

論文 床版支間が車両進行方向と並行なRC床版の輪荷重走行疲労実験における耐疲労性の検証およびS-N曲線式に関する研究

阿部 忠^{*1}・重松 伸也^{*2}・水口 和彦^{*3}・野口 博之^{*4}

要旨：本研究は、床版支間が車両進行方向と並行な 3 タイプの RC 床版 (P-RC) を用いて輪荷重走行疲労実験を行った。その結果、支間 1,400mm, 支間 1,800mm, 支間 2,000mm の 3 タイプの P-RC 床版の等価走行回数は、それぞれ 10.015×10^6 回, 10.778×10^6 回, 12.491×10^6 回である。破壊は全て押抜きせん断破壊となった。既往の研究における最大耐荷力 $P_{s,max}$ はそれぞれ 209.5kN, 225.5kN, 292.3kN であり、基準荷重 P を最大耐荷力 $P_{s,max}$ で除した無次元化した S 値と本実験による等価走行回数の関係から S - N 曲線式を得た。また、相関関係および S 値と算定された破壊走行回数による S - N 曲線式において、整合性が得られた。

キーワード：P-RC 床版, 輪荷重走行疲労実験, 耐疲労性, S - N 曲線

1. はじめに

近年、用水路や水路などに架けられている支間が短く、幅方向に広い RC 床版は老朽化により取替工事が検討されている。取替工事においては、通行止めなどの交通規制などにより、プレキャスト化した RC 床版が計画されている。

一方、RC 床版は、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に直角な場合と床版支間が車両進行方向と並行な場合の床版が規定されている。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 床版である。後者は、近年取替工事が検討されている橋軸方向を支間とし、幅員方向に広い小支間の RC 床版である。本論文では 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並行な RC 床版を並行 RC 床版 (Parallel RC slab, 以下、P-RC 床版とする) とする。また、床版支間が車両進行方向と直角な RC 床版を直角 RC 床版 (Right angle RC slab, 以下 R-RC 床版とする)、とくに、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、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、押抜きせん断耐荷力について、松井ら²⁾や筆者ら³⁾は R-RC 床版供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、 S - N 曲線式および押抜きせん断耐荷力式を提案している。これらは、いずれも R-RC 床版の S - N 曲線式および押抜きせん断耐荷力・押抜きせん断耐荷力式である。しかし、P-RC 床版においては耐荷力性能および耐疲労性の検証は行われていないのが現状である。

よって本研究では、床版寸法、コンクリートの圧縮強度、鉄筋量が異なるモデル化した 3 タイプの供試体を用

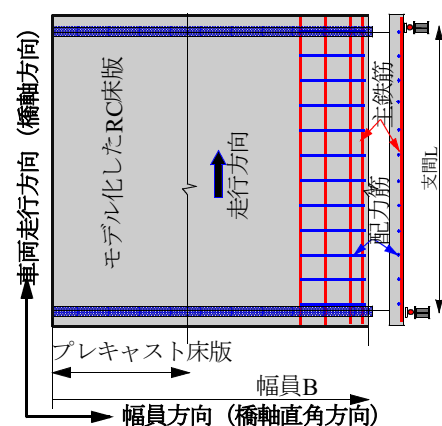


図-1 支間が車両進行方向と並行 (P-RC床版)

いて輪荷重走行疲労実験を行い耐疲労性を検証する。また、既往の研究における同一条件で製作した 3 タイプの供試体の押抜きせん断耐荷力を用いて、 S - N 曲線式を検証し、P-RC 床版の寿命推定の一助とする。

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 P-RC 床版を図-1に示す。支間が車両の進行方向に平行な場合の概略図である。

本供試体は図-1に示す用水路や水路を跨ぐ支承間を支間とする支間 2.0m ～ 6.0m 程度の P-RC 床版を対象とする。一般的には充実床版が多く架けられているが、近年はプレキャスト化した幅 2.0m 程度を幅員方向に並列する取替床版も提案されている⁴⁾。本研究では、プレキャスト化した RC 床版をモデル化した P-RC 床版を用いる。

