

橋軸方向を支間としたRC床版の耐荷力性能に関する研究

日大生産工 (院) 板垣咲来 日大・名誉教授 阿部忠 日大生産工 水口和彦
日大生産工 野口博之 日大生産工 (院) 重松伸也

1. はじめに

RC床版には、道路橋示方書・同解説（以下、道示とする）¹⁾では床版支間が車両進行方向と直角な場合と車両に進行方向に並行な場合を規定している。前者は鋼げたなどの橋軸直角方向を支間とするRC床版（Right angle RC slab, 以下 R-RC床版とする）であり、最も多くの形式で採用され、耐荷力性能および耐疲労性について数多くの研究者により評価されている。たとえば、角田ら²⁾、松井ら³⁾、⁴⁾、阿部ら⁵⁾、⁶⁾においては輪荷重走行試験機を用いた実験での破壊状況から押抜きせん断力学モデルおよび破壊荷重付近の押抜きせん断耐力式が提案されている。一方、後者は橋軸方向を支間とするRC床版（Parallel RC slab, 以下、P-RC床版とする）やRC床版橋であり、水路や用水路など跨ぐ路線、橋台支承を支間とすることから設計支間が2～6m程度の小支間となるRC床版である。このP-RC床版については耐荷力性能および耐疲労性の検証が行われていないのが現状である。

そこで本研究はモデル化した橋軸方向を支間としたP-RC床版を製作して輪荷重走行実験を実施し、耐荷力性能を検証する。また、走行荷重が作用したP-RC床版の構造特性および破壊状況について検証する。

2. R-RC床版およびP-RC床版の概略

道示¹⁾に規定されている支間が車両進行方向と直角なR-RC床版および支間が車両進行方向と並行なP-RC床版の概略を図-1に示す。図-1(1)に示すR-RC床版の耐荷力性能の評価は既に多くの研究者により評価されている^{2)~6)}。次に、図-1(2)に示すP-RC床版は、主鉄筋方向が車両進行方向と平行に配筋されおり、水路

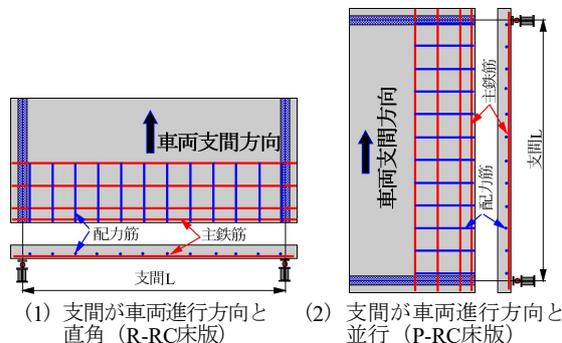


図-1 RC床版の概略

や用水路を跨ぐ設計支間が2～6m程度の小支間となるRC床版である。一般的に橋梁床版の多くはR-RC床版であることからP-RC床版の耐荷力性能の評価はあまり行われていないのが現状である。現在供用されている橋梁において小支間のRC床版も多く架けられており、老朽化による取替床版や新設床版としての需要も多くなると考えられることからP-RC床版の耐荷力性能の評価が必要となる。

3. 供試体の使用材料・寸法, 実験概要

3.1 P-RC床版の使用材料および供試体寸法

(1) P-RC床版の使用材料

P-RC床版の実験供試体のコンクリートには、普通ポルトランドセメントに最大粗骨材寸法20mmの砕石、最大細骨材寸法5mmの砕砂を使用し、配合条件を表-1に示す。なお、供試体記号をP-RCとする。供試体P-RC床版に用いるコンクリートの要求性能は、阿部ら⁶⁾の研究によると圧縮強度を高めることで耐荷力が向上する結果が得られている。よって、P-RC床版のコンクリートの要求性能として圧縮強度 30N/mm^2 を目標とした配合条件とする。主鉄筋にはSD295, D13を用いる。ここで、実験時

