

## 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

国土開発センター 正会員 ○亀田 浩昭, 堀川 都志雄  
 金沢大学大学院 正会員 横山 広, 久保 善司  
 金沢大学大学院 正会員 梶谷 浩

## 1. はじめに

これまで道路橋床版の研究は疲労劣化が主体であり、輪荷重走行試験で劣化プロセスが明らかにされた。しかし、最近になって材料劣化による問題が顕在化しており、アルカリシリカ反応（以下、ASRと称す。）による深刻な劣化を生じた床版の事例も報告されている<sup>1)</sup>。一般的な道路橋の鉄筋コンクリート床版では、補強材は板厚方向で上下に配置され、面的な広がりをもっている。そのような補強構造でASRが発生すれば、鉄筋に拘束されていない方向、すなわち厚さ方向に膨張し水平ひび割れが卓越することになる。それらのひび割れが進展すると剛性が低下し耐荷性への悪影響が懸念される。本研究では、実橋床版でASR劣化対策として鋼板接着補強が施工された橋梁に対し、経年後に載荷試験による耐荷性の確認が行われた際のデータを3次元弾性論から誘導される厚板理論を用いて評価する<sup>2)</sup>。厚板理論の採用理由は、鋼板接着補強を考慮した積層構造で厳密解を得るためであり、特に本橋のようにASR劣化による水平ひび割れが鋼板接着界面付近で生じ、はく離が懸念される場合には解析仮定を容認しない手法でなければ状態把握が困難と考えられる。

## 2. 対象橋りょうと載荷試験

対象となった橋梁は3主桁の単純合成鉄桁で対象とした径間の支間長は35.50mで主桁間隔は2.90mである。床版下面の状況は写真-1に示す通りで、鋼板の周辺部には錆が生じており白色の析出物も見られる。また、鋼板端部からの漏水によって主桁塗装も劣化している。よって、鋼板と床版コンクリートとは縁切れが生じている可能性が高いものと推察される。ただし、叩き点検による縁切れの調査は実施されておらず実態は不明である。載荷試験は前輪1軸、後輪2軸のダンプトラックに土砂を満載したものが荷重車として使用され、載荷は同じ位置で3回実施し、鋼板下縁の表面に貼り付けられたひずみゲージの値を採取した。図-1は荷重車のタイヤ位置を示しており、後輪は36.0kN/輪で前輪は23.7kN/輪である。図-2は計測位置を示しており、主桁間中心の4箇所で行われている。

## 3. 計算モデルと物性値

計算モデルを図-3に示す、舗装と床版、および鋼板の3層を考慮したモデルで、外桁は単純支持で中桁はその剛性を考慮した。モデルの橋軸方向長さは支間長を採用している。表-1は計算に用いた物性値であるが、アスファルト舗装のヤング係数は載荷試験が実施された時期が冬期であることを考慮し、床版コンクリートは、載荷試験の前に実施されたコア採取での材料試験による結果を採用した。その試験では2箇所からコアを採取しており、それぞれの値が大きく異なっている。ASRが生じたコンクリートではヤング係数が低下することが知られており、この試験結果でも同様であった。さらに、その試験ではSEM観察とEDS分析が実施されており、アルカリシリカゲルが確認されている。



