

## 25 年経過したアテ集成材上路式アーチ車道橋の健全度調査

金沢工業大学 フェロー ○本田秀行

## 1. はじめに

本調査での対象木橋は石川県民の森に架設されているK橋である。完成年は1987年であり、同形式の近代木橋としてはわが国で第1号橋である。しかし、2005年に床板・地覆・高欄の一部に補修工事を行っているが、架設から25年ほど経過しており、アーチリブやその他の部材等の腐朽および構造全体の劣化が進んでいる可能性がある。

本橋に対しては2001年と2004年の過去に2度の健全度調査を実施しているが、再度、経年による本橋の健全度を総合的に把握する目的から健全度調査と動的実験を2012年10月に実施した。健全度調査では各種の非破壊試験法によって腐朽や劣化状況を把握する。また、動的実験では経年による剛性評価や振動特性を検証する。本橋の橋梁一般図を図-1に、設計概要を表-1に示す。

## 2. 調査概要

健全度調査では、目視試験、打音試験、ピロディン試験、超音波伝播速度試験、含水率測定試験、の5種類を実施した。目視試験では、腐朽箇所や進行度の状況を確認し状況写真としてカメラで撮影を行った。また、動的実験では、常時微動測定試験、砂袋落下衝撃試験、ロープを用いて水平加振試験の3種類を実施した。

## 3. 健全度調査

目視試験による腐朽箇所の一例を図-2に示す。床版は雨水にさらされていることもあり、ひび割れや変色が目立った。腐朽菌の一種である白色腐朽菌がアーチ部分の多数に見られ、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ことが確認された。

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。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。かじか橋は平成17年度に高欄、床版の補修工事が行われているが、2012年度の本調査結果から上流側の腐朽が進行している可能性があると考えられる。上流側が特に腐朽が進んでいるのは、上流側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ため腐朽の進行が速いと考えられる。

超音波を木材に通し、伝播速度を測定することによって木材内部の腐朽度を調査した。伝播速度は遅いほど腐朽の可能性が高いといえる。図-3は高欄部、アーチリブにおける超音波伝播速度試験の結果例である。なお、アーチリブ端部では、集成材の高さ方向に上部、中央部、下部の3箇所を測定した。超音波伝播速度の評価は6段階で行った。高欄部は全体的に見て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。その原因は、上流側にある大きな木が影を作っているため、この影になっている部分が他の箇所よりも乾燥しにくいためと考えられる。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。また、アーチリブでは劣化や腐朽による亀裂が多数見られた。そのためアーチリブは伝播速度が遅くなり、全体的に腐朽度が高くなっている可能性がある。

木材水分計を用いて各部材の含水率を測定し5段階で評価した。その結果、超音波伝播速度試験と同様で、高欄の腐朽が進行している。特に、地覆部分の腐朽の進行度が他の箇所よりも高い。高欄の全体的な腐朽の要因として、上流側にある大きな木の影が影響して他の箇所よりも乾燥しにくいためと考えられる。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。アーチ部分の腐朽度が全体的に高い要因として、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

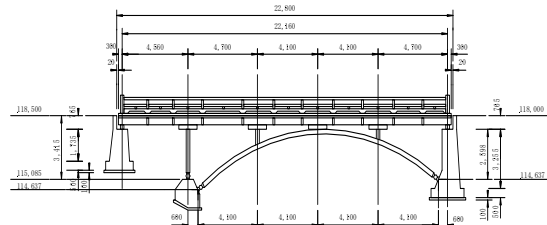


図-1 K橋の一般図

表-1 K橋の設計概要

|      |             |       |
|------|-------------|-------|
| 橋種   | 上路式2ヒンジアーチ橋 |       |
| 施工年度 | 昭和62年       |       |
| 使用材料 | 木橋骨組部材      | アテ集成材 |
|      | 高欄・踏板部材     | アカマツ  |
| 用途   | 自動車道橋       |       |
| 橋長   | 22.76m      |       |
| 支間長  | 22.16m      |       |
| 幅員   | 2.80m       |       |



