

衝撃荷重によるたわみを用いた鋼板接着補強RC床版の輪荷重走行疲労損傷の評価

東京都土木技術研究所 正会員 ○関口 幹夫  
首都大学東京 フェロー 國府 勝郎  
東京都水道局 正会員 青木 孝憲

1. まえがき

昭和 40 年代に建設された鋼道路橋鉄筋コンクリート床版（RC 床版と略記）は、床版厚が薄く配力鉄筋量が少ないなど輪荷重による疲労損傷が発生しやすい。また、鋼板接着補強など交通規制を伴わない RC 床版下面に対する補強工法が多用され、補強後 20 年以上経過するものも多く存在することから維持管理上補強効果の点検が重要である。一般に下面補強工法が施工されるとひび割れによる点検が困難であり、打音点検による鋼板の剥離や浮きの調査が行われている。一方、筆者らはフォーリングウェイトデフレクトメータ（FWD）など重錘落下式のたわみ測定装置を活用するたわみ量調査による劣化診断を提案している。本報告は、輪荷重走行疲労試験機により RC 床版供試体に疲労損傷を与えて鋼板接着補強後再度疲労試験を行い、鋼板の剥離や浮きの損傷過程とたわみ量の関係を検討した。

2. 試験概要

2.1. 供試体と試験条件

RC 床版供試体は、図-1 に示す長さ 4.5m、幅 2.92 m、床版厚 0.2m の形状寸法で昭和 47 年道路橋示方書に準拠して設計し、断面諸元は表-1 のとおりである。コンクリートの設計基準強度は、やや強度の小さい  $f'_{ck}=21\text{N/mm}^2$ （試験終了時コア強度  $25.6\text{ N/mm}^2$ ）と合成床版相当の  $f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$  の 2 種類各 1 体である。輪荷重走行疲労試験は、大型航空機用ゴムタイヤ式を使用した。床版支間は 2.5m 単純支持とし、長辺方向に 2 体の供試体を突合せ横桁で弾性支持した。走行範囲は中央横桁を中心に片側 3.25m とし、タイヤ接地面積は 157kN 載荷時で幅 330×長さ 380 mm、走行荷重パターンは、設計輪荷重の約 2 倍の 157kN70 万回+196kN70 万回+235kN 破壊までとした。

2.2. 試験方法

鋼板接着補強は、157kN 載荷で東京都の床版補強の目安であるひび割れ密度約  $10\text{m/m}^2$  のダメージを与えた時点とし、 $f'_{ck}=21\text{ N/mm}^2$  は 100 回（ $11.62\text{m/m}^2$ ）、 $f'_{ck}=30\text{ N/mm}^2$  は 200 回（ $11.43\text{m/m}^2$ ）において補強工事と同一仕様の 4.5 mm 厚の鋼板をエポキシ樹脂で圧入接着補強した。計測は基本的に 1, 10, 100, 1000・・・で走行を止め、たわみと鉄筋ひずみを静的載荷、動的走行載荷、重錘落下式衝撃荷重の各方式で計測、併せて鋼板の剥離（浮き）面積を打音法で床版上面ひび割れ密度を格子密度法で測定した。

重錘落下式は、図-2 に示す床版中央点に 100kg のウェイトを落下高さ 300 mm で 3 回測定した。速度計センサの位置は、床版中央載荷点と両支持桁上とし、支持桁の変位を考慮した。静的載荷のたわみ測定は、ゴムタイヤで載荷し、床版下面に設置したレーザ変位計を使用した。