*1 日本大学 名誉教授 博士(工学) (正会員)

*2 横山産業 (株) インフラ技術センター長 (正会員)

*3 日本大学 生産工学部土木工学科教授 博士(工学) (正会員)

*4 日本大学 生産工学部土木工学科助教 博士(工学) (正会員)

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 (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 (kg/m ³)
				セメント	水	細骨材	粗骨材	
P-RC-A-F	18±2.5	53.0	48.1	324	170	847	956	3.00
P-RC-B-F	18±2.5	51.0	46.2	365	186	780	948	3.65
P-RC-C-F	21±2.5	38.0	46.8	461	175	790	932	4.61

表－2 材料特性値

供試体	鉄 筋					
	鉄筋の種類	鉄筋径 (mm)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	
P-RC-A-F	主・配力筋	SD295	D13	355	498	200
P-RC-B-F	主鉄筋	SD345	D16	383	531	200
P-RC-C-F	配力筋		D13	365	510	200

2.2 RC床版の使用材料

(1) 供試体P-RC-A-F

供試体 P-RC-A-F に用いるコンクリートの要求性能は、道示に規定するコンクリートの設計基準強度 24N/mm^2 を目標とする配合条件とし、配合条件を表－1に示す。鉄筋は SD295、主鉄筋・配力筋ともに D13 を用いる。ここで、材料特性値を表－2に示す。実験時のコンクリート圧縮強度は 33.0N/mm^2 である。

(2) 供試体P-RC-B-F

供試体 P-RC-B-F に用いるコンクリートの要求性能は圧縮強度 30N/mm^2 を目標とした配合であり、表－1に併記した。鉄筋は SD345、主鉄筋には D16、配力筋には D13 を用いた。ここで、材料特性値を表－2に併記する。実験時のコンクリート圧縮強度は 32.7N/mm^2 である。

(3) 供試体P-RC-C-F

コンクリートの圧縮強度を高めることで耐荷力および耐疲労性が向上する結果が得られている。よって、供試体 P-RC-C-F のコンクリートの要求性能として圧縮強度 40N/mm^2 を目標とする配合条件とし、表－1に併記した。鉄筋には SD345、主鉄筋には D16、配力筋には D13 を用いる。ここで、鉄筋の材料特性値を表－2に併記する。

実験時のコンクリート圧縮強度は 56.4N/mm^2 である。

2.3 供試体寸法および鉄筋配置

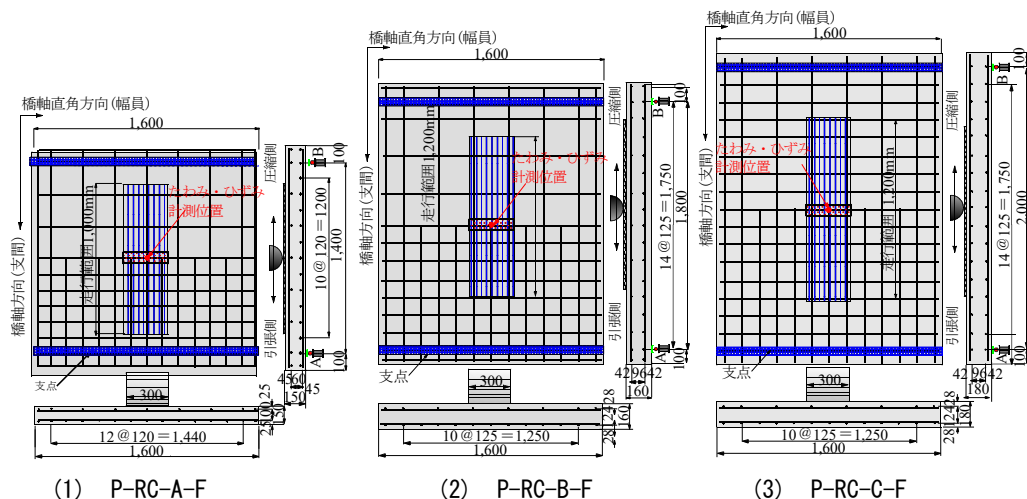
本研究の対象とする P-RC-A-F、B-F、C-F の床版は、橋台上の支線線を支点とし、幅員方向に並列する P-RC 床版とした。この場合、RC 床版に接合部面で継手する場合と間詰部を設けコンクリートを打ち込みすることで一体化された充実床版橋となる。プレキャスト版においては幅 2 ～ 3m 程度である。床版橋は、主方向と横方向の剛性差を小さくすることを前提として、等方性版理論により解析されている。ここで、供試体 P-RC-A-F の寸法および鉄筋配置間隔を図－2(1)に示す。供試体 P-RC-B-F、C-F の寸法を図－2(2)、(3)に示す。図－2に示すように供試体 P-RC-A-F、B-F、C-F ともに支間長、鉄筋配置、材料特性値等は全て異なる条件とした。なお、供試体の幅 1,600mm は輪荷重設置面幅 300mm から 45度の分布範囲が押抜きせん断破壊を想定して決定した。

