

論文 橋軸方向を支間とする RC 床版橋の押抜きせん断耐荷力の評価および押抜きせん断力学モデルの提案

野口 博之^{*1}・阿部 忠^{*2}・重松 伸也^{*3}・鈴木 健^{*4}

要旨：本研究は、床版支間が車両進行方向に平行な 3 タイプの RC 床版（P-RC 床版）を用いて輪荷重走行実験を行った。輪荷重走行実験による押抜きせん断耐荷力はそれぞれ 209.5kN, 225.5kN, 292.3kN であり、破壊状況は押抜きせん断破壊となった。輪荷重走行実験による押抜きせん断耐荷力および破壊状況を基に、RC 床版の押抜きせん断力学モデルおよび押抜きせん断耐荷力式を提案した。提案式による押抜きせん断耐荷力はそれぞれ 195.8kN, 211.9kN, 280.4kN となり、実験値のそれぞれ 93%, 94%, 96%と近似する結果が得られた。よって、提案する押抜きせん断耐荷力の推定に大きく寄与する。

キーワード：P-RC 床版、輪荷重走行実験、押抜きせん断耐荷力、押抜きせん断力学モデル

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平行な場合が規定されている。前者は鋼げたなどで支持され、橋軸直角方向を支間とする RC 床版、後者は橋台支承間の橋軸方向を支間とする床版であり、用水路や水路などを跨ぐ小支間で敷設されている。本研究では RC 床版を対象とすることから床版支間が車両進行方向と直角な RC 床版（Right angle RC slab, 以下 R-RC 床版とする）、床版支間が車両進行方向と平行な RC 床版（Parallel RC slab, 以下 P-RC 床版とする）とする。とくに、RC 床版に関する研究として、R-RC 床版は鋼げたやコンクリート桁間を支間とする床版であり、押抜きせん断耐荷力および耐疲労性は多くの研究者により評価されている。例えば、松井ら²⁻³⁾は R-RC 床版を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、破壊状況から押抜きせん断力学モデルおよび耐力式を提案している。さらに、阿部ら^{4,6)}はモデル化した R-RC 床版供試体を用いて輪荷重走行実験を行い、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荷力式を提案している。しかし、押抜きせん断力学モデルと押抜きせん断耐荷力・押抜きせん断耐荷力式の提案においては床組などによって 4 辺支持された R-RC 床版であり、橋台支承間などで 2 辺支持される P-RC 床版を対象とした押抜きせん断耐荷力および耐疲労性に関する研究例が少なくないのが現状である⁷⁾。

そこで本研究では、モデル化した寸法およびコンクリートの圧縮強度、鉄筋量の異なる 3 タイプの P-RC 床版供試体を用いて、1 走行ごとに荷重を段階的増加する輪

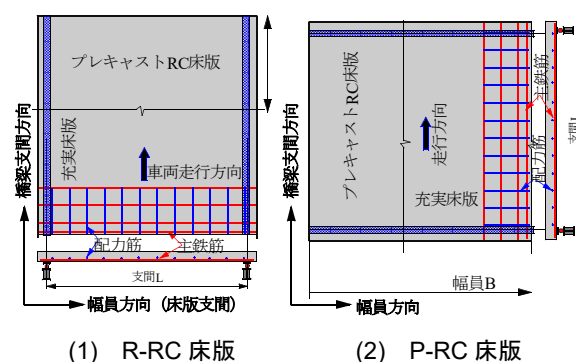


図-1 RC床版の概略

荷重走行実験（以下、走行荷重実験）を行い、最大耐荷力および破壊状況・構造特性より、P-RC 床版の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荷力式を提案し、P-RC 床版の押抜きせん断耐荷力推定の一助とする。

2. 供試体の使用材料・寸法

2.1 RC 床版の概略

道示¹⁾に規定されている RC 床版を図-1 に示す。支間が車両の進行方向に直角な R-RC 床版（図-1(1)）および支間が車両進行方向に平行な P-RC 床版（図-1(2)）の概略図である。

本研究においては図-1(2)に示す用水路や水路を跨ぐ設計支間が 2.0m ～ 6.0m 程度の小支間となる P-RC 床版を対象とする。なお、この RC 床版は実橋では橋台支承間を支間とし、橋軸直角方向を幅員とした P-RC 床版橋である。

*1 日本大学 生産工学部土木工学科助教 博士(工学) (正会員)

*2 日本大学 名誉教授 博士(工学) (正会員)

*3 横山産業(株) インフラ技術センター長 (正会員)

