

ASR により劣化した道路橋床版の重錘落下载荷試験による健全度評価

国土開発センター 正会員 ○横山 広 正会員 亀田 浩昭
 岩手大学 正会員 大西 弘志 高田機工 正会員 和田 均
 金沢大学 正会員 久保 善司 金沢大学 正会員 梶谷 浩

1. 目的

道路橋鉄筋コンクリート床版の劣化に関する歴史的背景は、輪荷重の繰返し載荷による疲労が顕在化した後に、輪荷重走行試験機でその劣化プロセスが解明されたという経緯がある。しかしながら近年になって材料劣化による床版劣化が報告されるようになり、特にスパイクタイヤ規制後の凍結防止剤の大量散布による影響も加わり、アルカリシリカ反応（以下 ASR と称す.）による床版構造の劣化が散見されるようになってきている。そこで本研究では、ASR による劣化が生じた積雪寒冷地に位置する道路橋の鉄筋コンクリート床版の劣化の程度を把握するために、重錘落下による載荷試験を実施し、弾性理論から誘導されるたわみの厳密解を閾値としてその健全度の評価を試みた。

2. 対象橋梁と試験方法

調査対象橋梁は 3 主桁の単純鋼合成鈹桁橋で、過去に床版のひび割れ損傷対策として鋼板接着工法（鋼板厚 $t=4.5\text{mm}$ ）が実施されている。鋼板接着工法の有効性は過去に実施された静的載荷試験の結果から著者らによって評価しており、その鋼板ひずみを解析値と比較することではく離の可能性が高いことを指摘した¹⁾。本橋床版は上面の劣化に起因する舗装の損傷が顕著となり、抜本的対策として打替え工法が採用された。一連の試験はその施工中に実施しており、劣化床版の撤去前に鋼板の付着状況を確認したところ、その殆どがはく離していることが認められた。ASR は反応性骨材とセメント中のアルカリ、水分との反応であり、上面から浸透した雨水が床版下面の鋼板によって床版コンクリート内に滞留することとなり、劣化が助長された可能性が高いものと推察される。

重錘落下による載荷試験には、舗装構造の健全性を評価するために開発された FWD (Falling Weight Deflectometer) を用いるものとした（写真-1）。採用した理由は荷重作用位置でたわみ変形を取得できるようにシステム化されていることと、国内の稼働台数には限りがあるものの、比較的試験装置の入手が容易であることによる。載荷荷重の大きさは衝撃荷重で 100kN であり、1 箇所当たり 3 回程度載荷してほぼ同等の値が得られているかを確認している。載荷板の接地面積は直径 200mm の円形とした。なお、荷重載荷の影響で支持桁も変位するため、載荷点直近のたわみの他に支持桁上の変位も計測し、その値を載荷点直近のたわみから減じることで床版本体の変位とした。

3. 試験結果

3.1 健全度の設定

床版の健全性を評価する指標としてはたわみ劣化度が挙げられ、疲労劣化では解析上の引張無視の値を実床版の変形が超過した時点で使用限界に到達したとする手法が提案されている。これは輪荷重走行試験で得られた劣化過程で、載荷時たわみの弾性成分が引張無視の計算値を超過した後に終局に至ることが確認されているからである。本研究でも、床版の使用限界をたわみ劣化度を考慮して設定するものとする。その理由は床版が輪荷重を直接支持する部材であることを考慮



写真-1 FWD を用いた載荷試験

キーワード ASR, 劣化床版, 重錘落下試験, 3次元弾性論, 健全性

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂3丁目7番地 (株)国土開発センター TEL076-274-8816

すると、耐荷性、即ち床版剛性が健全度を評価する指標として妥当性が高いと考えられるからである。

図-1 はヤング係数をパラメータとして算出した理論解による計算結果であり、計算で設定したヤング係数は床版から採取したコンクリートコアによる圧縮試験で得られた値のうち、 $E_c=5.2\text{ kN/mm}^2$ を劣化が進行した状態とし、 $E_c=26.0\text{ kN/mm}^2$ を健全な状態として計算した。なお、 $E_c=14.0\text{ kN/mm}^2$ は鋼材とのヤング係数比を $n=15$ としたもので、解析上の引張無視として評価した。重錘落下試験では衝撃荷重で 100 kN が作用するが、静的荷重に換算すると約 $50\sim 60\text{ kN}$ 程度になる