(1) 供試体P-RC-A-F

供試体 P-RC-A-F は道示に規定されている最小床版厚 250mm の 60%のモデル化した寸法である。全長 1,600mm、支間 1,400mm、幅 1,600mm、床版厚は 150mm とする。鉄筋の配置は、図－2(1)に示すように引張側の主鉄筋には D13 を 120mm 間隔、圧縮側は 1/2 の鉄筋量とする。よって、引張側の鉄筋量 A_s は 1m 当たり $1,056\text{mm}^2$ 、圧縮側の鉄筋量 A'_s は 528mm^2 である。次に、配力筋は引張側は D13 を 120mm 間隔、圧縮側はその 1/2 の鉄筋量とする。よって、鉄筋量 A_s 、 A'_s は幅 1m 当たり、それぞれ $1,056\text{mm}^2$ 、 528mm^2 である。また、配力筋も同様である。

(2) 供試体P-RC-B-F

供試体 P-RC-B-F は道示に規定されている最小床版厚 250mm の 64%の寸法である。全長 2,000mm、支間 1,800mm、幅 1,600mm、床版厚 160mm である。鉄筋の配置は、図－2(2)に示すように引張側の主鉄筋には D16



図－2 供試体寸法および鉄筋配置



写真-1 輪荷重走行疲労実験

を 125mm 間隔で配置する。圧縮側は 1/2 の鉄筋量とする。引張側の鉄筋量 A_s は 1m 当たり 1,589mm²、圧縮側の鉄筋量 A'_s は 794mm² である。次に、配力筋は引張側の主鉄筋に D13 を 125mm 間隔、圧縮側をその 1/2 の鉄筋量とする。鉄筋量 A_s , A'_s は幅 1m 当たりそれぞれ 1,016mm², 508mm² である。

(3) 供試体 P-RC-C-F

供試体 P-RC-C-F は道示に規定されている最小床版厚 250mm の 72% のモデル化した寸法である。全長 2,200mm、支間 2,000mm、幅 1,600mm、床版厚は 180mm である。鉄筋の配置は、図-2(3)に示すように引張側の主鉄筋には D16 を 125mm 間隔で配置する。圧縮側は 1/2 の鉄筋量とする。引張側の鉄筋量 A_s , A'_s は 1,589mm², 794mm² である。次に、配力筋は引張側、圧縮側ともに D13 を 125mm 間隔で配置した。筋量は A_s , A'_s とともに 1,016mm² である。

以上のように本供試体は寸法、コンクリートの圧縮強度、鉄筋量が異なり、それぞれに輪荷重走行疲労実験を行い、耐疲労性の評価を行う。なお、耐荷力の評価においても同様の試験体を用いた。

3. 輪荷重走行疲労実験および等価走行回数

3.1 輪荷重走行疲労実験方法

輪荷重走行疲労実験において、供試体 P-RC-A-F は床版支間が 1,400mm であり、走行範囲は 1,000mm とする(図-2(1))。供試体 P-RC-B, C-F は支間長がそれぞれ 1,800mm, 2,000mm であり、1,200mm を走行範囲とする(図-2(2), (3))。また、厚さ 3.2mm、幅 300mm の鋼板を設置して、輪荷重を走行させる。