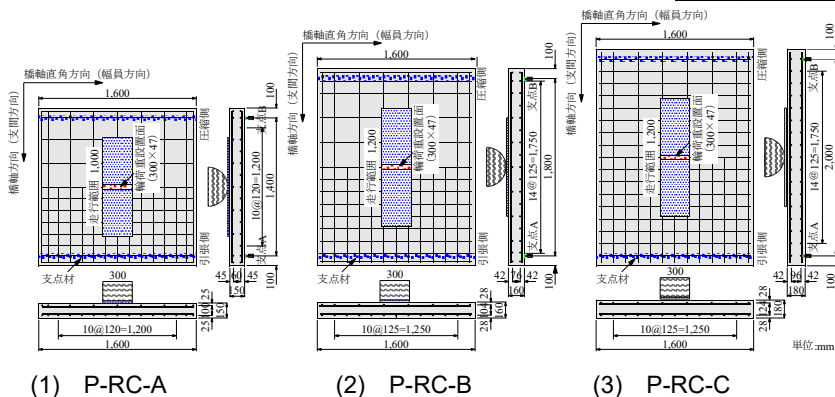
*4 日本大学 大学院生産工学研究科土木工学専攻博士後期課程

表－１ コンクリートの配合条件

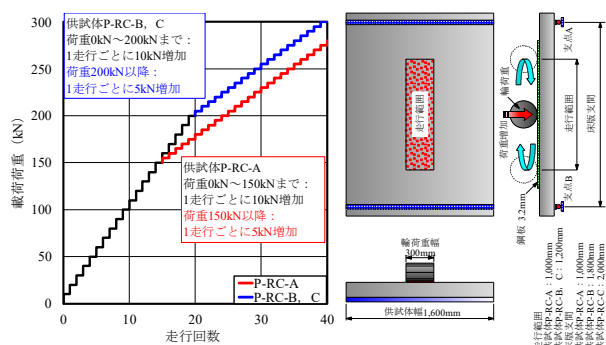
供試体	スランプ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位重量(kg/m ³)				Ad (C×%)
				C	W	S	G	
P-RC-A	18.0±2.5	53.0	48.1	324	170	847	956	3.00
P-RC-B	18.0±2.5	51.0	46.2	365	186	780	948	3.65
P-RC-C	21.0±2.5	38.0	46.8	461	175	790	932	4.61

表－２ RC 床版の材料特性値

供試体	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	鉄 筋				
		鉄筋の種類	鉄筋径	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
P-RC-A	33.0	主鉄筋	SD295	D13	355	498
		配力筋				200
P-RC-B	32.7	主鉄筋	SD345	D16	383	531
		配力筋		D13	365	510
P-RC-C	56.4	主鉄筋	SD345	D16	383	531
		配力筋		D13	365	510



図－２ 供試体寸法および鉄筋配置



図－３ 走行荷重実験の概略図

2.2 P-RC 床版の使用材料

本実験に用いる P-RC 床版には、配合条件および使用鉄筋が異なる 3 タイプの供試体を製作し、走行荷重実験を実施した。配合条件に用いる材料には全ての供試体で普通ポルトランドセメント、最大骨材寸法 20mm の粗骨材、最大骨材寸法 5mm の細骨材を用いた。また、各供試体に用いる鉄筋として供試体 P-RC-A には主鉄筋および配力筋に SD295 D13、供試体 P-RC-B および C には主鉄筋に SD345 D16、配力筋に SD345 D13 を用いた。ここで、コンクリートの配合条件を表－１、RC 床版の材料特性値を表－２に示す。

2.3 供試体寸法および鉄筋配置

本研究の対象とする P-RC 床版は橋台上の支承線を支点とし、幅員方向に並列して敷設し、床版支間が短い RC 床版橋を対象とする。ここで、本実験に用いる P-RC 床版供試体の寸法を図－２、設計諸元を表－３に示す。図－２および表－３に示すように全ての供試体で支間、床版厚、鉄筋配置が異なる条件とする。なお、供試体の

表－３ P-RC 床版の設計諸元

供試体	P-RC-A	P-RC-B	P-RC-C
床版厚 (mm)	150	160	180
床版支間 (mm)	1,400	1,800	2,000
鉄筋間隔 (主鉄筋)	引張側 (mm) 120 圧縮側 (mm) 240	引張側 (mm) 125 圧縮側 (mm) 250	引張側 (mm) 125 圧縮側 (mm) 250
鉄筋量 (主鉄筋)	引張側 (mm ²) 1,056 圧縮側 (mm ²) 528	引張側 (mm ²) 1,589 圧縮側 (mm ²) 794	引張側 (mm ²) 1,589 圧縮側 (mm ²) 794
鉄筋間隔 (配力筋)	引張側 (mm) 120 圧縮側 (mm) 240	引張側 (mm) 125 圧縮側 (mm) 250	引張側 (mm) 125 圧縮側 (mm) 125
鉄筋量 (配力筋)	引張側 (mm ²) 1,056 圧縮側 (mm ²) 528	引張側 (mm ²) 1,016 圧縮側 (mm ²) 508	引張側 (mm ²) 1,016 圧縮側 (mm ²) 1,016

