4)	2.08×10^{-3}

過去に本田研究室で行なった経年による錦帯橋の木材強度低下に関する研究¹⁾を参考に固有値解析を用いてヒノキ部材のヤング係数等を逆解析した。その結果を表-3に示す。また、20年経過による振動特性を表-2の20年経過の欄に記述している。鉛直曲げ逆対称1次モード以外の振動特性値は、良く実験値に近い値になっている。

表-4 完成直後と20年経過による各部材のヤング係数の低減率推定

そこで、橋梁の固有振動数から、完成直後と20年経過による各部材のヤング係数の低減率(%)を推定した。その結果を表-4に示している。各部材ともヤング係数は20年の経過によって約34~46(%)低減していることが認められる。

部材	完成直後のヒノキ材のヤング係数 E_x (kN/mm^2)	20年経過後の推定ヤング係数 E_x (kN/mm^2)	完成直後との差 E_x (kN/mm^2)	ヤング係数の低減率 (%)
床版	10.00	5.38	-4.60	46
高欄		6.60	-3.40	34
頬杖		6.00	-4.00	40
支柱		6.00	-4.00	40
その他		6.00	-4.00	40

参考文献 1) Hideyuki Honda, "Strength decrease of wood materials in Kintaikyō used 48 years", Proc. of the 10th WCTE2008, Miyazaki, 2008, pp.1-8 (CD-R).