

拡幅された狭小 RC 橋の拡幅部における耐荷力の検討

愛媛大学大学院 学生会員 ○佐久間 啓蔵 愛媛大学 非会員 江良 沙也加
愛媛大学大学院 学生会員 近藤 健一 愛媛大学大学院 正会員 全 邦釘

1. はじめに

現在我が国には、自動車交通量の増大・大型化などによって設計・架設された当時から周辺環境が著しく変化し、それらに対応するため幅員を拡幅した橋梁が数多く存在する。本研究では、特に市町村管理の橋梁によく見られる、幅員 4m 程度、あるいはそれ以下の狭小幅員橋梁で、利便性や機能向上のために拡幅した橋梁について扱う。通常、拡幅された橋梁の安全性や性能はすべてが一体化しているものとして評価されるが、実際は経年劣化や施工の質などにより既設部と拡幅部が一体化していないと思われる事例も少なくない。これらのような橋梁に関しては、その安全性や性能が過大評価されている可能性がある。

そこで本研究ではまず、加速度センサを用いた衝撃振動試験から得られる既設部と拡幅部の振動挙動から、橋梁の一体性を判定する手法を提案する。また、既設部と拡幅部の一体性が橋梁の安全性にどの程度影響を与えるのか把握するため、実際に拡幅が行われた橋梁をモデルとして有限要素解析を行った。拡幅部が一体化している場合とそうでない場合とで応力解析を行い、算出された応力値をもとに橋梁の耐荷力を検討した。

2. 調査対象

本研究では実際に拡幅されている橋梁について一体性判定を行った上で、有限要素解析を行うことにより、拡幅された橋梁の耐荷力を検討した。以下、モデルの対象とした橋梁を K 橋と呼称する。K 橋は四国内にある市町村管理の橋梁であり、橋長 3.7m、有効幅員 3.6m、架設年次・拡幅年次ともに不明の RC 床版橋である。図-1 に現況写真を示す。既設部と拡幅部の床版の劣化度が大きく異なっており、結合部にはクラックが確認された。これらの状況から K 橋の既設部と拡幅部の一体性に問題がある可能性があったため、本研究ではこの K 橋を対象に一体性の判定、および有限要素解析により安全性の検討を行うものとする。



図-1 K 橋現況写真

3. 拡幅された橋梁の一体性判定手法

既設部と拡幅部が完全には一体化していない場合、大きな荷重が作用するとまず既設部と拡幅部の結合部が破壊され分離してしまうため、両者は別々に挙動し安全性が低下すると考えられる。特に K 橋のような狭小橋梁においては施工品質が低いことが多く、一体として挙動するという仮定は危険であると考えられる。そこで重要となるのが拡幅された橋梁の一体性判定である。本研究では、その手法として加速度センサを用いた衝撃振動試験を提案する。通常、構造物が一体化している場合、特に K 橋のような単純な構造においては、曲げ 1 次の固有振動数は既設部と拡幅部である程度一様であると期待される。しかし、一体性に欠ける場合は全体としての挙動を示しつつも、個々としての挙動も示すことが考えられ、この特性を利用する。この一体性判定手法を K 橋に適用した。具体的な手順としてまず、図-2 に示すように既設部と拡幅部それぞれに加速度センサを設置し、ハンマーによって橋梁に衝撃を与える。その際の振動を加速度として取得し、高速フーリエ変換することによって各センサ位置での振動の構成周波数や振幅スペクトルを算出する。そして、その振動挙動から K 橋の一体性を判定する。また、以降は図-2 に示すように下流側の拡幅部を A、既設部を B、上流側の拡幅部を C と呼称する。

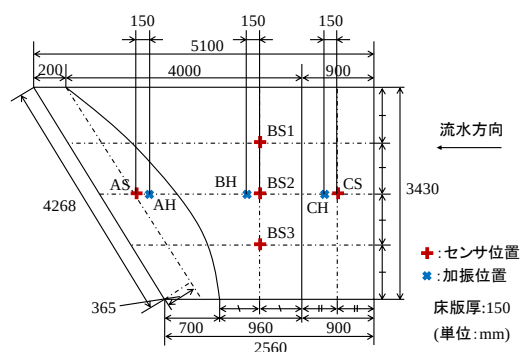


図-2 加速度センサ設置位置と加振位置

既設部 B に衝撃を与えた際の AS, BS2, CS センサの加速度応答波形を図-3 に、さらにそれをフーリエ解析した結果を図-4 に示す。まず、図-4 から A, B, C 各部材の曲げ 1 次の固有振動数が異なった数値を示していることが確認された。さらに、図-3 から部材 A, C の振幅を比較した結果、特に既設部 B から拡幅部 C への振動の伝搬が小さいことも確認された。これらのことから、既設部と拡幅部は完全には一体化していないと判断でき、各部材の振動挙動に着目した一体性判定が有効であると示唆された。