幅は輪荷重走行試験装置の輪荷重幅 300mm の設置面から 45 度の分布範囲が押抜きせん断破壊を呈した場合を想定し、幅 1,600mm と設定する。

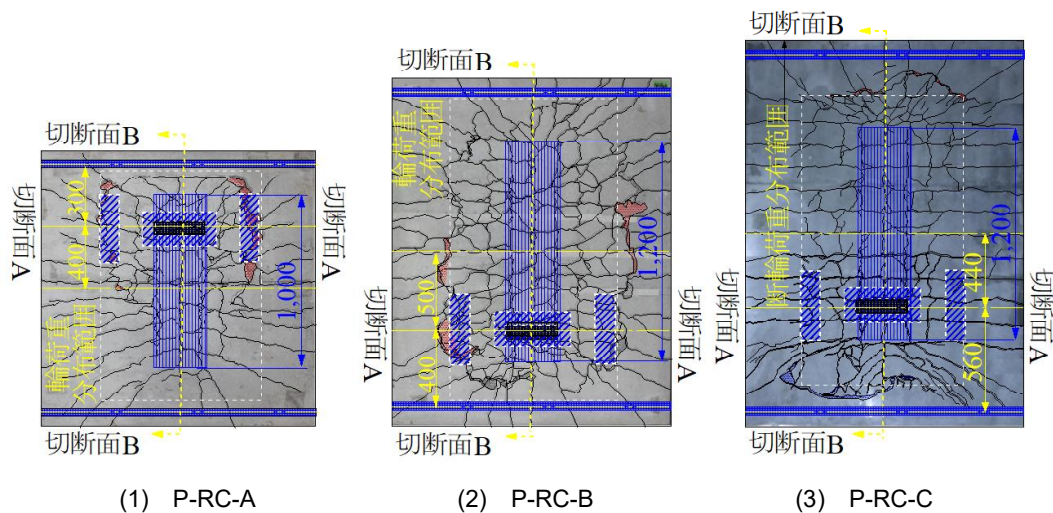
供試体 P-RC-A は道示に規定されている最小床版厚 250mm の 60% でモデル化し、全長 1,600mm、支間 1,400mm、床版厚 150mm とした。鉄筋配置は、主鉄筋および配力筋ともに引張側に D13 を 120mm 間隔、圧縮側は引張側の 1/2 とした。

次に、供試体 P-RC-B は道示に規定されている最小床版厚 250mm の 64% でモデル化し、全長 2,000mm、支間 1,800mm、床版厚 160mm とした。鉄筋配置は、主鉄筋の引張側に D16 を 125mm 間隔、圧縮側は引張側の 1/2 とした。また、配力筋には引張側に D13 を 125mm 間隔、圧縮側をその 1/2 とした。

供試体 P-RC-C は道示に規定されている最小床版厚 250mm の 72% でモデル化し、全長 2,200mm、支間 2,000mm、床版厚 160mm とした。鉄筋配置は、主鉄筋の引張側に D16 を 125mm 間隔、圧縮側は引張側の 1/2 とした。また、配力筋には引張側および圧縮側ともに D13 を 125mm 間隔で配置した。

3. 走行荷重実験⁴⁻⁶⁾

走行荷重実験は図－３に示すようにコンクリート表面に幅 300mm、厚さ 3.2mm の鋼板を設け、その上面を幅 300mm、設置面積 300×47 (= 40 + 2×3.2 ÷ 47) mm の輪荷重を走行させる。荷重載荷方法は、輪荷重を支間中央に停止し、支点 A から支点 B を折り返し、支点 B から元の中央までを走行させる実験である。なお、走行荷重実験は、適切に押抜きせん断耐荷力の検証が可能と



図－4 走行荷重実験による破壊状況

なる実験であると同時に破壊位置の検証も可能である。

供試体 P-RC-A は床版支間 1,400mm であり、走行範囲は図－2(1)に示すように 1,000mm を走行させる。荷重条件は 1 走行ごとに荷重 150kN までは 10kN ずつ増加させ、それ以降は 1 走行ごとに 5.0kN ずつ増加する段階荷重載荷とし、破壊に至るまで荷重増加と走行を繰り返す。供試体 P-RC-B, C は支間長がそれぞれ 1,800mm, 2,000mm であり、走行範囲は 1,200mm とする。荷重条件は 1 走行ごとに荷重 200kN までは 10kN ずつ増加させ、それ以降は 1 走行ごとに 5.0kN ずつ増加する段階荷重載荷とし、破壊に至るまで荷重増加と走行を繰り返す。走行荷重実験による押抜きせん断耐荷力の評価は、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 走行を保持した最大荷重を走行荷重実験による押抜きせん断耐荷力 P_{max} とする。

