

鋼板接着補強工法における鋼板の浮き位置が床版の疲労寿命に与える影響

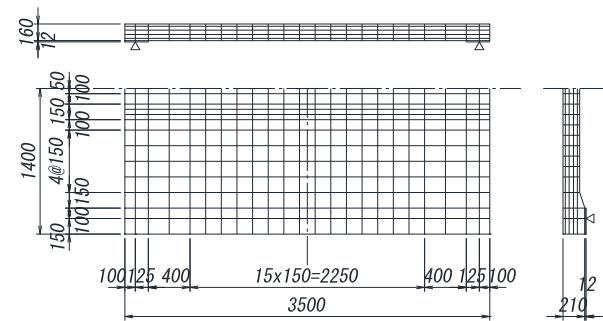
ショーボンド建設（株） 正会員 ○平塚 慶達
東京大学大学院 フェロー 前川 宏一

1. はじめに

RC 床版の補強対策として、鋼板接着補強工法は数多くの橋梁に適用されてきたが、経年により補強鋼板と床版が剥離するいわゆる「浮き」が報告されるようになってきた。浮きの存在は床版の疲労耐久性に影響を与えるものと考えられるが、試験や解析で検討した事例は少なく、体系的な整理がなされているとはいえない。本稿では既存の試験結果をもとに、ひび割れ発生から進展、疲労強度の低下を経て破壊に至る経路を追跡可能な 3 次元有限要素解析 COM3D を用いて、浮きの位置をパラメータとする系統解析を行った。さらに、補強された床版の疲労耐久性（再劣化過程）について検討した結果を本稿で報告する。

2. 解析概要

対象とした床版は、昭和 39 年鋼道路橋設計示方書に従って設計した床版スパン 2500mm で、橋軸方向 3500mm、橋軸直角方向 2800mm、厚さ 160mm のハンチ付き RC 床版である。解析に用いたモデルを図－1 に示す。走行面で二分割した対称モデルとし、有限要素には 8 節点アイソパラメトリック要素を用いた。床版、主桁上フランジは三次元ソリッド要素でモデル化した。表－1,2 に解析に用いた条件を示す。



図－1 RC 床版の解析モデル

表－1 解析に用いた材料特性

材料	弾性係数 (N/mm ²)	特性値
コンクリート	2.1×10 ⁴	圧縮強度 25.5N/mm ² 引張強度 1.8N/mm ²
鉄筋	2.1×10 ⁵	降伏点 355.0N/mm ²
エポキシ樹脂	1.5×10 ³	付着強度 1.8N/mm ² せん断強度 10.0N/mm ²

表－2 解析に用いた配筋

配 筋	主鉄筋	配力筋
上 面	D16 ctc300 相当	D10 ctc300 相当
下 面	D16 ctc150 相当	D13 ctc300 相当

表－3 試験と比較した解析ケース

ケース	浮きの有無	注入の有無
PL-1	有	有
PL-2	有	浮きの上は無 浮きの上以外は有
PL-3	無	有

3. 疲労荷重下のたわみの挙動

(1) 移動載荷試験の再現

佐野らは前述の床版に 160kN で 5000 回の予備載荷を行い、ひび割れを導入した後、浮きの発生位置を変えた鋼板接着を施して移動載荷試験を実施している¹⁾。これら試験を数値解析でモデル化し、解析の妥当性を検証することとした。試験体の浮きを有する領域は、エポキシ樹脂の剛性値と付着強度、並びにせん断強度は無視することとした。コンクリート面に浮きを設けた PL-2 は、コンクリート面に離型剤を塗布したため、破壊後に切断

キーワード 鋼板接着, RC 床版, 鋼板の浮き, 輪荷重走行試験, 疲労寿命
連絡先 〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 7-8 ショーボンド建設(株) 技術本部 TEL03-6861-8105

した時にひび割れへ樹脂が注入されていないことが確認されている。解析でもこれを再現することとし、完全に注入したケースと、鋼板の浮きの直上は注入していないケースを比較することとした。図-2に PL-1 および PL-2 が破壊した 160kN 載荷時のたわみ挙動を示す。解析はやや大きめの評価をするものの、実務上、問題ない範囲で疲労寿命が推定できることがわかる。

(2) 浮き位置の影響

試験で用いた浮きの面積を大きく変えない条件で、浮きの発生位置が疲労耐久性に与える影響を検討した。注入は完全に行われたものとし、表-4に浮きの位置を変えた解析ケースを示す。鋼板接着せずに注入のみを実施した場合も合わせて比較する。図-3は載荷荷重 180kN の各ケースでのたわみの挙動である。十分な付着力を有するこれらのケースでは、荷重作用位置直下の浮きの影響は大きい、浮きがあっても十分な補強効果があった。

