

中性化による損傷を受けた RC 床版橋の安全性検討

香川高専 学生会員 ○薬師 侑祐
徳島大学 非会員 安倍千香子
香川高専 正会員 太田 貞次

1. はじめに

RC 床版橋は施工が容易であることから、市町村が管理する支間長 10m 程度までの小支間橋梁に多数使われている。しかし、これらの床版橋にはコンクリートの締固め不足や鉄筋のかぶり不足等の施工不良が原因で中性化が進行し、顕著な劣化損傷を呈した事例が多く見受けられる(写真-1)。これらは交通量が比較的少ないため補修補強対策が先送りされる傾向にあり、耐荷力を診断するなど、安全性を検証することが必要である。

本研究では顕著な劣化損傷が生じた RC 床版橋を対象とし、実橋振動計測と有限要素解析を併用して安全性を照査した結果について報告する。

2. 現況調査および振動計測

本研究では、損傷が顕著な屋島中学校前床版橋を検討対象橋梁として、現況調査および振動計測を行った。また、健全な床版橋(古川6号橋)について有限要素解析の妥当性を検証するために振動計測を実施した。

2.1 現況調査

2つの橋梁の諸元を表-1に、屋島中学校前床版橋の損傷状況を写真-2にそれぞれ示す。屋島中学校前床版橋では、(a)地覆下の床版下面において橋軸方向に最大幅80cmのかぶりコンクリートの剥落と鉄筋露出、(b)支承線沿いに最大幅55cm、および主鉄筋位置より深さ25mmのコンクリート剥落が確認された。また、主鉄筋は最大直径7mmの断面減少が見受けられ、コンクリートと内部鉄筋との一体化が損なわれていた。

2.2 実橋振動計測

人の跳躍によって橋梁を加振し、支間中央に設置したサーボ型加速度変換器によって鉛直成分の振動加速度を収録した。さらに、高速フーリエ変換によって振動加速度スペクトルを算出し、卓越振動数のうち最小のものを1次モードの固有振動数とした。図-1に、屋島中学校前床版橋の振動加速度スペクトル図を示した。各橋梁の1次固有振動数を表-2に示す。

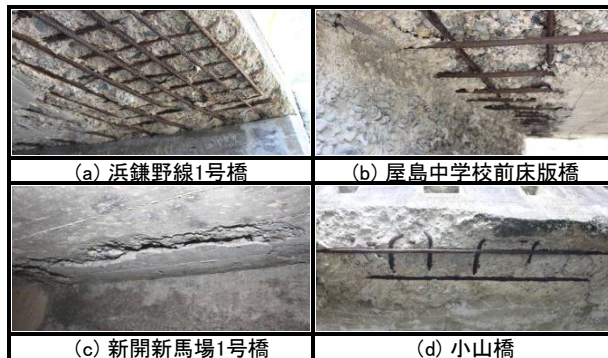
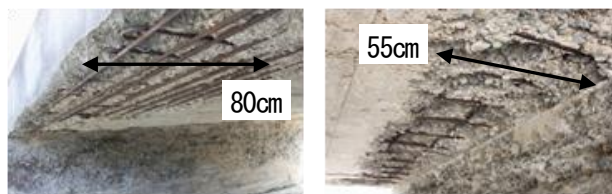


写真-1 床版橋の劣化損傷事例

表-1 対象2橋梁の諸元

橋梁名	古川6号橋	屋島中学校前床版橋
管理者	高松市	高松市教育委員会
橋長[m]	9.1	5.1
幅員[m]	4.8	4.95



(a) 地覆下

(b) 支承線沿い

写真-2 屋島中学校前床版橋の損傷状況(床版下面)

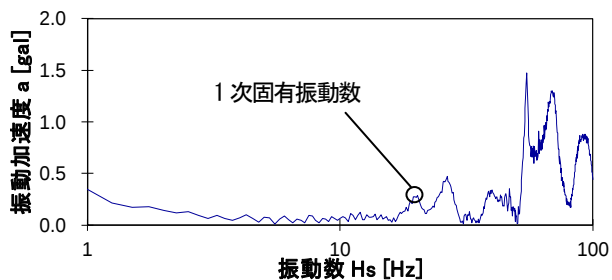


図-1 振動加速度スペクトル

表-2 現地振動計測結果

橋梁	1次固有振動数 f [Hz]
古川6号橋	13.1
屋島中学校前床版橋	19.3

キーワード：床版橋，安全性照査，現地振動計測，有限要素解析

連絡先：〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 Tel. 087-069-3925 FAX 087-869-3929