4. 走行荷重実験の結果および考察

4.1 走行荷重実験による押抜きせん断耐荷力・破壊状況

(1) 供試体 P-RC-A

供試体 P-RC-A の走行荷重実験のよる押抜きせん断耐荷力は 209.5kN である。床版下面の破壊状況は図－4(1)に示すように輪荷重が走行位置から 45 度で分布範囲(白破線)には、橋軸方向(主鉄筋)および橋軸直角方向(配力筋)の 2 方向のひび割れがほぼ鉄筋配置間隔で発生している。破壊は支点 B から 300mm の位置で押抜きせん断破壊となった。

(2) 供試体 P-RC-B

供試体 P-RC-B の走行荷重実験のよる押抜きせん断耐荷力は 225.5kN である。床版下面の破壊状況は図－4(2)に示すように輪荷重が走行位置から 45 度で分布範囲(白破線)には、橋軸方向および橋軸直角方向で 2 方向のひび割れがほぼ鉄筋配置間隔で発生している。破壊は支点

A から 400mm の位置で押抜きせん断破壊となった。

(3) 供試体 P-RC-C

供試体 P-RC-C の走行荷重実験のよる押抜きせん断耐荷力は 292.5kN である。床版下面の破壊状況は図－4(3)に示すように、供試体 P-RC-A, B と同様なひび割れ状況である。破壊は支点 A から 560mm の位置で押抜きせん断破壊となった。

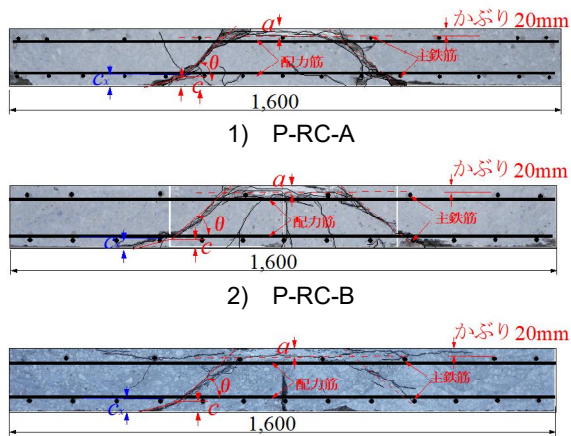
以上より、配合条件および使用鉄筋などの諸元が異なる P-RC 床版供試体を用いて走行荷重実験を行い、すべての供試体で破壊位置は異なるものの押抜きせん断耐荷力および破壊状況を基に P-RC 床版の押抜きせん断耐荷力モデルおよび押抜きせん断耐荷力式を提案する。

4.2 P-RC 床版の切断面の破壊状況

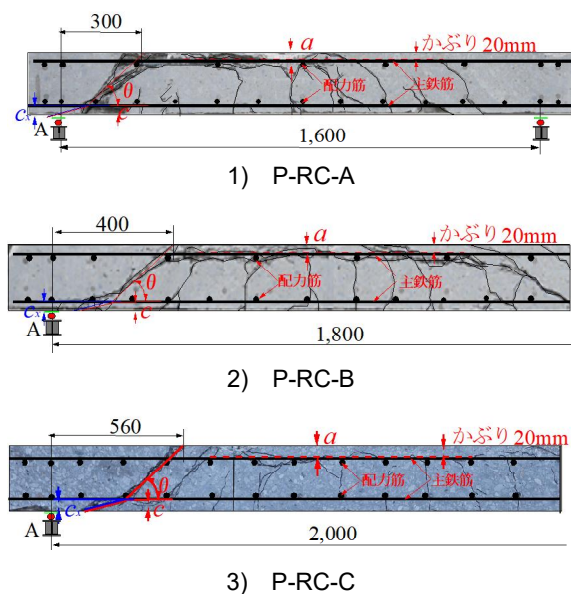
走行荷重実験による P-RC 床版供試体の破壊断面を図－5 に示す。また、阿部らが提案する力学モデルを図－6 に示す。