写真-1 床版下面の状況

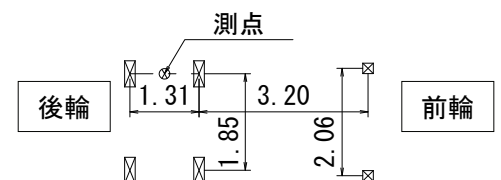


図-1 載荷荷重

キーワード 道路橋床版, ASR, 鋼板接着工法, 載荷試験, 厚板理論

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂3丁目7番地 TEL 076-274-8816

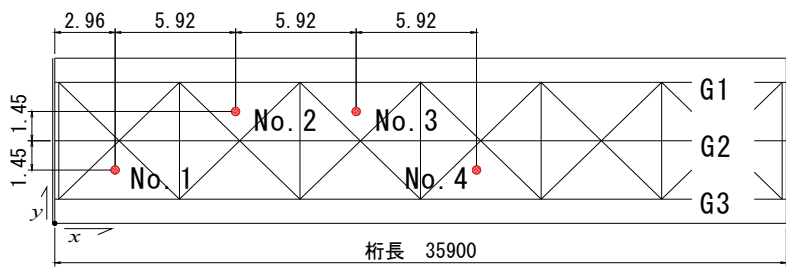


図-2 荷重試験計測位置

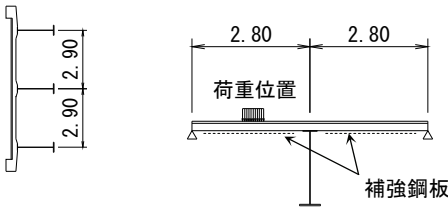


図-3 計算モデル（断面）

4. 鋼板下縁応力の計算結果

鋼板下縁の応力計算結果を表-2 に示す。試験を行った4箇所全ての計算も実施しているが、No.1 の他は同じ値となった。No.1 のみ異なる理由は、主桁支点に近いことが影響していると推察される。表中の付着の有無は鋼板と床版の界面での付着せん断応力の伝達の有無のことであり、付着切れを解析的に表現している。荷重試験結果による応力値は  $4.4\sim6.4\text{N/mm}^2$  となっているが、付着有りの状態の計算結果はヤング係数が大きい場合に約3倍となっており、ヤング係数が低い場合には約5倍の結果となっている。この計算結果から、補強鋼板と床版コンクリートの一体性は確保されておらず、付着切れを生じている可能性が高い。結果として、荷重試験の結果に最も近似する状態はヤング係数が  $5.20\text{kN/mm}^2$  と低く、かつ付着が無い状態の値となる。

ここで鋼板接着工法の施工では、補強鋼板を最大間隔 500mm 程度で配置される打ち込み式アンカーにより固定した後に、エポキシ樹脂で一体化するのが一般的である。よって、アンカー固定による効果で付着が完全に切れないため、荷重試験結果の鋼板応力が計算を上回ったと考えている。

5. おわりに

本研究では、ASR劣化床版に実施された荷重試験の結果を、厚板理論によって得られた計算結果を用いて評価した。その結果、荷重試験で得られた鋼板下縁の応力値から想定される状態は、ヤング係数がASR劣化によって大幅に低下し、さらに補強鋼板は床版から付着切れを起こしている状態であることが推察された。

鋼板接着工法では床版下面が鋼板で覆われており、床版の上面から浸透した水分は床版内に滞留することになる。ASRは水の存在によって反応が進行するので、鋼板補強によって劣化進行を促進した可能性があり、橋面防水の必要性が伺える。さらに、現状で実施されている床版補強工法の全てが、既設床版と接着によって一体化を図るものであり、ASR劣化が生じている床版では、はく離によって期待する効果が得られないことが推察される。

参考文献

1) 横山広ほか：凍結防止剤の影響を受けた構造物の実態調査，土木学会中部支部研究発表会，pp. 423-424，2008. 3.  
2) 横山広ほか：床版の劣化現象および床版補強工法に関する解析的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 32 No. 2，pp. 451-455，2010.

表-1 物性値

| 材料種別     | 厚さ    | ヤング係数            | ポアソン比 |
|----------|-------|------------------|-------|
|          | mm    | $\text{kN/mm}^2$ |       |
| 舗装       | 50.0  | 2.0              | 0.4   |
| 床版コンクリート | 180.0 | 5.2              | 0.2   |
|          |       | 26.1             | 0.2   |
| 補強鋼板     | 4.5   | 200.0            | 0.3   |

表-2 計算結果

| 試験位置 | 単位              | 荷重試験結果 | 計算結果                     |      |                          |      |
|------|-----------------|--------|--------------------------|------|--------------------------|------|
|      |                 |        | $E_c=26.1\text{kN/mm}^2$ |      | $E_c=5.20\text{kN/mm}^2$ |      |
|      |                 |        | 付着有り                     | 付着無し | 付着有り                     | 付着無し |
| No.1 | $\text{N/mm}^2$ | 6.4    | 14.91                    | 0.62 | 23.83                    | 2.26 |
| No.2 |                 | 5.6    | 16.65                    | 0.69 | 26.61                    | 2.53 |
| No.3 |                 | 5.4    |                          |      |                          |      |
| No.4 |                 | 4.4    |                          |      |                          |      |