(3) 付着力が低下した補強床版の挙動

何らかの要因でエポキシ樹脂の付着力が不十分な場合に浮きが発生している可能性が指摘されている²⁾。そこで解析上付着力を低減させることで疲労耐久性に与える影響の目安になると考え、検討を行った。結果を図-4に示す。ここではエポキシ樹脂の付着強度を 0.5N/mm^2 、せん断強度を 2.5N/mm^2 と仮定した。外側の浮きは早期に付着切れを生じ、直角方向の浮きは、初期は完全接着に近い挙動を示しているが、接合要素の破壊に至った場合に、急激にたわみが増加する。これらは試験で用いた床版の中央に軸方向の浮きがある場合に比べて、疲労寿命は大幅に小さくなる。付着力が小さいと、ほぼ同等の浮きの面積でも、疲労寿命に大きな差が出る事が再現された。

4. まとめ

補強鋼板の浮きが疲労寿命に与える影響は、付着力が十分な場合は、橋軸直角方向の浮きの影響が大きい。付着力が低下している場合は、同じ面積であれば載荷点直下に存在する場合よりも補強鋼板端部に存在する浮きの影響が大きい。これらは補強鋼板の定着の重要性を示唆している。今後は浮きの大きさが疲労寿命に与える影響について検討を行う。本研究は科学研究費補助金(23226011)の一部を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 佐野正, 山下幸生, 松井繁之, 堀川都志雄, 久利良夫, 新名勉: 浮きを有する鋼板接着補強 RC 床版の疲労耐久性および樹脂再注入の評価, 土木学会論文集 A1, Vol.67, No.1, pp.27-38, 2011.
- 2) 前川敬彦, 久利良夫, 佐々木一則, 飛ヶ谷明人, 青木康素: 鋼板接着補強 RC 床版の維持管理に関する検討, 道路橋床版シンポジウム講演論文集, Vol7, pp.13-18, 2012.6.

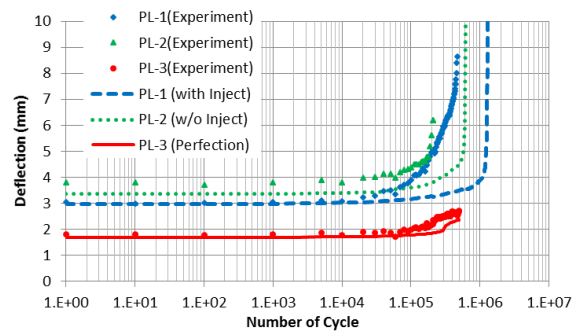


図-2 160kN 載荷時の鋼板接着試験体のたわみの挙動

表-4 浮きの位置を変えた解析ケース

ケース	浮きの位置	浮きの割合
Partial 1	床版中央軸方向	48%
Transverse	直角方向(床版中央)	51%
Outer	外側軸方向	52%

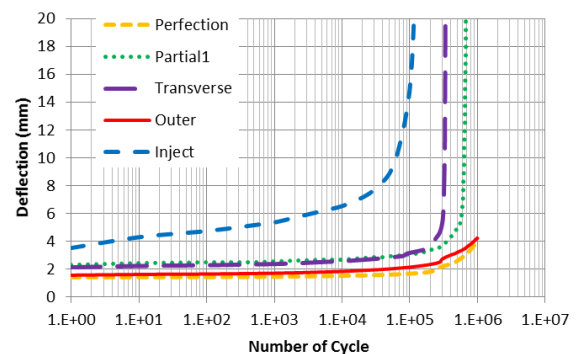


図-3 浮きの位置を変えた床版のたわみの挙動

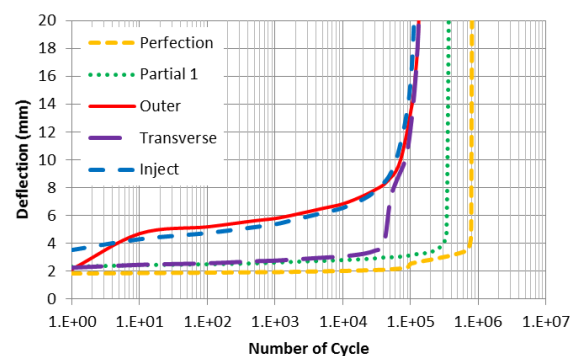


図-4 付着力を低下させた補強床版のたわみの挙動