(1) 橋軸直角方向の切断面

実験に用いた供試体 P-RC-A, B, C の橋軸直角方向の断面は図－5(1)に示すように供試体 P-RC-A, B, C ともに輪荷重設置面端部から主鉄筋の有効高さ d_d の位置まで 45 度の斜めひび割れが発生している。これは R-RC 床版と同様である。一方、図－6 に示すように文献 4-6)に報告されている R-RC 床版のダウエル効果の影響を受ける範囲における C_d は主鉄筋方向の芯かぶり C_x ($= c_x + D_x/2$, c_x : 主鉄筋かぶり, D_x : 主鉄筋の直径)と配力筋方向の芯かぶり C_y ($= c_y + D_x + D_y/2$, c_y : 配力筋かぶり, D_y : 配力筋の直径)の平均(mm) ($= (C_x + C_y)/2$) である。しかし、ダウエル効果の影響を受ける範囲は図－5 に示す破壊状況より、P-RC 床版の各供試体ともに引張側主鉄筋の芯かぶり $C = C_a + D/2$ (C_a : かぶり 20mm, D : 鉄筋の直径)付近で押し抜かれている。よ



(1) 橋軸直角方向



(2) 橋軸方向

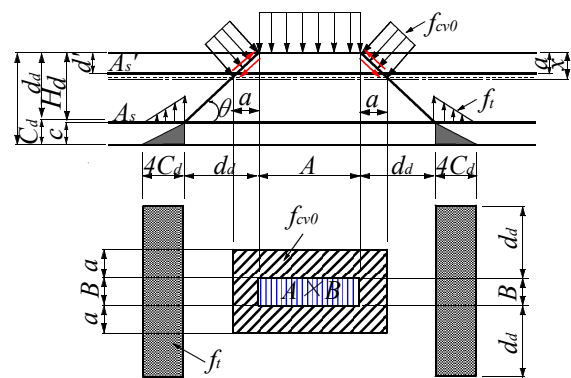
図－5 破壊状況による力学モデル

って、P-RC 床版と R-RC 床版の違いはダウエル効果の影響を受ける範囲であり、解析においてはこの影響を考慮して耐荷力式を提案する必要がある。

(2) 橋軸方向の切断面

供試体 P-RC-A, B, C の橋軸方向の切断面を図－5(2)に示す。供試体 P-RC-A の破壊位置は支点 B から 300mm の位置であり、せん断スパン比 $L/d = 2.5$ (d : 有効高, L : 荷重位置) から算出した荷重位置は 312mm とせん断スパン比内での破壊に至った。破壊傾斜角はほぼ輪荷重設置面から 45 度の斜めひび割れが発生している。また、曲げ領域では圧縮側鉄筋のかぶり付近に水平方向のひび割れが発生していることが確認された。

次に、供試体 P-RC-B の破壊位置は支点 A から 400mm の位置、せん断スパン比は $L/d = 2.5$ から算出した荷重位置は 330mm であり、せん断スパン比付近で破壊に至った。供試体 P-RC-C の破壊位置は支点 A から 560mm



図－6 阿部らが提案する力学モデル⁴⁻⁶⁾

とせん断スパン比 $L/d = 2.5$ から算出した荷重位置は 380mm を超えた位置で破壊に至った。両供試体ともに供試体 P-RC-A と同様に破壊傾斜角は輪荷重設置面から 45 度付近の斜めひび割れの発生、曲げ領域では圧縮側鉄筋のかぶり付近に水平方向のひび割れが発生した。

以上より、破壊面の傾斜角度は 45 度付近で破壊しており、解析においては破壊面を考慮してモデル化を検討する。

5. 押抜きせん断力学モデルおよび耐荷力式

5.1 阿部らが提案する R-RC 床版の押抜きせん断力学モデルおよび耐荷力式⁴⁻⁶⁾

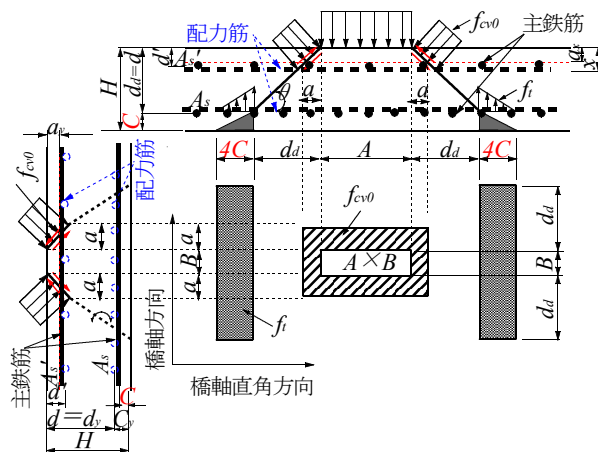
阿部ら⁴⁻⁶⁾は 1994 年改定以降の道示に準拠して設計した RC 床版をモデル化した R-RC 床版供試体を用いて走行荷重実験を行ない、走行荷重が及ぼす押抜きせん断力学モデルおよびせん断耐荷力式として破壊荷重付近の押抜きせん断耐荷力 ($P_{s,max}$) を想定した力学モデルおよび押抜きせん断力学耐荷力式を提案している。ここで、阿部らが提案した破壊荷重付近の押抜きせん断力学モデルを図－6 に示し、押抜きせん断耐荷力式として式(1)が与えられている。

$$P_{s,max} = f_{cv0} \{ 2(B+2a)a + 2(A \times a) \} + f_i \{ 4(2da+B)Cd \} \quad (1)$$