キーワード：RC 床版、輪荷重走行疲労、鋼板接着、重錘落下試験

連絡先：〒136-0075 東京都江東区新砂 1-9-15 TEL 03-5683-1522 FAX 03-5683-1515

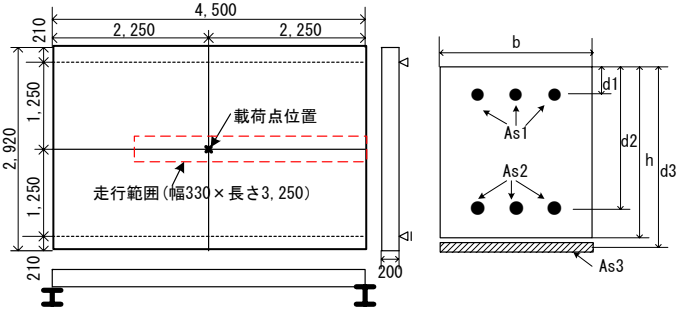


図-1 床版寸法・断面諸元

表-1 供試体の諸元

| 主筋方向                   |        | 配力筋方向                  |        |
|------------------------|--------|------------------------|--------|
| b (mm)                 | 1,000  | b (mm)                 | 1,000  |
| d1 (mm)                | 39.5   | d1 (mm)                | 58.0   |
| d2 (mm)                | 160.5  | d2 (mm)                | 142.0  |
| d3 (mm)                | 207.25 | d3 (mm)                | 207.25 |
| h (mm)                 | 200    | h (mm)                 | 200    |
| As1 (mm <sup>2</sup> ) | 1,146  | As1 (mm <sup>2</sup> ) | 993    |
| As2 (mm <sup>2</sup> ) | 2,292  | As2 (mm <sup>2</sup> ) | 1,986  |
| As3 (mm <sup>2</sup> ) | 4,500  | As3 (mm <sup>2</sup> ) | 4,500  |

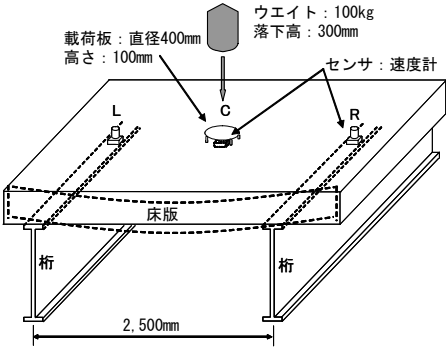


図-2 重錘落下試験

### 3. 結果および考察

#### 3.1. ひび割れ密度と鋼板剥離

図-3 に床版上面のひび割れ密度と走行回数の関係を示す。品質の劣る  $f'_{ck}=21 \text{ N/mm}^2$  は早い段階からひび割れが発生し、走行回数と共に増加、破壊（155.55 万回）直前に約  $10 \text{ m/m}^2$  に達した。品質の良い  $f'_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$  は、荷重 235kN 載荷の 150 万回からひび割れが発生し試験を打切った 160 万回時に  $2 \text{ m/m}^2$  に達した。補強効果は、コンクリートの品質が劣ると鋼板接着強度が劣るためにコンクリート面が疲労によって早めに剥離し補強効果が低下する。一方、鋼板の剥離面積は、図-4 のとおり  $f'_{ck}=21 \text{ N/mm}^2$  は 70 万回から増加し、破壊直前には剥離面積が約  $2.7 \text{ m}^2$  に増加した。剥離範囲は図-5 に示すとおり、タイヤ接地幅内の直下は剥離せずタイヤのエッジ部から支持桁方向に進展した。

#### 3.2. たわみ

静的載荷と重錘落下試験の床版中央点の 100kN 換算たわみ測定値および計算値の関係を図-6 に示す。静的たわみと衝撃たわみには、高い相関関係が認められる。鋼板は支間方向支持桁支点から約 10 cm 内側まで 5 mm 厚のエポキシ樹脂で接着されており、補強直後は鋼板を鉄筋と見なした完全合成の 40% ( $\alpha=0.4$ ) の換算有効断面の計算値に一致する<sup>1)</sup>。走行疲労打ち切り 160 万回まで鋼板の剥離が生じなかった  $f'_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$  は、静的および衝撃たわみいづれも剛性低下がなく両者はよく一致した。一方、品質の劣る  $f'_{ck}=21 \text{ N/mm}^2$  は、鋼板の剥離が確認された 70 万回以前の早い段階から走行回数と比例関係が認められ剛性が低下している。この原因は、図-3 の上面ひび割れの進展によるものと推察される。また、70 万回以降はひび割れの進展と鋼板剥離の両者が剛性を低下されているものと思われる。以上のことから、たわみを維持管理の指標にした場合には、RC 断面計算値を越えると劣化が相当進行していると評価できる。