図-2 目視試験による腐朽箇所の一例

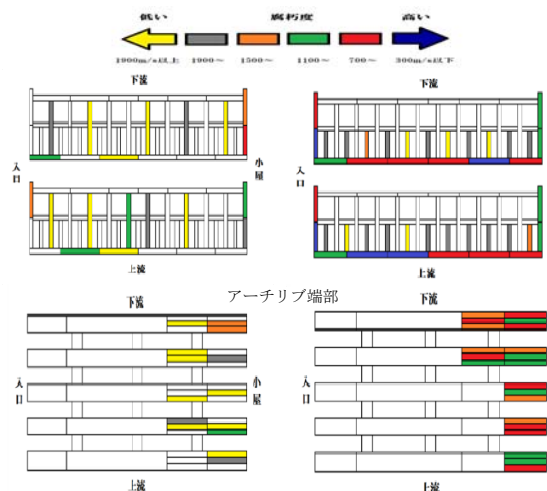


図-3 超音波伝播速度試験による腐朽箇所

キーワード 近代木橋、上路式アーチ橋、健全度、経年による構造剛性、耐久性

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

もしばらく乾燥しづらい状況になることが挙げられる。

ピロディン試験によって鋼製の針を木材に刺して進入の長さから腐朽の程度を把握した。その結果、アーチ端部が全体的に腐朽している可能性が認められた。ピロディン測定試験では全体的に腐朽箇所が明確に見られなかった。これは測定されたピロディン針の進入度が 10mm～20mm の範囲によるため、表面的な腐朽を把握することは可能であるが、内部までは測定が出来ない。このことから超音波測定試験や含水率測定試験と若干異なった結果になった。

表-2 経年によるK橋の振動モードと固有振動数（実験値）

#### 4. 動的実験

##### (1) 振動モードと固有振動数

固有振動数は各試験で測定された応答速度の振動データを基にスペクトル解析のよる卓越振動数から推定した。また、振動モードは常時微動測定試験と砂袋落下衝撃試験での応答速度データを基に各測定点間の位相角を算定して橋梁全体の振動モードを同定した。経年による本橋の固有振動数の実験値を表-2に示す。振動モードは、水平対称 1 次、鉛直逆対称 1 次、鉛直対称 1 次、鉛直逆対称 2 次の 4 つであり、経年によって振動モードの変化は見られなかった。解析による 1 次と 2 次の振動モードを図-4 に示す。

経年による固有振動数の変化に顕著な傾向が認められる。2001 年と 2004 年の実験では固有振動数に変化が見られなかったが、2012 年では 1 次、2 次、4 次の固有振動数が減少している。特に、水平対称 1 次の 3.13 (Hz) が約 40%の減少率で、水平の曲げ剛性が低下していることが考えられる。また、鉛直逆対称 1 次の 9.47 (Hz) も 15%の減少率である。

この要因としては、健全度調査でも記述したように、5 本のアーチリブの端部支承部が腐朽等による劣化損傷によって水平剛性が低下していると考えられる。これは、アーチリブの端部支承部の剛性低下は鉛直逆対称モードより鉛直対称モードの影響が少ないことから、鉛直対称 1 次の固有振動数に変化が見られないことでも確認できる。また、全体的に水平剛性より鉛直曲げ剛性が低下していない要因としては、上路式アーチ橋として床版が屋根構造となっていることも一助と考えられる。

以上の経年によって構造剛性の減少に起因する固有振動数の低下の結果を踏まえ、アテ集成材の強度が経年によってどの程度減少するのかを逆解析で試みた。完成直後の実験値がないので、アテ集成材のヤング係数の標準値を完成直後の 100%とした場合、経年 14 年と 17 年で約 20%の減少、25 年経過で約 40%のヤング係数の減少が解析的に認められた。