ただし、 $f_{cv0} = 0.688f_c^{0.610} \leq f'_c = 80\text{N/mm}^2$

$$f_i = 0.269f_c^{2/3}$$

ここに、 A, B : 輪荷重の橋軸直角方向、橋軸方向の辺長 (= $300 \times 47\text{mm}$)、 a : 主鉄筋方向 ax および配力筋方向 ay の等価応力ブロックの平均値 (mm) (= $(ax+ay)/2$)、 Cd : ダウエル効果の影響を受ける範囲 (mm)、すなわち主鉄筋の芯かぶり Cx (= $c_x+D_x/2$)、 c_x : 主鉄筋かぶり、 D_x : 主鉄筋の直径と配力筋方向の芯かぶり Cy (= $c_y+D_y/2$)、 c_y : 配力筋かぶり、 D_y : 配力筋の直径) の平均 (mm) (= $(C_x+C_y)/2$)、 da : 主鉄筋の有効高さ (d_x) と配力筋方向の有効高さ (d_y) の平均 (mm) ($da = H-Cd$)、 H : 床版全厚 (mm)、 f_{cv0} : コンクリートの



図－7 提案する押抜きせん断力学モデル

せん断強度 (N/mm^2)⁴⁻⁶, f_t : コンクリートの引張強度 (N/mm^2)⁸, f_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2) である。

式(1)における等価応力ブロック a^9 は主鉄筋方向および配力筋方向の等価応力ブロック a_x および a_y を式(2)より算出し、その平均値として与える。

$$a/d = m/2[p \cdot p'(\varepsilon'_{cu} \cdot E_s / f_y) + \sqrt{\{p \cdot p'(\varepsilon'_{cu} \cdot E_s / f_y)\}^2 + p' \cdot 4\beta / m \cdot d' / d \cdot \varepsilon'_{cu} \cdot E_s / f_y}] \quad (2)$$

ただし、 $m = f_y / 0.85 f_c$, $p = A_s / (b \cdot d)$, $p' = A'_s / (b \cdot d)$, $\beta = 0.8$

ここに、 f_y : 鉄筋の引張強度(表－2), A_s : 主鉄筋および配力筋の引張側の鉄筋量 (mm^2), A'_s : 主鉄筋および配力筋の圧縮側の鉄筋量 (mm^2), d : 有効高さ (mm), d' : 圧縮鉄筋図心から表面までの距離 (mm), b : 部材幅 (mm), E_s : 鉄筋のヤング係数, ε'_{cu} : コンクリートの終局ひずみ (= 0.0035), f_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2) である。

5.2 P-RC 床版の押抜きせん断力学モデル・提案式

P-RC 床版の押抜きせん断力学モデルおよびその提案式は図－5 に示す切断面の破壊状況から押抜きせん断力学モデルを提案する。

基本的な押抜きせん断力学モデルは図－6 に示す阿部らが提案する力学モデルを基本とする。押抜きせん断耐荷力式(1)に示す主鉄筋および配力筋方向の等価応力ブロック a ($= (a_x + a_y) / 2$) の範囲には、コンクリートのせん断強度 f_{cv0} による押抜きせん断耐荷力、主鉄筋芯かぶりの C の範囲には、コンクリートの引張強度 f_t による押抜きせん断耐荷力を考慮し、その合計は式(1)となる。ここで、P-RC 床版の橋軸直角方向および橋軸方向の切断面から得られた本提案する力学モデルを図－7 および提案式を式(3)として与える。R-RC 床版と図－7 に示す力学モデルとの違いは、ダウエル効果の影響を受ける範囲 C_d は主鉄筋の芯かぶりと配力筋の芯かぶり