Study on Load-Carrying Capacity of RC Slab with Bridge Spans Parallel to the Direction of Vehicle Travel

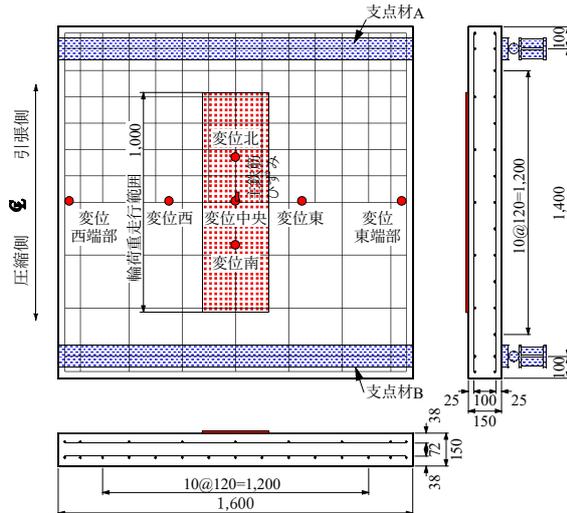
Saki ITAGAKI, Tadashi ABE, Kazuhiko MINAKUCHI, Hiroyuki NOGUCHI and Shinya SHIGEMATSU

表－1 コンクリートの配合条件

スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位重量 (kg/m ³)				Ad (C×%)
				C	W	S	G	
18±2.5	4.5±2.5	53.0	48.1	324	170	847	956	3.00

表－2 材料特性値

供試体	コンクリートの 圧縮強度 (N/mm ²)	鉄筋 (SD295 A)			
		使用鉄筋	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
P-RC-R P-RC-F	33	D13	355	498	200



図－2 供試体寸法および鉄筋配置

のコンクリート圧縮強度および鉄筋の材料特性値を表－2に示す。なお、実験時のRC床版のコンクリート圧縮強度は31N/mm²である。

(2) 供試体寸法および鉄筋配置

本実験に用いるP-RC床版の供試体寸法は全長1,600×1,600mm、支間1,400mm、床版厚さ150mmの等方性版である。この供試体をP-RCとし、寸法および鉄筋配置間隔を図－2に示す。

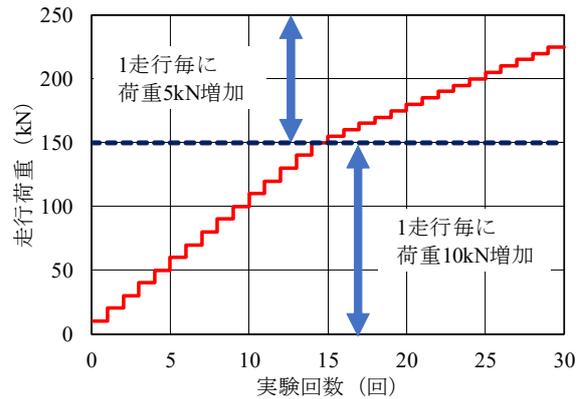
鉄筋の配置は図－2に示すように引張側の主鉄筋および配力鉄筋にはD13を125mm間隔で配置する。圧縮側は引張側鉄筋量の1/2とする。

3.2 輪荷重走行実験の概要および実験方法

P-RC床版供試体の輪荷重走行荷重実験（以下、走行荷重実験とする）による最大耐荷力の評価には、輪荷重走行試験機を用いる。ここで、実験状況を写真－1に示す。実験装置の荷重装置には車輪（幅300mm）を取り付け、最大荷重500kNまで載荷が可能である。試験体を台車に設置し、その台車をモータとクランクアームにより水平方向に走行させるものである。本実験装置は最大2,000mmまでの走行が可能で



