

経年による近代木橋の動的特性の実態把握と構造剛性

○金沢工業大学大学院 学生員 篠原聖人 サンコーコンサルタント 正会員 豊田 淳
 サンコーコンサルタント 正会員 加藤真吾 金沢工業大学 フェロー 本田秀行

1. まえがき 近代木橋の健全度を把握する方法として、例えば目視、ピロディン、超音波伝播速度（時間）などによる測定が多く行なわれている。また、動的調査によって振動特性値の経年変化の実態を把握し、健全度を評価する方法も著者らによって行なわれている。本研究は健全度を評価する目的から、3 橋の近代木道路橋に対する動的調査の結果と過去に測定した振動特性値に基づき、経年による劣化等の実態把握を行なった。さらに、橋梁全体の強度と定義する構造剛性の経年による低減率から健全度の評価も試みたので、以下に報告する。

2. 対象橋梁 対象とした

3 木製道路橋の一般図を図-1, 2, 3 に示す。かりこぼうず大橋（宮崎県）は世界最大規模のキングポストトラス橋で平成 29 年 8 月の調査時点で 14 年が経過、みどり橋（長野県）はπラーメン橋で平成 29 年 7 月の調査時点で 19 年が経過、かじか橋（石川県）は上落式アーチ橋で平成 29 年 7 月の調査時点で 30 年が経過している。表-1, 2, 3 に 3 橋の設計概要を示す。

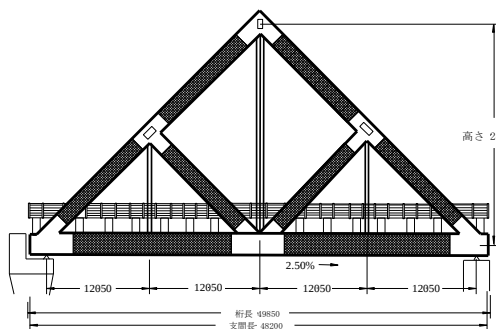


図-1 かりこぼうず大橋の一般図

表-1 かりこぼうず大橋の設計概要

橋種	木造道路橋
施工年度	平成 12 年 (2000 年)
主要材料	スギ集成材
構造形式	キングポストトラス橋
橋長	50.0m
支間長	48.2m
幅員	7.0m

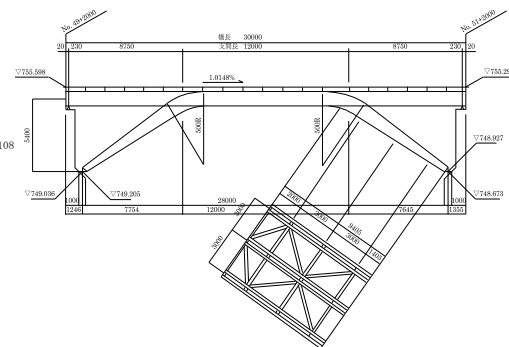


図-2 みどり橋の一般図

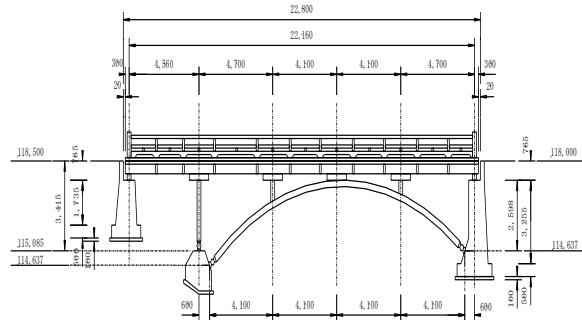


図-3 かじか橋の一般図

表-2 みどりの設計概要

橋種	木造道路橋
施工年度	平成 8 年 (1996 年)
主要材料	カラマツ集成材
構造形式	πラーメン橋
橋長	30.0m
支間割	8.75+12.0+8.75m
幅員	9.25m (7.0+1.5m)

表-3 かじか橋の設計概要

橋種	一等木造道路橋
施工年度	昭和 62 年 (1987 年)
主要材料	アテ集成材
構造形式	上落式アーチ橋
橋長	22.76m
支間長	22.16m
幅員	2.8m