4. 拡幅された橋梁の耐荷力検討

有限要素解析により拡幅された橋梁の耐荷力を検討するためまず、K 橋の床版裏面においてコンクリートテスタによる圧縮強度測定を行った。本研究ではこの圧縮強度より、以下の式(1)に従って推定したヤング率を有限要素モデルに用いる。有限要素解析にはダッソー・システムズ社の商用有限要素解析パッケージ Abaqus/standard を採用し、要素には 3 次元 8 節点 6 面体低減積分要素(C3D8R)を用いた。

$$E_c = 3.35 \times 10^4 \times (\gamma/24)^2 \times (F_c/60)^{1/3} \quad (1)$$

そして、作成したモデルに対し既設部と拡幅部の結合状態が異なる以下の 4 個のパターンを想定した。

- パターン 1：既設部 B と拡幅部 A, C がすべて結合
- パターン 2：既設部 B と拡幅部 A のみ結合
- パターン 3：既設部 B と拡幅部 C のみ結合
- パターン 4：既設部 B と拡幅部 A, C がすべて分離

パターン 2 から 4 は、構造物が終局状態に至る頃に既設部と拡幅部の結合部が先に破壊され、完全に分離したことを想定したものである。応力を算出するための荷重として、道路橋示方書を参考に T 荷重と死荷重を組み合わせるものを与えた。有限要素解析により、各結合パターンにおいて最も不利な応力をうける位置へ T 荷重を載荷した時の床版裏面における最大主応力値を算出した結果を表-1 に示す。すべての部材が一体となっているパターン 1 を基準に、橋梁の一体性が安全性にどの程度影響を与えるのか具体的に定量化した。パターン 2 のように拡幅部 C の一体性が損なわれている場合は 1.2 倍に、パターン 3 のように拡幅部 A の一体性が損なわれている場合は 2.3 倍に、パターン 4 のように拡幅部 A, C の一体性が両方とも損なわれている場合にも 2.3 倍の応力が作用することが確認された。拡幅部については、幅員が小さいこともあり一体性が損なわれると断面 2 次モーメントが低下するため、耐荷力が低下すると考えられる。

5. まとめ

本研究では、市町村管理の狭小橋梁の拡幅部が適切に施工されず一体化していない事例が多い点に着目し、振動計測を用いた一体性判定手法の提案と、一体化していない場合の安全性について有限要素解析による検討を行った。その結果、振動計測を用いた手法は有効であること、有限要素解析結果からは一体性が損なわれていると 2.3 倍もの応力が作用し得ることを、実際の K 橋をモデルとして示した。この手法により市町村管理の橋梁の危険性を適切に評価できれば、それに基づく補修優先度の策定など市町村の橋梁マネジメントに大きく寄与できると考えている。今後は、有限要素解析を使わずとも可能な安全性判定手法を構築していくことを計画しており、現在研究を進めている。

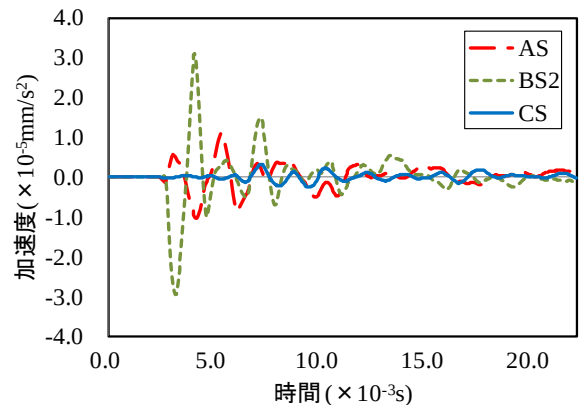


図-3 BH 加振時の各センサの加速度応答波形

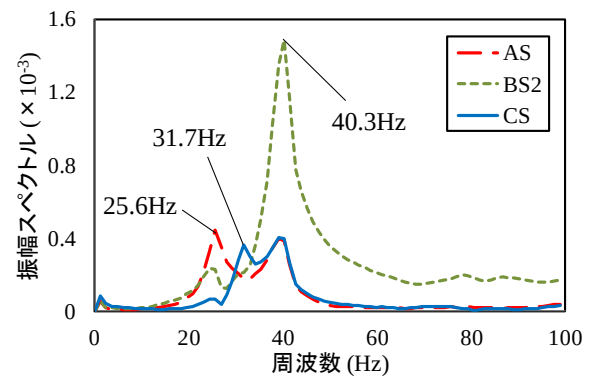


図-4 BH 加振時の各部材の構成周波数

表-1 各結合パターンにおける最大主応力値

最大主応力値 (MPa)			
パターン 1	パターン 2	パターン 3	パターン 4
8.15	9.47	18.46	18.46