表－4 押抜きせん断耐荷力および耐荷力比

供試体		P-RC-A		P-RC-B		P-RC-C	
押抜きせん断耐荷力式		式(1)	提案式(3)	式(1)	提案式(3)	式(1)	提案式(3)
床版厚: (mm)		150	150	160	160	180	180
コンクリート圧縮強度: σ_c (N/mm^2)		33.0	33.0	32.7	32.7	56.4	56.4
主鉄筋	引張側鉄筋: A_s (mm^2)	1,056	1,056	1,589	1,589	1,589	1,589
	圧縮側鉄筋: A'_s (mm^2)	528	528	794	794	794	794
	降伏強度: f_{yd} (N/mm^2)	355	355	383	383	383	383
	引張強度: f_y (N/mm^2)	498	498	531	531	531	531
配力鉄筋	引張側鉄筋: A_s (mm^2)	1,056	1,056	1,016	1,016	1,016	1,016
	圧縮側鉄筋: A'_s (mm^2)	528	528	508	508	1,016	1,016
	降伏強度: f_{yd} (N/mm^2)	355	355	365	365	365	365
	引張強度: f_y (N/mm^2)	498	498	510	510	510	510
有効高	主鉄筋: d_n (mm)	123.5	123.5	132.0	132.0	152.0	152.0
	配力鉄筋: d_s (mm)	39.5	39.5	42.5	42.5	42.5	42.5
かぶり厚	主鉄筋: c_m (mm)	33.0	26.5	35.3	28.0	35.3	28.0
	配力鉄筋: c_d (mm)	39.5	39.5	42.5	42.5	42.5	42.5
応力等価ブロック	主鉄筋: a_y (mm)	22.8	22.8	26.9	26.7	19.4	19.4
	配力鉄筋: a_x (mm)	24.8	24.8	24.0	22.7	20.5	20.1
等価応力ブロック: a (mm)		23.8	23.8	25.4	24.7	20.0	19.7
かぶり: C, C_m (mm)		33.0	26.5	35.3	28.0	35.3	28.0
せん断強度による押抜きせん断耐荷力 (kN)		109.6	109.6	116.0	112.3	124.9	124.9
引張強度による押抜きせん断耐荷力 (kN)		102.7	86.2	119.6	99.6	187.7	155.5
押抜きせん断耐荷力 (kN)		212.3	195.8	235.6	211.9	312.6	280.4
実験耐荷力 (kN)		209.5		225.5		292.3	
耐荷力比		1.01	0.93	1.04	0.94	1.07	0.96

の平均値 ($= (C_x + C_y) / 2$) としたが、P-RC 床版は図－5 の破壊状況による力学モデルに示すように曲げの影響を受け、引張側主鉄筋付近からひび割れが伸展していることから C : 引張側主鉄筋の芯かぶりとして与える。よって、P-RC 床版の押抜きせん断耐荷力を式(3)として与えられる。

$$P_{s,max} = f_{cv0} \{2(B + 2a)a + 2(A \times a)\} + f_t \{4(2d_n + B)C\} \quad (3)$$

ただし、 $a = (a_x + a_y) / 2$)

$$C = C_a + D/2 \text{ または } C = H - d_d$$

ここで、 a : 主鉄筋および配力筋の等価応力ブロックの平均値 (mm), C : 引張側主鉄筋の芯かぶり (C_a : 主鉄筋かぶり, D : 主鉄筋の直径) (mm), H : 床版厚 (mm), d_d : 主鉄筋の有効高 (mm), 他の記号は式(1)と同様である。

5.3 押抜きせん断耐荷力および耐荷力比

阿部らが提案する床版支間が車両進行方向と直角な場合の RC 床版および本提案する P-RC 床版の押抜きせん断耐荷力を表－4 に示す。

(1) R-RC 床版の押抜きせん断耐荷力

供試体 P-RC-A の押抜きせん断耐荷力式(1)より算出したせん断強度による押抜きせん断耐荷力は 109.6kN である。また、ダウエル効果の影響を受ける範囲、すなわち引張強度による押抜きせん断耐荷力は 102.7kN である。よって押抜きせん断耐荷力は 212.3kN である。実験値との耐荷力比は 1.01 と近似した結果が得られた。

供試体 P-RC-B の押抜きせん断耐荷力を算出すると、せん断強度による押抜きせん断耐荷力は 116.0kN, 引張強度による押抜きせん断耐荷力は 119.6kN となり、押抜

きせん断耐荷力は 235.6kN となる。実験値との耐荷力比は 1.04 倍と近似するものの理論値が実験値を上回る結果となった。

次に、供試体 P-RC-C の押抜きせん断耐荷力を算出すると、せん断強度による押抜きせん断耐荷力は 124.9kN、引張強度による押抜きせん断耐荷力は 187.7kN となり、押抜きせん断耐荷力は 312.9kN となる。実験値との耐荷力比は 1.07 倍と供試体 P-RC-B と同様に実験値と近似するものの理論値が実験値を上回る結果となった。

