

帯鋼ジベルを用いた合成床版の破壊性状に関する解析的検討

(株)横河ブリッジ 正会員 ○結城 洋一 (社)日本橋梁建設協会 正会員 春日井 俊博
(社)日本橋梁建設協会 正会員 高田 和彦 (株)横河ブリッジ 正会員 水越 秀和

1. 目的

帯鋼ジベルを用いた合成床版（以下、パワースラブと称する）は、孔あき鋼板リブによって底鋼板と鉄筋コンクリートとを合成する鋼・コンクリート合成床版である。このパワースラブについて、床版の重要な要求性能である自動車荷重に対する疲労耐久性を明らかにするために、輪荷重走行試験を実施した結果の報告がある¹⁾。また、この報告において合成床版の破壊性状として、リブ頂部間で水平面に沿うひび割れが発生・進展することを確認している（図-1）。

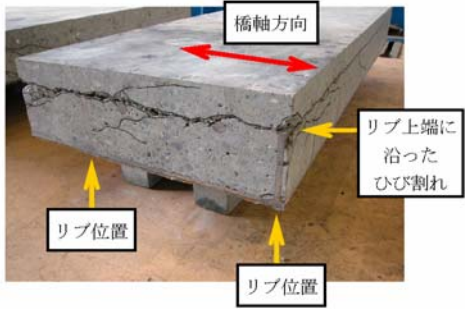
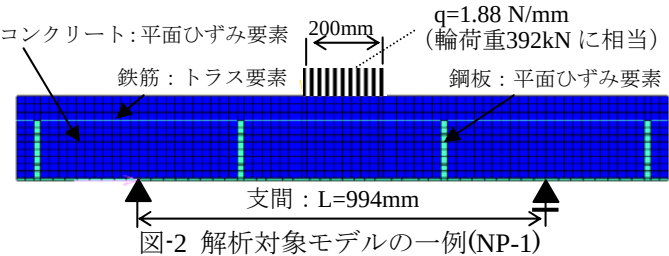


図-1 パワースラブのひび割れ性状

本論では、輪荷重によるパワースラブのコンクリート内部の応力性状の把握と、水平ひび割れの発生要因とを、弾塑性 FEM 解析により明らかにすることを目的とする。

2. 解析手法

図-2 に本論で用いた解析モデルの一例を示す。パワースラブの橋軸方向断面を 2 次元空間で単純梁としてモデル化し、輪荷重(実験時の最大載荷荷重は 392kN)に相当する幅(200mm)の分布荷重を与え、非線形 FEM 解析を実施した。載荷位置は、リブ直上、リブ端、リブ間中央の 3 ケースを設定し、本論ではリブ間中央に載荷した解析結果について報告する。ここで、このモデルの分布荷重と支間は参考文献 2)を参考として、次のような順序で決定している。①対象とする床版（3 次元）について、線形 FEM 解析を行い、着目位置（リブ位置）のせん断力と曲げモーメントを算出。②弾性梁理論をもとに、「①」で求めたせん断力から分布荷重を、曲げモーメントから支間を決定。



有限要素には、鉄筋に 2 次元トラス要素、鋼板・コンクリートに 4 節点平面ひずみ要素を適用した。底鋼板とコンクリートの間には接触を定義し、両者間の付着は切れていると仮定した。また、鉄筋とコンクリートとの境界は剛結としている。降伏条件には、鋼材・コンクリートともに Von-Mises の降伏条件を適用した。構成則には、鋼材は完全弾塑性、コンクリートの圧縮側は完全弾塑性、同じく引張側は引張軟化を定義した。なお、本論では FEM 解析に汎用構造解析ソフト Marc2005r3 を使用している。

3. 解析対象の供試体

本解析では、以下に示す 3 種類の供試体を対象とした。
①NP-1, NP-2：文献 1) の供試体(ずれ止め孔内鉄筋無)
②NP-0 ：文献 3) の供試体(ずれ止め孔内鉄筋有)
解析モデルを代表して NP-1 の構造概要を図-3 に示す。また各モデルの輪荷重走行試験結果を表-1 に示す。