##### (2) 減衰定数

表-4 に、経年による各振動モード（固有振動数）に対応する減衰定数を示す。上述した固有振動数の場合と同様、架設後 17 年頃までは減衰定数の値に変化が見られないが、架設後 25 年での実験値で大きく値が減少している。特に、水平対称 1 次と鉛直逆対称 1 次振動モードで減衰定数の減少率は大きい。その原因は、固有振動数で記述したように、アーチリブの端部支承部が腐朽等による劣化損傷によって水平剛性が低下していると考えられる。

さらに、減衰定数と支間長との関係を概算的に算定する式  $h=0.12/\sqrt{L}$  ( $L$ : 支間長 m) を用いて概算した場合、本橋の支間長は 22.16 m であるので、 $h=0.025$  となる。従って、水平対称 1 次振動では約 50%減少、また鉛直逆対称 1 次振動では約 65%の減少が確認された。このことは、本来有している近代木橋の減衰性能が経年によって顕著に減少しているといえる。このことによって、歩行者あるいは車両によって励起された振動を減衰するエネルギーが小さくなることであり、将来的には経年による振動使用性の問題も懸念される。

#### 5. あとがき

対象の K 橋は架設後 25 年経過しているため、全体的に腐朽が進行している可能性がある。特に、アーチリブに腐朽や劣化箇所が多数見られること、平成 17 年に高欄・床版部の補修工事が行われているが、床版や地覆で腐朽の進行速度が早いこと、経年による固有振動数や減衰定数の値も減少していること等を提示した。K 橋は上路式アーチ橋としてわが国の第 1 号橋である。近代木橋の供用年数を少なくとも 30～40 年程度の実績を確保するために、腐朽が顕著に進行している可能性がある部材に対する劣化対策や予防保全とそのシステム化の検討が必要である。

| 振動<br>次数 | 振動モード     | 固有振動数 (Hz) |            |            |
|----------|-----------|------------|------------|------------|
|          |           | 実験年 (2001) | 実験年 (2004) | 実験年 (2012) |
|          |           | 架設後 14 年経過 | 架設後 17 年経過 | 架設後 25 年経過 |
| 1        | 水平対称 1 次  | ---        | 5.17       | 3.13       |
| 2        | 鉛直逆対称 1 次 | 11.62      | 11.62      | 9.47       |
| 3        | 鉛直対称 1 次  | 15.82      | 15.82      | 15.82      |
| 4        | 鉛直逆対称 2 次 | ---        | 19.14      | 18.95      |

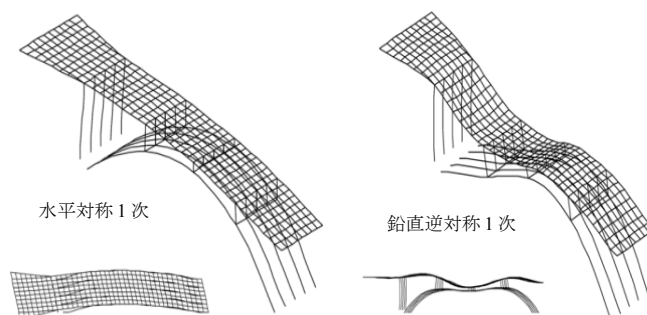


図-4 解析による振動モード

表-3 経年によるK橋の振動モードと固有振動数（実験値）

| 振動<br>次数 | 振動モード     | 減衰定数       |            |            |
|----------|-----------|------------|------------|------------|
|          |           | 実験年 (2001) | 実験年 (2004) | 実験年 (2012) |
|          |           | 架設後 14 年経過 | 架設後 17 年経過 | 架設後 25 年経過 |
| 1        | 水平対称 1 次  | ---        | 0.011      | 0.005      |
| 2        | 鉛直逆対称 1 次 | 0.024      | 0.024      | 0.009      |
| 3        | 鉛直対称 1 次  | 0.018      | 0.018      | 0.011      |
| 4        | 鉛直逆対称 2 次 | ---        | 0.011      | 0.010      |