写真－1 実験状況



図－3 走行荷重実験における荷重条件

ある。

走行荷重実験は幅300mmの輪荷重を支間中央に停止し、支点Aまで走行し、支点Aを折り返して支点Bまで走行し、元の中央までの1,000mmを走行させ、破壊に至るまで1走行ごとに荷重増加と走行を繰り返す実験である。また、支持条件は橋軸方向に2辺単純支持とした。走行荷重実験に用いる供試体をP-RC-Rとした。荷重載荷条件は、荷重150kNまでは1走行ごとに10kN、荷重150kN以降は1走行ごとに5.0kNずつ増加させる段階荷重載荷とした。ここで、荷重載荷条件を図－3に示す。本実験では、1走行1,000mmの範囲を走行させ、床版中央に車輪を停止して荷重、たわみ、ひずみを計測する。

4. 走行荷重実験の結果および考察

4.1 耐荷力

走行荷重実験における耐荷力の評価は支間中央から両支点方向に走行させ、元に中央まで走行した荷重を耐荷力とし、1走行した最大荷重を本供試体の押抜きせん断耐荷力とした。

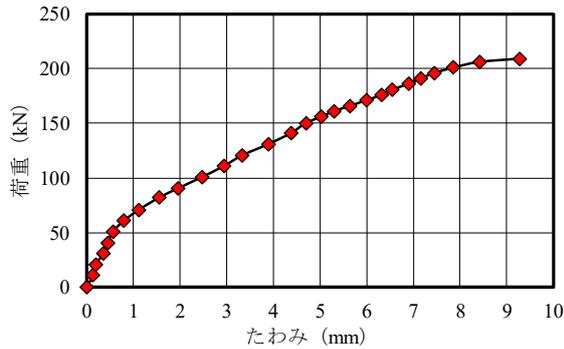


図-4 荷重と中央たわみの関係

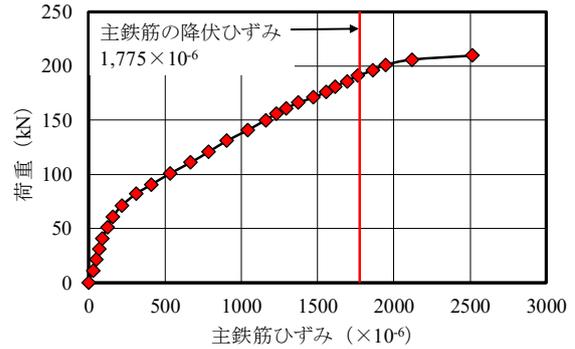
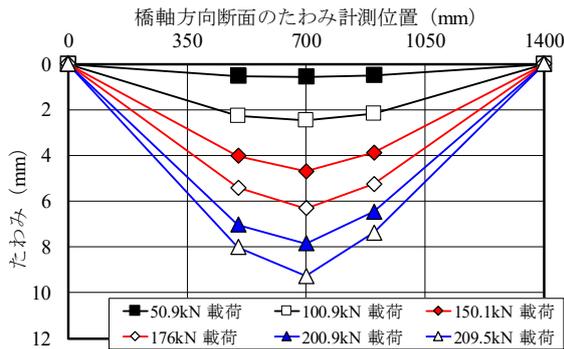
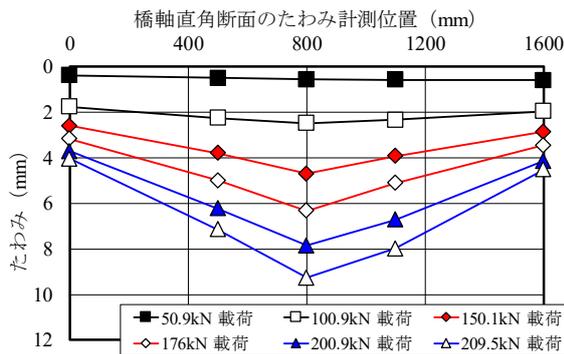


