

衝撃荷重載荷試験機による 劣化床版の耐荷性能評価

渡邊 司¹・高田 英和¹・高比良 秀仁¹・大橋 由紀子¹・弦巻 浩春¹

¹富山河川国道事務所 道路管理第二課 (〒930-8537 富山県富山市奥田新町2番1号)。

輪荷重を直接支える道路橋床版は、繰返し荷重による疲労や雨水の浸入などによりこれまで多くの変状が発生し、その対策に多額の資本と労力が投入されている。それらの劣化床版では土砂化への進展に関与する劣化因子が内包されることになるが、外観のみでその損傷状態を把握することは難しい。

そこで近年、開発・実用化された衝撃荷重を活用した載荷試験機（SIVE）を実橋に適用することで耐荷性能を評価し、道路橋施設の維持管理効率化を図った事例についてその概要を報告する。

キーワード：道路橋，劣化床版，載荷試験，衝撃荷重，耐荷性能，維持管理

1. はじめに

輪荷重を直接支える道路橋床版は、疲労劣化などこれまでに多くの変状が発生し、その対策に多額の資本と労力が投入されている。それらは主として高度経済成長期に建設された橋梁で顕在化しており、原因究明や対策検討に関する研究が活発に実施されてきた。

当初問題視されていたのが重交通による疲労損傷であるが、最近になって床版ひび割れのための評価では疑問が残る材料劣化も報告されている。それら劣化床版では土砂化への進展に関与する塩害やアルカリシリカ反応(以下、「ASR」という)などの劣化因子が内包されることになるが、外観のみでその損傷状態を把握することは難しく、載荷試験による板としての剛性や耐荷性能評価が必要となる。しかし道路橋床版で一般的に実施されている載荷試験は、橋下に足場を設置し、変位計など計測器を設置してから橋面上に荷重車を配置する手法をとるため、準備に期間を要し費用も高額になる。

そこで近年、開発・実用化された衝撃荷重を活用した載荷試験機(SIVE)¹⁾を実橋に適用することで耐荷性能を評価し、道路橋床版の維持管理の効率化を図った事例についてその概要を報告する。

2. 試験の概要

(1) 適用した橋梁の概要

適用橋梁は積雪寒冷地に位置する上下線分離の橋長424.2mの3径間及び4径間連続の4主鈑桁橋であり、建設は下り線が1971年(竣工後52年)、上り線が1974年(竣工後49年)である。床版パネル(主桁と対傾構、または横桁で囲まれた範囲)は鉄筋コンクリート製、寸法は幅3.0m、長さ6.0m、厚さは200mmである。直近の定期点検では上り線が早期に措置を講ずべき状態(Ⅲ)として記録されていた。下り線の床版下面は炭素繊維シートにより補強されている。

(2) 載荷試験の概要

載荷試験の状況を写真-1に示す。試験装置は金沢大学が内閣府戦略的イノベーション創造プログラムとの共同研究で開発し、点検支援技術性能カタログにも登録(BR030031-V0021)されているSIVE(Self-propelled Impact Vibration Equipment)を採用した。



写真-1 載荷試験状況

この装置は250kgの重錘を自由落下させて生じる衝撃荷重によって生じる床版の変形を加速度計で計測した振動波形を積分処理して変位(=たわみ)として取得する。

図-1に示すように加速度計を載荷位置、支持桁上加え載荷位置と支持桁の中間点に設置することで対象床版のたわみ分布が把握可能になる。

重錘の落下高さは200mm程度でその際の衝撃荷重は70kN程度となる。

計測時間は1パネル当たり7分程度で3回の計測を繰り返す。波形データに差異がないことを確認後に試験機を移動させた。波形データに差が生じた場合は載荷回数を追加し、同様の傾向のデータが得られるようにした。