3. 動的調査 3 橋に対する基本的な動的調査は、常時微動測定試験、砂袋落衝撃試験である。かじか橋とみどり橋は、水平方向の常時微動測定試験において水平振動の特性値が確実に検出できない場合もあることから、人力による水平方向の加振試験も行った。一例として、みどり橋の砂袋落下衝撃試験での応答波形を図-4 に、かじか橋の水平加振試験での応答波形を図-5 に示す。

4. 経年による動的特性 動的試験で得られた振動データを基に、動的特性として固有振動数と振動モード、減衰定数を求めた。また、過去に行った動的調査での動的特性と比較し、動的特性値の経年変化の傾向を検討した。その一例として、表-4 にみどり橋に対する動的特性値を示す。表中の平成 10 年は本橋の完成年で、平成 20 年は架設後 10 年が経過した時点、平成 29 年は架設後 19 年が経過した時点での動的調査の結果を示している。また、平成 29 年に対する固有値解析による解析値も一例として示している。解析による鉛直対称 1 次振動モード例を図-6 に示す。経年によって固有振動数が低減していることが見出される。また、実験値と解析値の両者は良く一致していることも認められる。図-7 は、経年による固有振動数の低減の実態を図示したものである。

表-5 にかじか橋に対する動的特性値を示す。表中の平成 16 年は架設後 17 年が経過した時点で、平成 24 年は架設後 25 年が経過した時点、平成 27 年は架設後 25 年が経過した時点、平成 29 年は架設後 30 年が経過した時点での

キーワード 木橋、経年、健全度、定量的評価

連絡先 〒921-8501 石川県野々市市扇ヶ丘 7-1 金沢工業大学 工学部 環境土木工学科

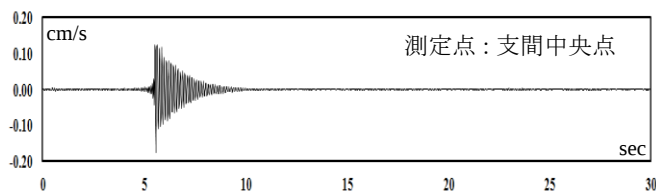


図-4 砂袋落下衝撃試験での応答速度例

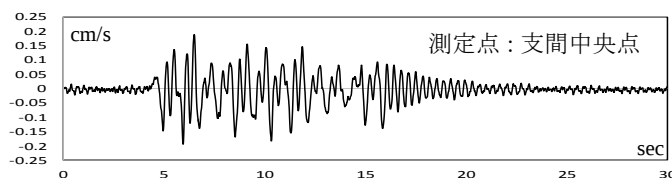
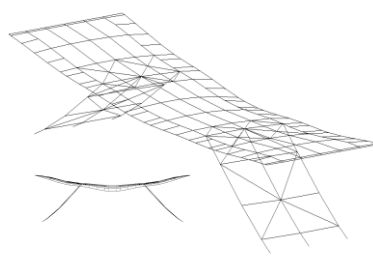


図-5 水平加振振動での応答速度例

動的調査の結果を示している。表-5 を図示した図-8 から経年によって固有振動数が低減しており、特に平成 16 年度以降において急激な低減が見出される。また、みどり橋と同様、実験値と解析値の両者は良く一致していることも認められる。図-9 に経年によるかりこぼうず大橋に対する固有振動数の低減の実態を示す。かりこぼうず大橋の場合は、他の 2 橋に

比べて経年による固有振動数の低減が約 10% 程度である。3 橋とも経年によって振動モードの出現順位に変更がないことも認められる。

5. 構造剛性の低減率 前節において、経年によって木橋の固有振動数が低減する実態が見出された。そこで、経



鉛直対称 1 次：6.46 Hz

図-6 鉛直対称 1 次の解析例

表-4 経年によるみどり橋の固有振動数

振動 次数	振動モード	固有振動数 (Hz)			
		平成 10 年		平成 20 年	
		実験値	解析値	実験値	解析値
1	鉛直対称 1 次	7.23	6.90	6.45	6.46
2	鉛直逆対称 1 次	8.69	8.63	8.01	8.57
3	ねじれ対称 1 次	9.08	9.00	8.69	8.58
4	ねじれ逆対称 1 次	10.69	10.60	9.47	10.50