図-6 荷重と主鉄筋ひずみの関係



(1) 橋軸方向断面



(2) 橋軸直角方向断面

図-5 各断面の変形状態

走行荷重実験における供試体 P-RC-R は荷重 215kN 載荷し、走行中に支点 A から 300mm の位置で押抜きせん断破壊となった。よって、1 走行を保持した最大荷重の計測値が 209.5kN であることからこの最大荷重を押抜きせん断耐荷力 $P_{s,max}$ とする。

4.2 荷重とたわみの関係

荷重と中央たわみの関係は図-4、橋軸方向および橋軸直角方向断面の各計測点のたわみを図-5に示す。たわみの計測位置は図-2に併記したように橋軸方向断面は支点 A から 0, 500, 700, 900, 1,400mm の位置とし、橋軸直角方向断面は RC 床版右側端部から 0, 500, 800,

1,100, 1,600mm の位置を計測した。なお、橋軸方向の 0, 1,400mm の位置はそれぞれ支点 A および B となることからたわみは 0.00mm と仮定する。

荷重とたわみの関係は図-4に示すように荷重 60kN まではたわみ線形的に増加している。また、その後の荷重の増加に伴いたわみの増加が大きくなるものの荷重 200kN まで線形的な増加が確認され、荷重 209.5kN 載荷時にたわみが大幅に増加し、載荷荷重 215kN で走行中に押抜きせん断破壊に至った。なお、押抜きせん断破壊時の中央たわみは 9.28mm に達した。

次に、橋軸方向断面における各計測点のたわみは図-5(1)に示すように荷重 209.5kN 載荷時の支点 A から 500, 900mm の位置でそれぞれ 8.01mm, 7.38mm、支間中央で 9.28mm である。橋軸直角方向断面の RC 床版右側端部から各計測点のたわみは図-5(2)に示すように荷重 209.5kN 載荷時の右側端部から 0, 500, 800, 1,100, 1,600mm の位置でそれぞれ 4.05mm, 7.15mm, 9.28mm, 7.98mm, 4.51mm である。本供試体では橋軸方向が支間となることから両端部では RC 床版の剛性のみで荷重を支持するため変形が生じやすく、配力筋設置位置の端部までひび割れが伸展することから荷重増加による残留値も大きくなり、最大たわみの 50%程度の変形が生じた。

4.3 荷重と支間中央のひずみの関係

荷重と支間中央の主鉄筋ひずみの関係を図-6に示す。なお、主鉄筋の降伏ひずみは、表-2に示す降伏強度より $1,755 \times 10^{-6}$ であり、図-6に併記した。

支間中央の主鉄筋ひずみの増加は荷重 60kN までは線形的に増加し、その後の荷重増加では

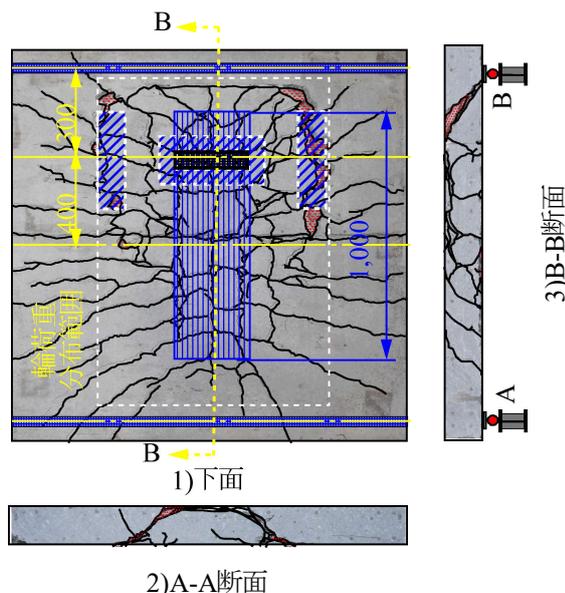


図-7 供試体 P-RC の破壊状況

荷重 190kN 付近まで線形的に増加している。主鉄筋が降伏ひずみ $1,755 \times 10^{-6}$ に至った荷重は 191kN である。最大荷重 209.5kN のひずみは $2,513 \times 10^{-6}$ であり、鉄筋が降伏に至った荷重 191kN は押し抜きせん断耐力の 91%であった。