#### 4. まとめ

鋼板接着補強後の疲労損傷の劣化を把握する指標としては、鋼板の剥離面積、床版上面のひび割れ密度およびたわみ（静的載荷および重錘落下式）が有効であり、それぞれには高い相関が認められる。重錘落下式は、比較的簡便に調査が可能であり維持管理に活用できる方法である。

【参考文献】 1) 青木孝憲，國府勝郎，関口幹夫：衝撃荷重によるたわみを用いた道路橋 RC 床版の健全度評価手法，土木学会第 60 回年次学術講演論文集，2005

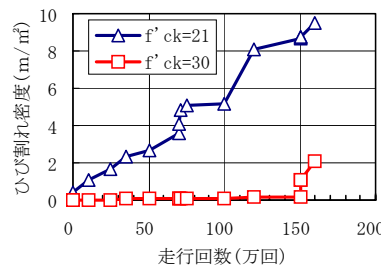


図-3 上面のひび割れ密度

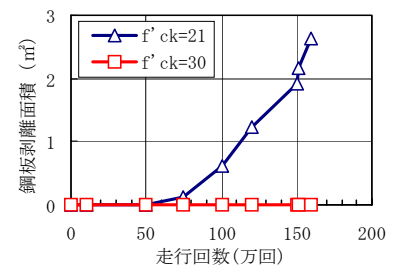


図-4 鋼板の剥離面積

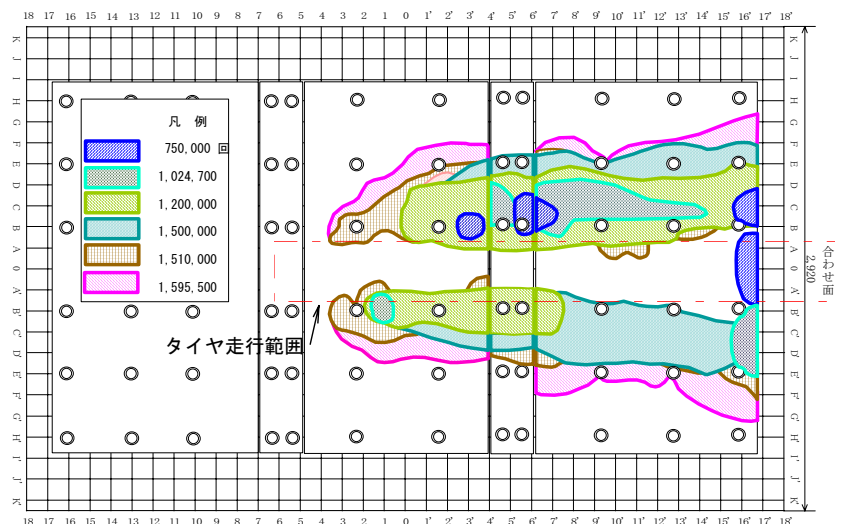


図-5  $f'_{ck}=21$  の鋼板剥離図

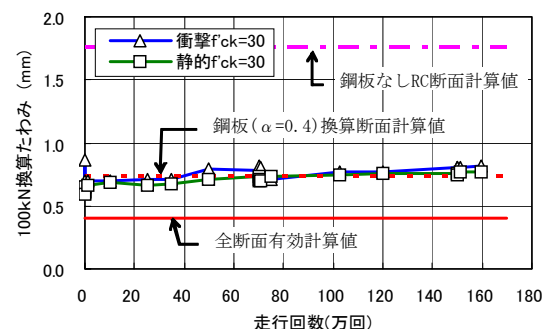
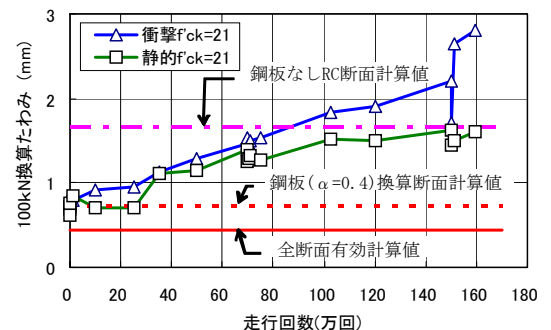


図-6 100kN 換算たわみ