

道路橋鉄筋コンクリート床版の水平ひび割れ原因に関する解析的検討

大日本コンサルタント フェロー会員 ○横山 広 寒地土木研究所 正会員 中村 拓郎
大日本コンサルタント 正会員 小野 凌平 金沢大学 正会員 栗橋 祐介
前田建設工業 正会員 門寺 将志 金沢大学 フェロー会員 梶谷 浩

1. 目的

道路橋鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版と称す）の劣化は、輪荷重の繰り返し作用による疲労や材料劣化、それらが複合することによる劣化で土砂化や押抜きせん断破壊に至ることがこれまでの研究で明らかにされてきた。それらの劣化床版の打ち替えでは上鉄筋に沿った水平ひび割れを発見することが多く、これまでもその原因について各種の検討が実施されてきている。筆者らも輪荷重走行試験により上鉄筋近傍の板厚方向ひずみを計測し、鉄筋単体の剛性が水平ひび割れに影響している可能性があることを示した¹⁾。本研究では、その結果を受けて解析的に再現できるかを検討し、結果として既往の実験と同様の現象が確認できたのでその概要を報告するものである。

2. 有限要素法による解析概要

解析モデルは実橋を参考にしており、橋長が36.0mで全幅員が9.2mの4主桁単純鈑桁橋である。床版支間は2.5mで厚さは180mmとなっており、主鉄筋及び配力鉄筋にはD16が使用されている。なお、解析上は50mm厚さのアスファルト舗装を考慮している。解析モデルは図-1に示す主桁と対傾構に囲まれた橋軸方向対象モデルとし、主桁はシェル要素で床版は板厚方向に7分割したソリッド要素とした。モデルの固定位置は両端の下フランジ下端である。解析で使用した物性値は表-1の通りである。載荷荷重は道路橋示方書に規定されているT荷重で、端支間中心とその位置から1.75m中央側に離れた位置に載荷した。載荷面の形状は床版支間方向が500mmで直交する橋軸方向が200mmである。解析コードはDIANA10.4を用いているが内部補強鉄筋のモデル化に当たっては、その剛性の影響を再現するために、埋込鉄筋要素ではなくビーム要素として配置した。床版の物性に関してはひび割れ劣化状態を模擬するものとして、全層でヤング係数が13.3kN/mm²の場合（以下、全層モデルと称す）と、鉄筋コンクリートとして算出した中立軸より上方が23.5kN/mm²で下方向を9.0kN/mm²に設定（以下、2層モデルと称す）することで全層13.3kN/mm²モデルでの100kN載荷時の変位が同じとなる2モデルで解析を実施した。本研究では荷重が作用した際の鉄筋近傍の主応力の状態を確認することが主目的となるため、RC床版内部の鉄筋はコンクリートと一体化させ、床版と鋼桁の接合面も同様とした弾性解析を行っている。

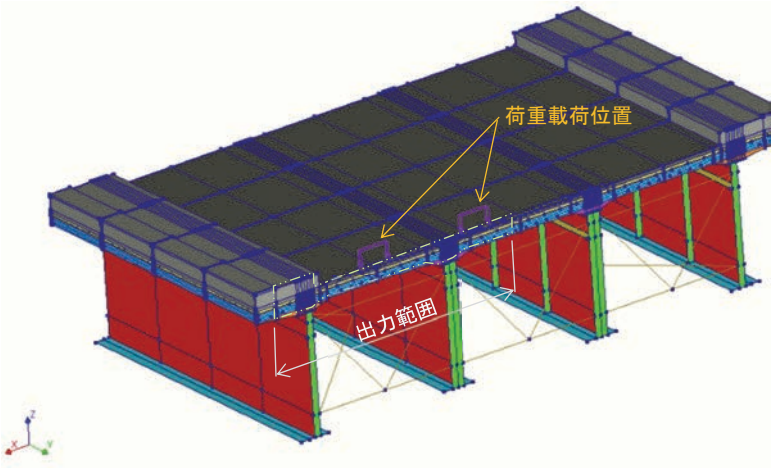


図-1 解析モデル図（DIANA10.4）

表-1 解析に使用した物性値

部材		ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
鋼桁, 床組, 鉄筋		200	0.3
アスファルト舗装		0.70	0.35
床版コンクリート	全層モデル	13.3	0.167
	2層：上	23.5	
	2層：下	9.0	