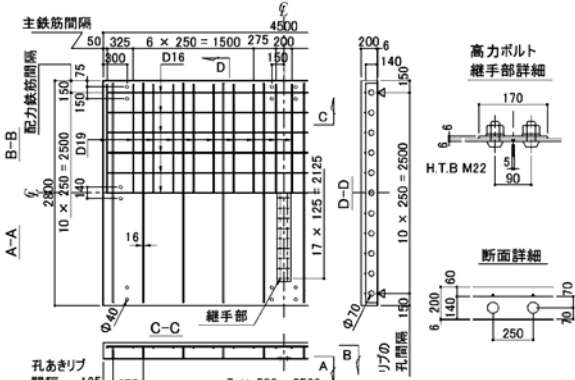


図-3 実験供試体の構造概要(NP-1)

表-1 各供試体の試験結果

供試体 名称	床版厚 (mm)	引張強度 (N/mm ²)	実験結果	水平ひび割れ の有無
NP-1	206	3.16	未破壊	有 (リブ近傍のみ)
NP-2	166	2.82	破壊	有 (リブ間で連続)
NP-0	206	2.61	未破壊	無

キーワード 合成床版, 破壊性状, 水平ひび割れ, 接触解析, 非線形解析

連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地 TEL:047-435-6161 FAX:047-435-6160

4. 解析結果

最初に, NP-1, NP-2 の最大主ひずみのコンター図を図-4に示す. ここで, コンターレンジ下限はコンクリート引張強度に相当するひずみを設定している(引張強度でひび割れ発生と仮定)ため, 濃い灰色以外の着色部はひび割れ発生領域を示す. この結果からリブ頂部周辺のひび割れが, NP-1 に比べ NP-2 の方が水平方向に, 一層進展していることが確認できる.

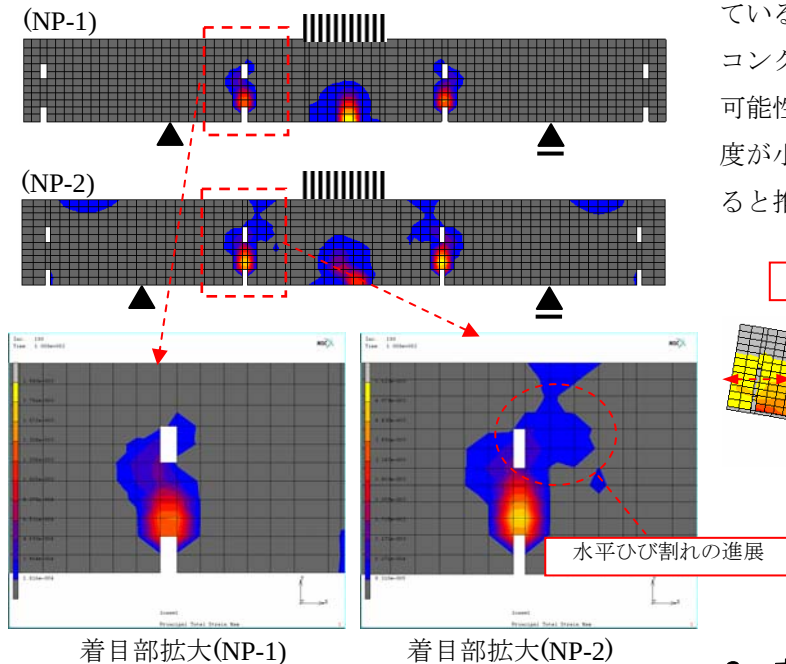


図-4 最大主ひずみのコンター

次に, 各モデルの着目部における相当輪荷重-最大主応力関係を図-5に示す. この結果から, リブ頂部周辺のひび割れが NP-2 では早期に発生することが確認できる.