計測機器の設置

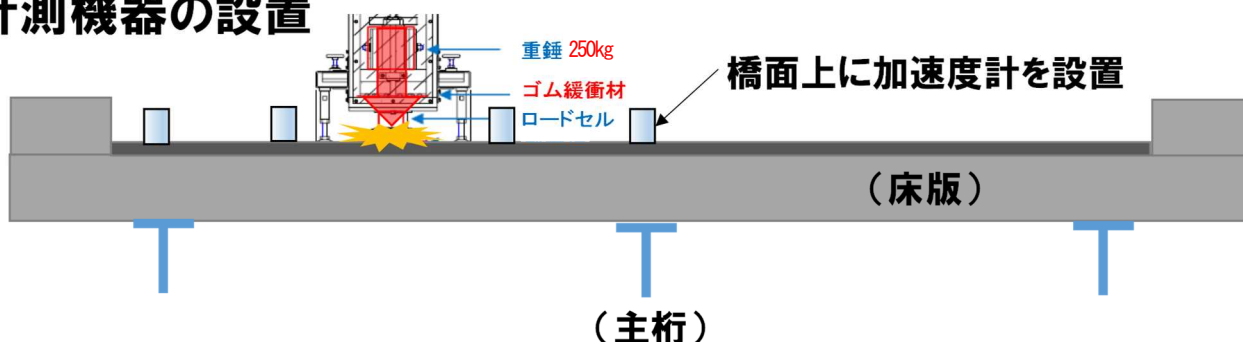


図-1 たわみの計測手法

(3) 調査位置、調査パネルの選定

事前の定期点検、及び床版上面非破壊調査(床版キャッチャー)により、床版上下面に損傷が確認された床版パネルを調査対象とした(図-2)。

床版下面は定期点検より、ひび割れ(0.2mm超え)や剥離・鉄筋露出、うきなどの損傷が確認されているパネル、

床版上面は、床版上面非破壊調査の結果より、舗装の異常や深い土砂化が疑われるパネルを選定した(図-3、図-4)。また、本橋の健全な床版性能の記録がないため、健全性評価の指標として損傷程度が軽微なパネルも調査対象とした。

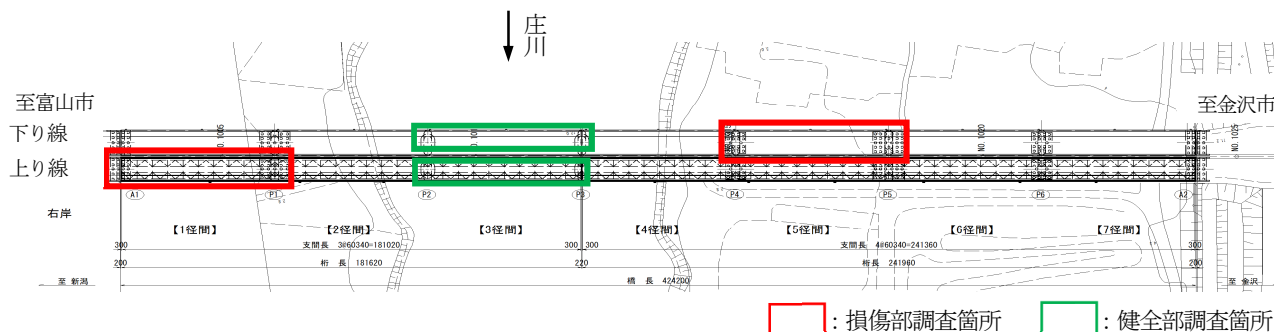


図-2 調査位置

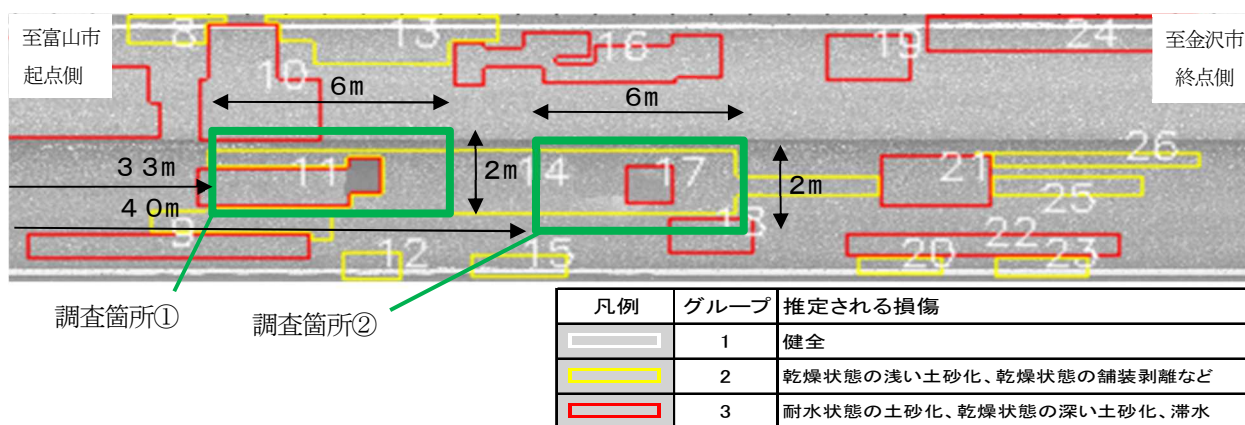


図-3 床版上面非破壊調査拡大図(上り線1径間)