キーワード 道路橋床版, 水平ひび割れ, FEM 解析, 鉄筋剛性, 主応力

連絡先 〒330-6011 埼玉県さいたま市中央区新都心 11-2 大日本コンサルタント(株) TEL048-615-2224

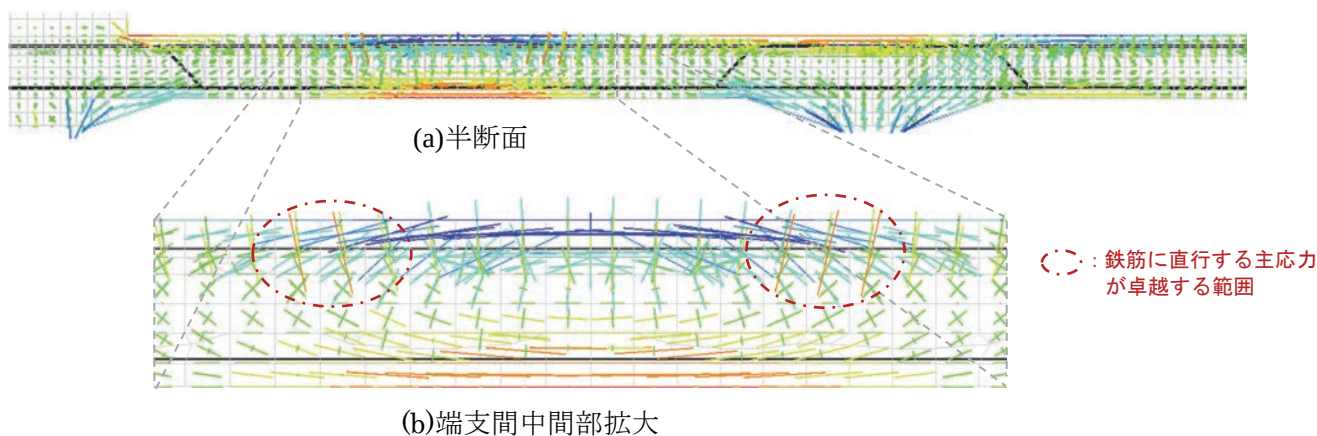
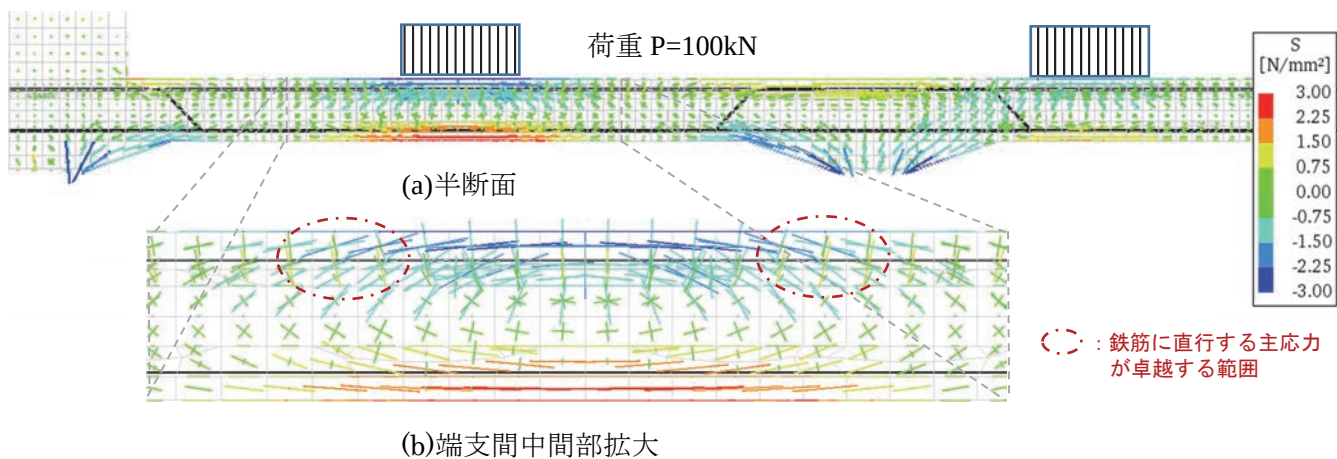


図-3 2層モデル (中立軸より上方 $E_c=23.5\text{kN/mm}^2$, 下方 $E_c=9.0\text{kN/mm}^2$)

3. 解析結果

解析結果の主応力ベクトル図を図-2, 3に示す. 図-2は全層モデルの結果で, 図-2(a)が半断面の出力で(b)が床版支間中央付近の荷重位置近傍の拡大である. 図-3は2層モデルの結果で(a), (b)の図は同じ断面で描画している. 図-2と図-3の主応力ベクトルの傾向は類似しており, 荷重作用範囲付近の上縁接触位置付近と下縁側では水平方向が卓越している. 荷重作用端直下の鉄筋位置では鉄筋配置方向に直交する主応力が出現しており, その最大値は全層モデルで 1.33N/mm^2 , 2層モデルが 1.85N/mm^2 であった. 一般にコンクリートの引張強度は圧縮強度に対して $1/10 \sim 1/13$ 程度であること, 出力値が要素平均であることを考慮すれば, 局所的な値はさらに大きくなることから, 最大応力発生位置付近が起点となる水平ひび割れ発生の可能性が伺える.

4. まとめ

本研究では, 劣化床版に発生している水平ひび割れの原因を究明するため, 鉄筋単体の剛性が影響している可能性を既往実験の結果を受けて解析的に再現できるかを検討した. 解析の結果, 荷重載荷端部の鉄筋位置のコンクリートには鉄筋と直交する方向の主応力が発生し, ひび割れ劣化状態を模擬した解析モデルでの最大値は $\sigma_{\max}=1.85\text{N/mm}^2$ であった. よって, 最大応力発生位置付近から水平ひび割れが発生する可能性があるものと考えられる. 今後は既往実験供試体をモデル化し, 載荷で得られたひずみ値を再現できるか検証したうえで局所的な応力集中の程度を把握する予定である.

本研究では北陸・道路メンテナンス会議に設置された「道路橋の維持管理における各構成部材の限界状態ならびにAI技術の活用に関する検討WG」にご協力いただいた. ここに謝意を表します.

参考文献

- 1) 横山ら: 道路橋鉄筋コンクリート床版の水平ひび割れ原因に関する基礎的検討, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, pp.CS8-03-CS8-04. 2020.