以上のように、供試体 P-RC-A ともにやや近似する結果となったが供試体 P-RC-B、C は危険側となった。

(2) P-RC 床版の力学モデルによる押抜きせん断耐荷力

供試体 P-RC-A の押抜きせん断耐荷力を提案式(3)より算出する。せん断強度による押抜きせん断耐荷力は 109.6kN である。また、引張強度による押抜きせん断耐荷力は 86.2kN である。よって押抜きせん断耐荷力は 195.8kN である。実験値との耐荷力比は 0.93 と 7%低下し、安全側に近似する結果が得られた。

供試体 P-RC-B の押抜きせん断耐荷力を算出すると、せん断強度による押抜きせん断耐荷力は 112.3kN、引張強度による押抜きせん断耐荷力は 99.6kN となり、押抜きせん断耐荷力は 211.9kN となる。実験値との耐荷力比は 0.94 と安全側に近似した結果が得られた。

次に、供試体 P-RC-C の押抜きせん断耐荷力を算出すると、せん断強度による押抜きせん断耐荷力は 124.9kN、引張強度による押抜きせん断耐荷力は 155.5kN となり、押抜きせん断耐荷力は 280.4kN となる。実験値との耐荷力比は 0.96 と安全側に近似した結果が得られた。

以上のように、供試体 P-RC-A、B、C ともに提案式(3)より算出した理論耐荷力と実験耐荷力との比がそれぞれ 0.93、0.94、0.96 となり安全側に近似する結果となった。よって、本提案する破壊断面から得られた押抜きせん断力学モデルおよび耐荷力式は実験値と近似する結果が得られた。

6. まとめ

本研究では P-RC 床版の走行荷重実験を行い、押抜きせん断力学モデルおよび耐荷力式との整合性の検証および新たに押抜きせん断力学モデルおよび耐荷力式を提案した結果、以下の知見が得られた。

- (1) P-RC 床版は用水路や水路に架けられている支間の短い床版である。モデル化した寸法・鉄筋・コンクリートの圧縮強度が異なる 3 タイプの P-RC 床版の走行荷重実験における最大耐荷力は、供試体 P-RC-A、B、C でそれぞれ 209.5kN、225.5kN、292.3kN である。破壊状況は、供試体 P-RC-A、B、C ともに輪荷重走行範囲から 45 度底面に 2 方向ひび割れが

主鉄筋および配力筋間隔で発生している。断面の破壊状況は、輪荷重端部から 45 度斜めひび割れが発生し、引張主鉄筋かぶりにはダウエル効果の影響による引張ひび割れが発生した。また、圧縮鉄筋かぶり付近には水平ひび割れが発生し、この位置が応力等価ブロック a の位置となる。供試体 P-RC-A は支点 B から 300mm、P-RC-B、C はそれぞれ支点 A から 400、520mm で押抜きせん断破壊となった。この破壊状況から押抜きせん断力学モデルおよび耐荷力式を提案した。

- (2) 阿部らが提案する押抜きせん断力学モデルを基に、実験による破壊状況から新たに提案した力学モデルを基にした押抜きせん断耐荷力は、全供試体ともに破壊荷重の 92%から 97%以内となり、安全側で近似する結果が得られた。以上より、阿部らが提案する押抜きせん断力学モデルおよび破壊荷重付近も押抜きせん断耐荷力式(3)より算定することで、実験による最大耐荷力と近似する結果が得られた。よって、P-RC 床版の破壊荷重付近の押抜きせん断耐荷力の評価が可能となると考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I, II, III, 1994.
- 2) 前田幸雄，松井繁之，田中敏幸：鉄筋コンクリート床版に関する 2, 3 の考察，昭和 46 年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集，1971.
- 3) 松井繁之：道路橋床版設計・施工と維持管理，森北出版，2007.
- 4) 阿部忠，木田哲量，徐銘謙，澤野利章：道路橋 RC 床版の押抜きせん断耐荷力評価式に関する研究，構造工学論文集，Vol.53A，pp.199-207，2007.3
- 5) 阿部忠，木田哲量，高野真希子，川井豊：道路橋 RC 床版の押抜きせん断耐荷力および耐疲労性の評価，土木学会論文集 A1，pp.39-54，2011.1
- 6) 阿部忠，川井豊：輪荷重走行疲労実験における RC 床版の押抜きせん断耐荷力および 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，pp1-10，2019.1
- 7) 野口博之ほか：床版支間が車両進行方向と平行な RC 床版の輪荷重走行による耐荷力および耐疲労性の評価，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 24 巻，pp.233-238，2024.10
- 8) 岡村甫：コンクリート構造の限界状態設計法，コンクリートセミナー 4，pp.17-18，共立出版，1979.
- 9) 岡田清，不破昭，伊藤和幸，平澤征夫：鉄筋コンクリート工学，鹿島出版，1997.