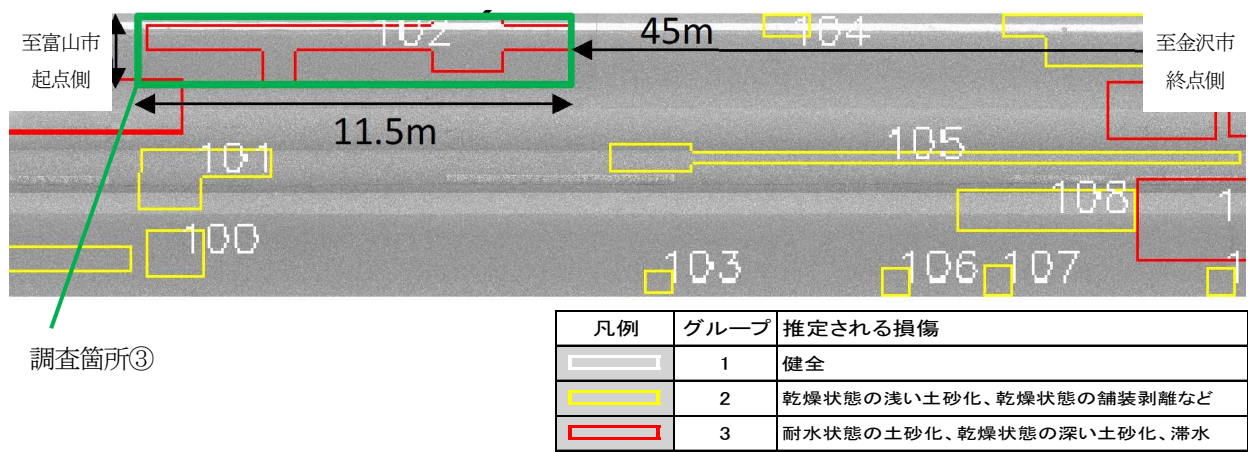


図-4 床版上面非破壊調査拡大図(下り線5径間)

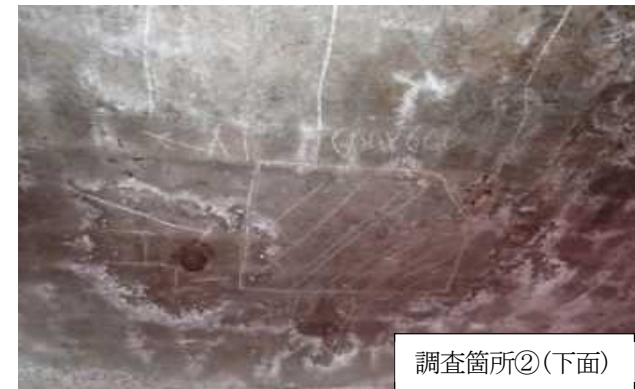


写真-2 調査箇所の舗装及び床版下面状況
(舗装の異常, ひび割れ, 剥離・鉄筋露出, うき)

選定した調査パネルの損傷状況を写真-2に示す。ただし、下り線は床版下面に炭素繊維シートが施工済みであり下面状況を確認出来ないため、上面の損傷状況よりパネルを選定した。



3. 載荷試験の結果

載荷試験で得られた橋軸直角方向の床版のたわみ分布を図-5、及び図-6に示す。図には試験結果の比較のために三次元弾性論で構成される厚板理論による弾性計算の結果も示している。計算では既往研究を参考に見かけのヤング係数で損傷程度を表現するものとして、建設当時の $E_c=21.5\text{N/mm}^2$ とひび割れが生じた状態、即ち鉄筋コンクリート断面計算の引張無視の状態で適用されるヤング係数比が $n=15$ となる $E_c=13.3\text{N/mm}^2$ 、劣化が進展したと推定される $n=30$ の $E_c=6.67\text{N/mm}^2$ の3種類を設定した。

下り線では、床版下面に炭素繊維シート補強が実施されている効果で、軽微な損傷のパネル(図-5(a))と剥離・鉄筋露出等の損傷が確認されているパネル(図5(b))で耐荷力に大きな差は無く、どちらも健全な状態を下回るか同等とみなせる結果が得られた。