輪荷重走行疲労実験の状況を写真-1に示す。輪荷重走行疲労実験での初期荷重は供試体 P-RC-A-F が 80kN から、P-RC-B-F, P-RC-C-F が 100kN から 160kN までは 20kN ごとに 20,000 回走行し、その後 170kN で破壊するまで走行させる。計測は輪荷重走行 1, 10, 100, 1,000, 5,000 回および以降は 5,000 回走行ごとに輪荷重を橋軸方向中央に停止し、たわみ・鉄筋ひずみを計測する。

3.2 輪荷重走行疲労実験における等価走行回数

本実験における輪荷重走行疲労実験は、段階荷重載荷としたことから等価走行回数 N_{eq} を算出して耐疲労性を評価する。等価走行回数は、マイナー則に従うと仮定すると式(1)で与えられる。なお、本供試体はモデル化した供試体であり、供試体 P-RC-A-F の床版厚は実橋の 60% の厚さであることから、式(1)における基準荷重 P は道示¹⁾に規定する T 荷重 100kN の 60% (= 15/25cm) で、実験において輪荷重が走行中に床版走行面の凹凸により荷重変動が生じる。これらを安全率とし、1.2 を考慮すると基準荷重は 72kN $\approx$ 70kN である。同様に供試体 P-RC-B-F は、100kN の 64% (= 16/25cm)、供試体 P-RC-C-F は 100kN の 72% (= 18/25cm) である。これらに安全率 1.2 を考慮するとそれぞれ 77kN $\approx$ 76kN, 87kN となる。また、S-N 曲線の傾きの逆数 m の絶対値は P-RC 床版の S-N 曲線式はないことから、本研究においては R-RC 床版場合の最も信頼が高い、松井ら²⁾が提案する S-N 曲線式の傾きの逆数の絶対値 12.7 を適用する。なお、筆者ら³⁾が提案する RC 床版の S-N 曲線式の傾きの逆数は $m = 15.5$ となり、これを適用した場合は等価走行回数が過大評価となり、危険側となる。よって、本研究における S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値 $m = 12.7$ を適用し^{2), 5)}、得られた等価走行回数を基に新たな S-N 曲線式を提案する。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^n (P_i/P)^{m \times n_i} \quad (1)$$

ここで、 P_i : 載荷荷重 (kN), P : 基準荷重, n_i : 実験走行回数 (回), m : S-N 曲線の傾きの逆数 (= 12.7) ^{2), 5)}

3.3 輪荷重走行疲労実験における耐疲労性の評価

等価走行回数および等価走行回数比を表-3に示す。

表-3 実験・等価走行回数および等価走行回数比

供試体 名称	走行 回数	荷 重						等価走行回数 合計 (回)	等価走行 回数比		破壊モード
		80kN	100kN	120kN	140kN	160kN	170kN				
P-RC-A-F	N	20,000	20,000	8,571				48,571	—	—	支点Aから300mmの位置で押 抜きせん断破壊となった。
	N_{eq}	109,027	5,073,069	4,833,391				10,015,486			
P-RC-B-F	N		20,000	20,000	1,350			41,350	1.08	—	支点Bから400mmの位置で押 抜きせん断破壊となった。
	N_{eq}		652,677	6,611,488	3,514,586			10,778,750			
P-RC-C-F	N		20,000	20,000	20,000	20,000	14,000	94,000	12.47	11.59	支点Aから420mmの位置で押 抜きせん断破壊となった。
	N_{eq}		117,257	1,187,784	8,413,206	45,862,663	69,332,176	124,913,086			

(1) 供試体P-RC-A-F

供試体 P-RC-A-F の寸法は、支間が 1,400mm、床版厚 150mm であり、輪荷重走行疲労試験から得られた走行回数を基に式(1)より算定した等価走行回数 N_{eq} は 10.015×10^6 回である。破壊は支点 A 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-FおよびP-RC-C-F