ことが既往の研究で明らかにされている。図ではその荷重範囲とヤング係数毎に解析した結果を重ね合わせて、試験結果の評価ができるようにエリアを設定した。なお、図中のはく離は鋼板接着工法で鉛直方向以外の応力伝達が無いように解析上操作した状態である。

3.2 試験値の評価

図-2 に対象支間の平面図にたわみの計測結果である波形図を重ね合わせた図を示す。載荷試験は計 12 のパネルで行っている。なお、図-1 の劣化度を設定した範囲に対応する着色を施した。図によれば R2-1 のパネルで載荷試験によるたわみが大きく、ASR 劣化の進行が懸念される状態であることが判る。その周辺部である L2-1, L3-1, R3-1 のパネルのたわみも大きく引張無視の状態の範囲に含まれていることから、床版劣化は局所的ではなく比較的大きな面積で進行していたことに加えて、全体が一様に劣化していないことが示された。よって、たわみ劣化度による使用限界を適用した場合には、本橋床版はその限界を超えており鋼板接着補強が施された後の再補修であることを考慮すれば、打替えによる床版更新は適切な判断であると考えられる。

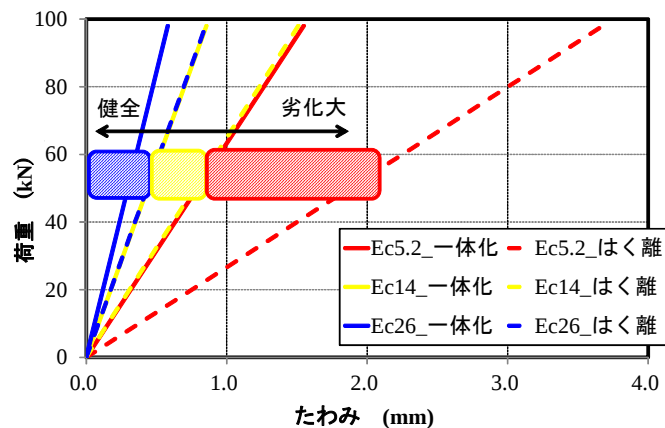


図-1 健全度の設定

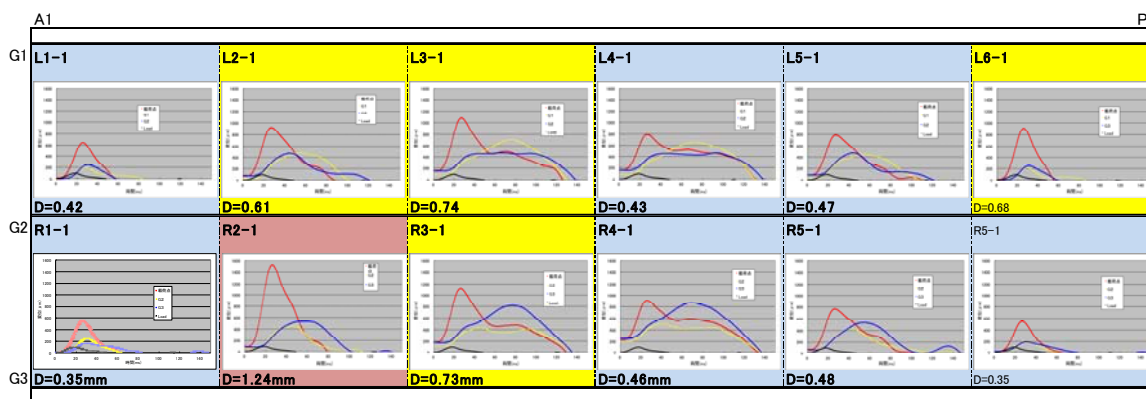


図-2 床版パネル毎の健全性評価結果

4. まとめ

本研究では ASR 劣化床版の健全性を評価するものとして、重錘落下による衝撃荷重作用での載荷試験を実施した。劣化の判定はヤング係数の大小を考慮した解析値との比較で評価するものとし、ASR の劣化範囲の傾向を把握した。計測および評価の結果、FWD を用いたたわみ計測は直接的に床版剛性を評価することになるので床版の使用性を評価する手法として有効であることが示された。本研究は土木学会中部支部に設置された「ASR と輪荷重との複合作用による床版劣化の実態調査委員会」の活動成果であることを付記する。なお、研究の遂行に当たっては北川ヒューテック株式会社からの多大なる協力があった。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 亀田浩昭ほか: 鋼板接着補強された ASR 劣化床版の載荷試験と厚板解析による評価, 第 67 回土木学会年次講演会概要集, pp. 1171-1172, 2012. 9.