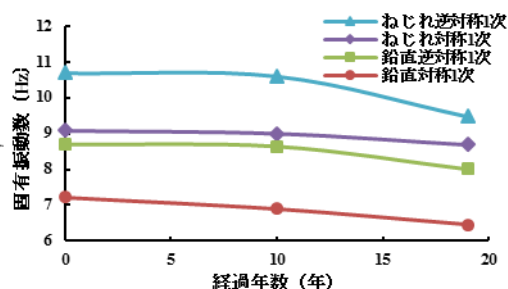


図-7 みどり橋の固有振動数の低減実態

表-5 経年によるかりこぼうず大橋の固有振動数

振動 次数	振動モード	実験値 (Hz)				解析値 (Hz)			
		平成 16 年	平成 24 年	平成 27 年	平成 29 年	平成 16 年	平成 24 年	平成 27 年	平成 29 年
1	水平対称 1 次	5.17	3.13	2.92	2.81	4.57	3.51	3.51	3.26
2	鉛直逆対称 1 次	11.62	9.47	9.46	8.79	11.65	9.48	9.48	8.80
3	鉛直対称 1 次	15.82	15.82	15.51	15.43	13.61	11.08	11.08	10.28
4	鉛直対称 2 次	19.14	18.95	18.04	17.68	20.04	16.31	16.31	15.14

年によって木橋の構造剛性がどのように低減するかを検討した。実験値の固有振動数は、木橋の部分的な腐朽等による劣化の影響が総合的に反映されている。そして、前節における固有振動数の実験値と

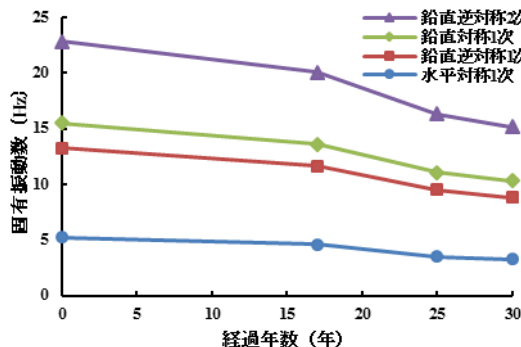


図-8 かりこぼうず大橋の固有振動数の低減実態

解析値の両者は良く一致していることから、劣化等の実態が固有値解析の中で再現されているものと考えられる。そこで、経年による固有振動数の低減に関して、木材のヤング係数等の物性値を求める逆解析を実施した。そこで得られた強度に関する尺度を橋梁全体の構造剛性として定義している。図-10 は、3 木橋に対する構造剛性の低減率 (%) を示している。完成時を 0% とし、経年による低減率を % で表わしている。かりこぼうず大橋は 14 年の経過で約 20%、みどり橋は 19 年の経過で約 10% 程度である。両橋とも雨水等に対する耐久設計が工夫されていることに起因されていると考えられる。一方、かりこぼうず大橋の場合、17 年の経過後において急激に低減率が減少しており、30 年の経過で約 60% になっている。このような状況では早急な保全対策を講ずる必要があると思われる。

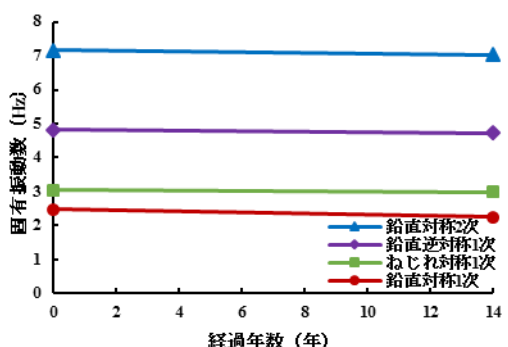


図-9 みどり橋の固有振動数の低減実態

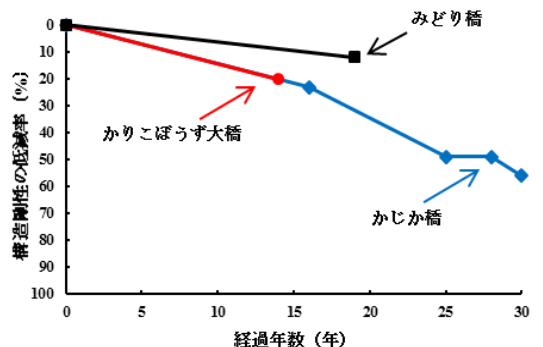


図-10 近代木橋の構造剛性の低減率