

水平ひび割れを考慮した鋼板接着補強 RC 床版の数値解析

ショーボンド建設(株) 正会員 ○山下幸生, 佐野 正, 加藤暢彦
大阪工業大学 堀川都志雄

1. はじめに

鋼板接着補強工法は損傷が生じた RC 床版の下面に補強鋼板をアンカーボルトで取り付け, その隙間にエポキシ樹脂を充填させて一体化する補強工法である. 経年に伴って鋼板の浮きが発見されていることから, 著者らは, 図-1 に示す人為的に浮きを設けた鋼板接着補強 RC 床版供試体を用いて輪荷重走行試験¹⁾を行い, 疲労耐久性について評価してきた. この走行試験において, タイヤ走行位置付近の全域にわたって写真-1 に示す水平ひび割れの存在が確認された. 本論では, この水平ひび割れの有無が変位や応力にどの程度影響するのかを明らかにすることを目的に, 選点法を用いて数値解析をおこなった.

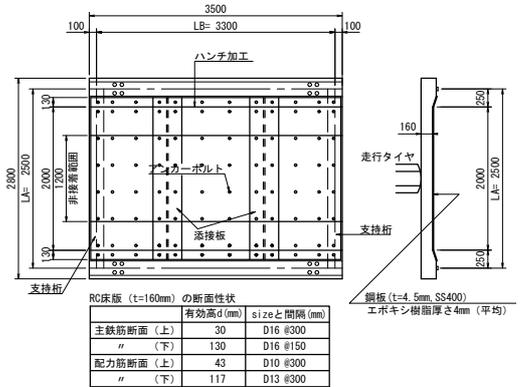


図-1 鋼板接着補強 RC 床版供試体 (単位:mm)

2. 数値解析の手法

選点法による数値解析では, 前述の鋼板接着補強 RC 床版供試体を参考にし, 図-2 に示すように RC 床版 160mm を上層 30mm, 下層 130mm の 2 層に, エポキシ樹脂層 4mm および鋼板層 4.5mm, 合計 4 層 (全厚 168.5mm) で構成した. 特に, 水平ひび割れを模擬するため RC 床版を 2 層に分割した. この層間で伝達力の有無を設定し, 水平ひび割れが有る部分では, x,y 方向の伝達力が無いものとした. 水平ひび割れの範囲は, 輪荷重走行試験機のタイヤ幅を考慮し 315mm(=u₀), また, 荷重が 45° に分散すると仮定した 375mm(=u₆₀) の 2 パターンで検討した. x 方向の範囲は, 両パターンともに供試体の配力筋方向の全長 3300mm とした.

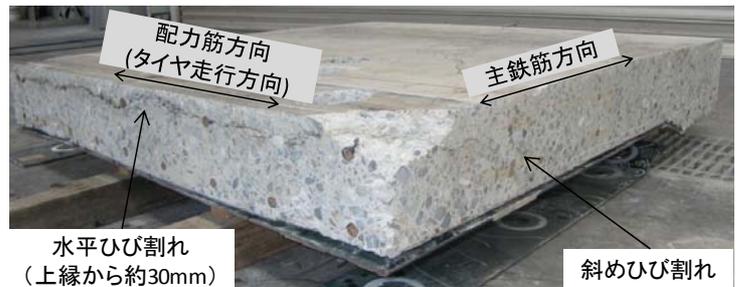


写真-1 供試体の切断面

解析に用いた材料物性値は図中に示すとおりで, RC 床版はひび割れ損傷が生じた状態を想定し, コンクリートの引張側無視の断面剛性と等価となるような均質弾性体として, コンクリートの弾性係数は $E_c = 6650 \text{ N/mm}^2$ とした.

荷重はタイヤ接地面積を考慮した分布荷重とし, それを床版上面中央に作用させた.

まず, 本計算手法の妥当性を確認し, その後水平ひび割れの影響について検討した.

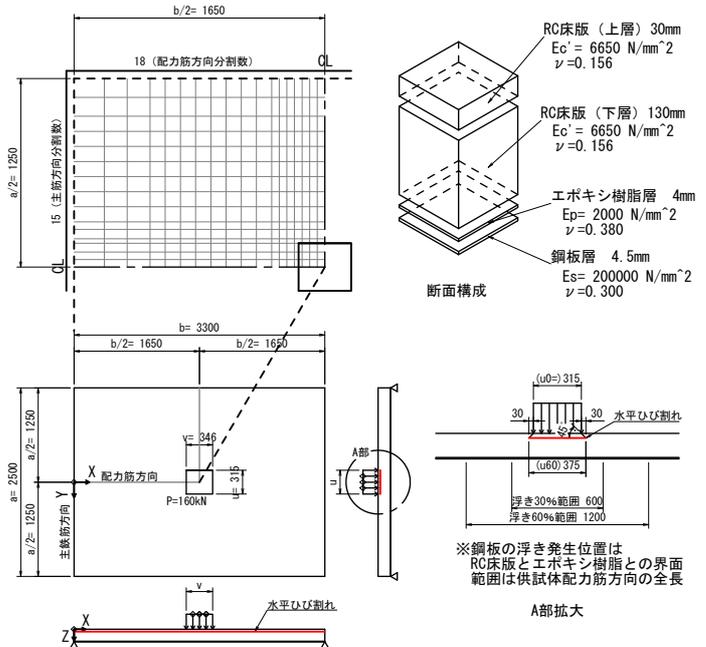


図-2 解析モデルの概要 (単位:mm)