4.4 破壊時のひび割れ状況

供試体 P-RC-R の破壊時のひび割れ発生状況を図-7に示す。供試体 P-RC の下面は図-7(1)に示すように輪荷重が走行位置から 45 度で分布範囲には、橋軸方向（主鉄筋）および橋軸直角方向（配力筋）の鉄筋配置間隔で 2 方向のひび割れが発生している。破壊は支点 B から 300mm の位置と支点からのせん断スパン比 $a/d = 2.5$ (d : 有効高, a : 荷重位置) 内の位置で押し抜きせん断破壊となった。次に、切断面 A-A および B-B は図-7(2), (3)に示すように押し抜きせん断破壊に伴い輪荷重の設置位置から 45 度のひび割れが確認された。また、切断面 B-B においては圧縮側鉄筋に沿った水平ひび割れの発生が確認された。

5. まとめ

(1) 床版支間が車両進行方向に並行な RC 床版を用いて走行荷重実験より得られた押し抜きせん断耐力の評価を行った結果、走行荷重実験から得られた最大走行荷重は 209.5kN であり、輪荷重走行中に押し抜きせん断破壊に至った。

- (2) 荷重とたわみの関係は、荷重 60kN まではたわみが線形的に増加している。その後も荷重の増加に伴いたわみが大きくなるものの荷重 200kN まで線形的な増加が確認され、荷重 209.5kN 載荷時にたわみが大幅に増加、載荷荷重 215kN で走行中に押し抜きせん断破壊に至り、その際の中央のたわみは 9.28mm に達した。
- (3) 荷重と支間中央のひずみの関係は、たわみと同様に荷重 60kN までは線形的に増加し、その後の荷重増加では 190kN 付近まで線形的に増加している。主鉄筋が降伏ひずみ $1,755 \times 10^{-6}$ に至った荷重は 191kN であり、最大荷重 209.5kN のひずみは $2,513 \times 10^{-6}$ で降伏に至った荷重 191kN は押し抜きせん断耐力の 91%であった。
- (4) 破壊状況より、走行荷重実験を行った供試体に床版下面の 2 方向ひび割れが確認され、走行範囲の折り返し付近であるせん断スパン比 $a/d = 2.5$ (d : 有効高, a : 荷重位置) 内の位置で押し抜きせん断破壊に至った。また、切断面においては輪荷重設置位置から 45 度のひび割れが発生し、橋軸方向断面では水平ひび割れの発生も確認された。

参考文献

- 1) (公社)日本道路橋協会：道路橋示方書・同解説 I, II, III, 1994.
- 2) 角田与史雄, 伊藤昭夫, 藤田嘉夫：鉄筋コンクリートスラブの押し抜きせん断耐力に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 229号, pp.105-115, 1974.
- 3) 前田幸雄, 松井繁之：鉄筋コンクリート床版の押し抜きせん断耐力の評価式, 土木学会論文集, No.348, V-1, pp.133-141, 1984.
- 4) 松井繁之：道路橋床版設計・施工と維持管理, 森北出版, 2007.
- 5) 阿部忠, 木田哲量, 高野真希子, 川井豊：道路橋 RC 床版の押し抜きせん断耐力および耐疲労性の評価, 土木学会論文集 A1, pp.39-54, 2011.
- 6) 阿部忠, 川井豊：輪荷重走行疲労実験における RC 床版の押し抜きせん断耐力および S-N 曲線式との整合性の評価, コンクリート工学論文集, 第 30 巻, pp.1-10, 2019.