上り線の損傷が確認されているパネル(図-6(b))では、ひび割れ状態と同等かそれを上回る中央たわみとなっている。中央部分が下向きに凸となる歪な分布となっており、劣化が進展した床版にみられる傾向であるが、劣化状態を下回っていないことから、床版の耐荷性能向上の対策までは不要と判断した。ただし、定期点検での経過観察が必要である。

4. おわりに

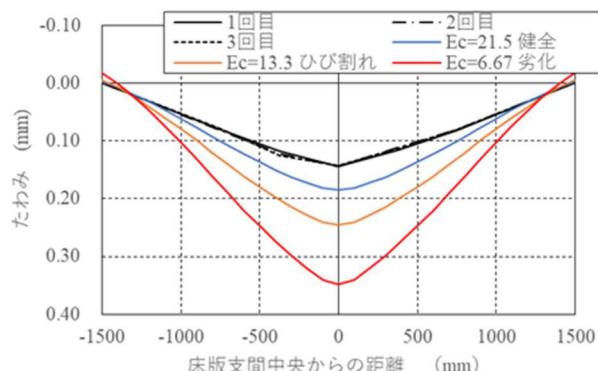
本稿では、竣工後50年程度が経過した橋梁を対象に、床版の疲労劣化に対して衝撃荷重載荷試験を適用し、耐荷性能を評価した。従来の試験方法と比べて、本試験方法は橋面のみの作業のため80%以上の費用低減と70%以上の作業期間短縮が可能となっている。

現状、載荷試験機(SIVE)は、計測精度を確保しつつ、簡易に計測を可能とするための試験機の改良や、試験機の分解運搬、小型化等による利便性の向上が課題となっている。今後、これらの課題を克服することにより、本試験方法の適用範囲が拡大し、橋梁の床版で効果的な維持管理が可能となることを期待したい。

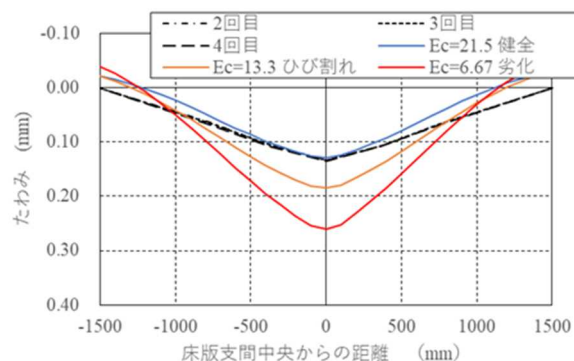
謝辞：本論文を作成するにあたり、多大なるご協力をいただきました関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 山口啓, 栗橋祐介, 榎谷浩, 横山広, 黒崎智: 衝撃加振による合成鉄桁橋コンクリート床版のたわみ分布評価に関する研究, 構造工学論文集Vol. 68A, pp. 782-792, 2022

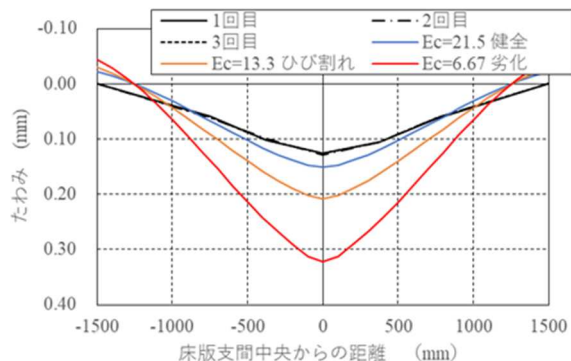


(a) 軽微な損傷（健全部調査箇所）のパネル

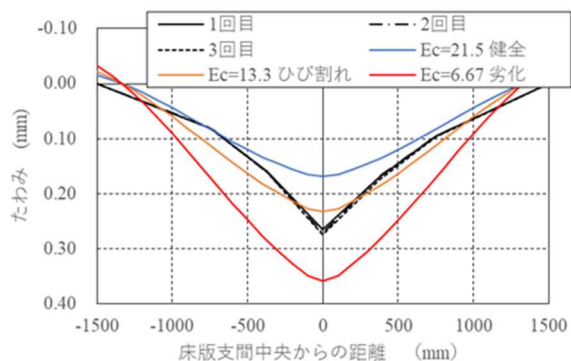


(b) 損傷部調査箇所(調査箇所③)のパネル

図-5 下り線の計測結果



(a) 軽微な損傷（健全部調査箇所）のパネル



(b) 損傷部調査箇所(調査箇所②)のパネル

図-6 上り線の計測結果