3. 解析的検討

有限要素解析ソフト ANSYS を使用して固有値解析および静的応力解析を行った。現況調査をもとに作成した各橋梁の健全モデルを図-2、各要素に使用した材料物性を表-3 にそれぞれ示す。本解析では、コンクリート床版を SOLID 要素、鉄筋(主鉄筋、配力筋)を BEAM 要素として定義した。解析結果を現地振動計測結果とともに表-4(a)に示す。各解析モデルの節点数は、それぞれ 19,917 および 14,752 である。

3.1 振動解析

健全な床版橋である古川 6 号橋を対象とした固有値解析結果と計測結果を比較して、表-4(a)に示す。固有振動数の誤差は2%と小さく、解析結果と計測結果の固有振動数はほぼ一致していることから、有限要素解析モデルによる実橋の振動を再現可能であることが確認された。

次に損傷の進行した屋島中学校前床版橋の解析結果と計測結果を比較すると、計測値が解析値を 10%下回る結果となった(表-4(a))。これは劣化損傷に伴う剛性の低下が原因であると考えられる。

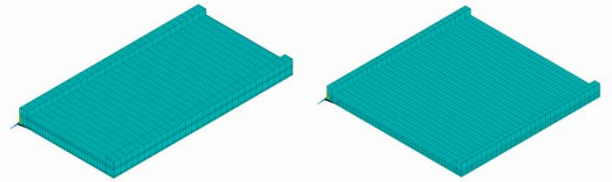
現地調査および振動計測結果をもとに、屋島中学校前床版橋の損傷状況を再現した。損傷部分の配力筋までのかぶりコンクリートおよび鉄筋を削除し、支点は片側のみ水平変位を拘束する損傷橋梁モデルを作成して、固有値解析を行った(表-4(a))。解析値と計測値の誤差は3%と小さく、橋梁の損傷や支点条件を反映することで、概ね損傷橋梁を再現できることが確認された。

3.2 屋島中学校前床版橋の安全性検討

3.1 で作成した解析モデルを使用して、群集荷重を載荷した時の安全性の照査を行った。死荷重および群集荷重 350kg/m² 載荷時の曲げ応力とせん断応力の分布を図-3 に、応力度の計算結果を表-4(b)にそれぞれ示す。

コンクリートの曲げ応力度は許容曲げ引張応力度 4.05N/mm² に対して 1.85N/mm² となり、安全率は2.2であった。このことから、かぶりコンクリート剥落や鉄筋の剥離を生じた状態でも、曲げに対して十分に安全であることがわかった。

せん断応力は支承線沿いのコンクリート剥落部位近傍に集中しており、斜め引張鉄筋の計算をしない場合の許容せん断応力度 1.0N/mm² に対して最大せん断応力度 0.921N/mm² であった。これより、設計計算時の 1.23 倍の群集荷重が作用した場合にせん断破壊を生じる危険性が確認された。



古川 6 号橋 屋島中学校前床版橋

図-2 ANSYS による解析モデル

表-3 各要素の材料物性値

部材名	弾性係数E [kN/mm ²]	ポアソン比μ	密度ρ [kN/m ³]
コンクリート	28	0.3	78.5
鉄筋	200	0.2	23.0

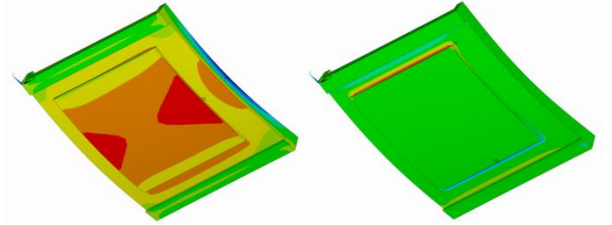
表-4 有限要素解析による解析結果

(a) 固有値解析結果と測定結果の比較

橋梁名	固有振動数 f [Hz]		解析値/計測値
	解析値	計測値	
古川6号橋	12.9	13.1	0.98
屋島中前 床版橋	健全	19.3	1.10
	損傷		1.03

(b) 屋島中学校前床版橋の安全性照査結果

		曲げ引張応力σ _{bt} [N/mm ²]	せん断応力τ [N/mm ²]
許容応力		4.05	1.0
健全モデル		1.43	0.364
損傷 モデル	死荷重	1.13	0.577
	群集荷重	0.72	0.344
	合計	1.85	0.921



曲げ応力分布 せん断応力分布

図-3 床版下面の応力分布

4. まとめ

劣化損傷を生じた屋島中学校前床版橋を対象に現地振動計測と有限要素解析を行い、以下の知見を得た。

- (1) 床版橋の損傷状態を反映した解析モデルを使用した有限要素解析により、実橋にて計測された固有振動数を数値指標として、損傷橋梁の再現が可能である。
- (2) 損傷モデルを使用した有限要素解析により、曲げ強度には十分な安全性を有する。また、せん断強度については群集荷重に対して 1.23 倍の安全性であり、支承線沿いのコンクリート剥落部位近傍におけるせん断破壊の危険性が示唆された。