以上より, 輪荷重走行試験結果と同様, 床版厚の最も薄い NP-2 において, 水平ひび割れの発生・進展が早いことが分かる.

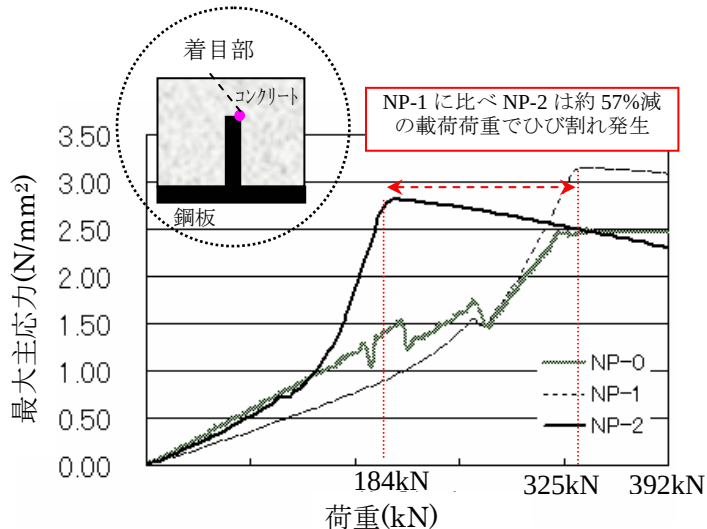


図-5 最大主応力 - 載荷荷重

5. 水平ひび割れの発生メカニズム

NP-2 の変形図(倍率 100 倍)を図-6に示す. なお, 灰色以外の着色箇所は最小主応力(圧縮)が支配的な部分である. この結果より, リブ頂部付近のコンクリートに水平ひび割れが発生する要因として, ①コンクリートと底鋼板との重ね梁の挙動により, リブがコンクリートの水平変位のずれ止めとして作用していること, ②梁の曲げ変形にともなうリブの回転変形をコンクリートが拘束していることが挙げられる. つまり, 鋼板リブ頂部周辺のコンクリートには, 水平方向に加わる力が集中している可能性があると考えられる. また, 床版厚の薄い NP-2 は剛度が小さく変形が大きい分, この傾向が顕著に表れていると推測する.

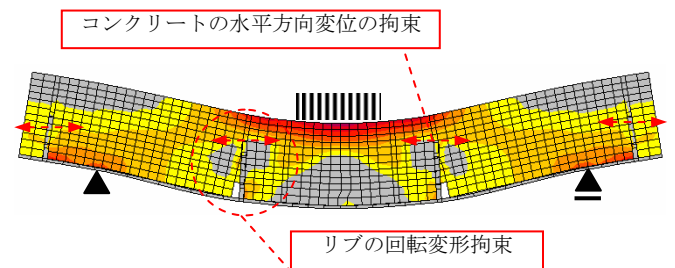


図-6 最小主応力のコンター
(NP-2, 変形倍率 100 倍)

6. まとめ と今後の課題

本解析より得た知見を以下に示す. ①どのモデルにおいても載荷荷重 184kN 以下の範囲ではコンクリートにひび割れは発生していない, ②床版を梁に置き換える簡易的な FEM 解析においても, おおよそのひび割れ性状を把握することができる, ③水平ひび割れの発生は, リブ頂部付近への応力の集中が要因の 1 つである.

今後の課題を以下に示す. ①床版厚以外の構造詳細がひび割れ発生に与える影響の検討, ②本解析の妥当性の実験的検討.

参考文献

- 1)春日井他: 帯鋼ジベルを用いた新しい合成床版の疲労耐久性と破壊性状, 土木学会第 60 回年次学術講演会, pp.349-350, 2005.9
- 2)杉原他: 鋼・コンクリート合成床版のコンクリート水平ひび割れ発生回数の推定, 土木学会第 60 回年次学術講演会, pp.363-364, 2005.9
- 3)国土交通省土木研究所: 道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法に関する共同研究報告書(その 4), 2001.1