キーワード: 水平ひび割れ, 選点法, 鋼板接着, RC 床版

連絡先 (住所: 茨城県つくば市桜 1-17, TEL: 029-857-8101, FAX: 029-857-8120)

3. 結果と考察

本計算手法の妥当性確認のため、層間の伝達力の有無を、RC床版とエポキシ樹脂との界面で浮きを設定したモデルで評価した。その浮き範囲を図-2に示す。また、床版中央のたわみの計算結果を表-1に示す。¹⁾ 浮き無し (u') のたわみは厳密解と一致し、浮き範囲の拡大に伴ってたわみが増加する傾向がみられた。60%浮きのたわみは3.33mmとなり、以前の検討結果3.21mmに比べて4%程度大きい。これはエポキシ樹脂層の有無と伝達力領域の違いによる影響と考えられる。また、60%浮きのたわみは実験値 (PL-2, 65%浮き発生時) 2.93mmと比べて大きい。この差異は床版コンクリートの劣化状態の違いおよびアンカーボルトの影響と思われる。次に、RC床版とエポキシ樹脂との界面における主筋方向の付着応力度 (τ_{yz}) の分布を図-3に示す。浮き無し (u') の付着応力度の分布は厳密解と概ね一致し、30%、60%浮きがある場合には、浮きの先端部で急激に付着応力度が増加していた。このように選点法による計算手法はほぼ妥当であると言える。

水平ひび割れに着目した結果について述べる。ここでの計算は前述の鋼板の浮き無しのモデル (u') を基に水平ひび割れを設定している。床版中央のたわみについては、水平ひび割れ範囲315mm (u_0) は2.45mm、水平ひび割れ範囲375mm (u_{60}) は2.47mmと、ひび割れがない状態 (u') と比べて2%程度大きくなった。すなわち、鋼板の浮きが無い状態では、たわみには水平ひび割れの影響がほとんどみられなかった。

上層RC床版 (30mm) と下層RC床版 (130mm) との層間のコンクリートの付着応力度 (τ_{yz}) の分布を図-4に示す。水平ひび割れが無い状態 (u') に比べて、315mm (u_0) ではひび割れの先端部に約1.6倍の付着応力度が生じていた。また、375mm (u_{60}) の結果をみると、付着応力度の最大値は減少するが分布形状は変化し、ひび割れ位置の外側の位置で付着応力度が増加する現象がみられた。ここで、 $y=100$ および200mm ($x=1650$ mm) のせん断応力度 (τ_{yz}) の版厚方向の分布を図-5に示す。 $y=100$ mmのせん断応力度の分布はひび割れの影響を受け、水平ひび割れの上側断面と下側断面とで分布形状が異なっていた。また、下層側のRC床版 (130mm) 内部のせん断応力度はひび割れの無い状態 (u') と比べて30%程度大きい。一方、ひび割れの位置から離れた $y=200$ mmの断面では、ひび割れの無い状態 (u') とほぼ同じような分布形状であった。このように、断面内部の応力度分布をみると水平ひび割れの影響が顕著に表れていることがわかった。

4. おわりに

今後は、実験結果との整合性について吟味し、かつ下層RC床版内での斜めひび割れの起因となる主応力の照査を行う予定である。

(謝辞) 一連の研究については、大阪工業大学の松井繁之教授および阪神高速道路 (株) の皆様にご指導とご助言を頂いた。ここに記して感謝いたします。

(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 (構造・地震工学), Vol. 67, No. 1, pp.27-38, 2011.

表-1 床版中央のたわみ

	厳密解※1	浮き無し (u')	30%浮き	60%浮き	実験値※2
W (mm)	2.41	2.41	2.70	3.33	2.93

※1 厳密解は3層厚板理論で算出した値。

※2 実験値は前述の輪荷重走行試験 PL-2 (コンクリート面離型) 供試体 160kN 換算たわみ (50万回走行時)。破壊は67.5万回。

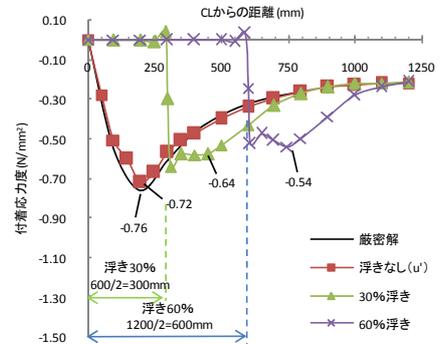


図-3 付着応力度分布 (x=1650mm)

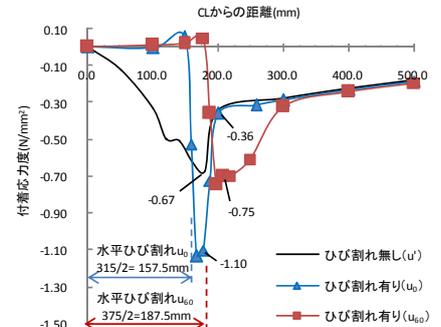


図-4 付着応力度分布 (x=1650mm)

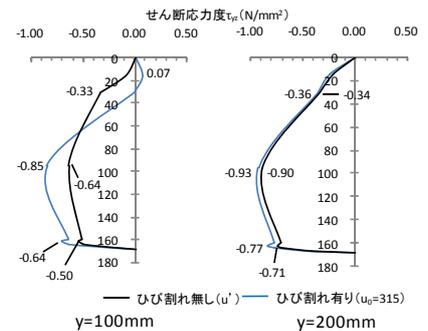


図-5 版厚方向のせん断応力度分布