供試体 P-RC-B-F の寸法は支間 1,800mm、床版厚 160mm、である。等価走行回数は 10.778×10^6 回となり、供試体 P-RC-A-F の 1.08 倍である。また、供試体 P-RC-C-F は支間 2,000mm、床版厚 180mm であり、等価走行回数は 124.913×10^6 回となり、供試体 P-RC-A-F の 12.47 倍である。また、供試体 P-RC-B-F の 11.59 倍である。供試体 P-RC-B-F および供試体 P-RC-C-F の破壊モードは支点 B から 400mm、支点 A から 420mm の位置で押抜きせん断破壊となった。

以上より、寸法およびコンクリートの圧縮強度、鉄筋量が異なる P-RC 床版の供試体の S-N 曲線式提案において本実験より得られた等価走行回数を基に提案する。

3. 4 たわみと等価走行回数の関係

たわみの計測位置を図-2 に示す。また、たわみと等価走行回数の関係を図-3 に示す。

(1) 供試体P-RC-A-F

供試体 P-RC-A-F のたわみと等価走行回数の関係は、荷重 80kN で 1 走行、等価走行回数 6 回でのたわみは 2.06mm、その後荷重増加と走行を繰り返すことでたわみも増加し、等価走行回数 10.015×10^6 回でたわみが 8.5mm である。

(2) 供試体P-RC-B-F

供試体 P-RC-B-F のたわみと等価走行回数の関係は、荷重 100kN で 1 走行、等価走行回数 39 回で 1.92mm であり、床版厚が 10mm 厚いことから供試体 P-RC-A-F のたわみを下回っている。等価走行回数 10.778×10^6 回でたわみが 9.6mm である。

(3) 供試体P-RC-C-F

供試体 P-RC-C-F のたわみと等価走行回数の関係は、荷重 100kN で 1 走行、等価走行回数 8 回でのたわみ 1.40mm である。供試体 P-RC-A-F の床版厚より 30mm、供試体 P-RC-B-F より 20mm 厚いことからそれぞれ 32%、27%低下している。等価走行回数 124.913×10^6 回でたわみが 10.0mm である。

3. 5 ひずみ等価走行回数の関係

鉄筋のひずみの計測は、主鉄筋および配力筋ともに床版中央に配置した鉄筋の中央である。主鉄筋および配力筋の降伏ひずみは表-2 に示した降伏強度より算出すると供試体 P-RC-A-F の主鉄筋および配力筋はともに $1,775 \times 10^{-6}$ である。また、供試体 P-RC-B-F、P-RC-C-F

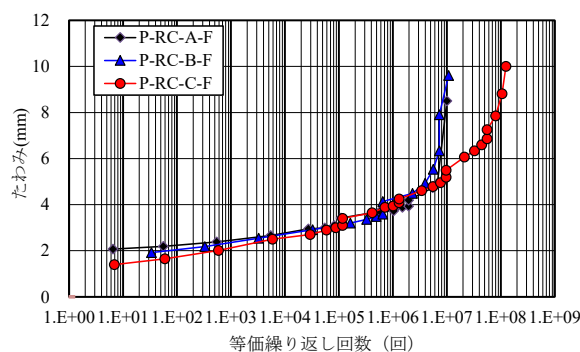
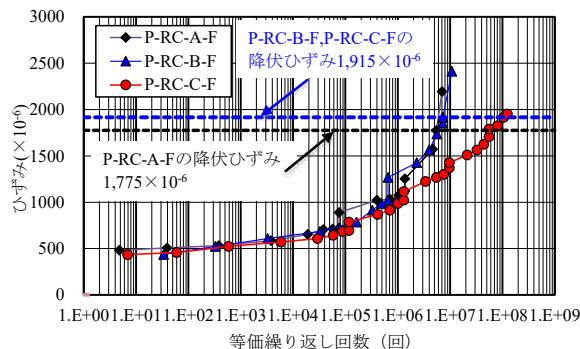
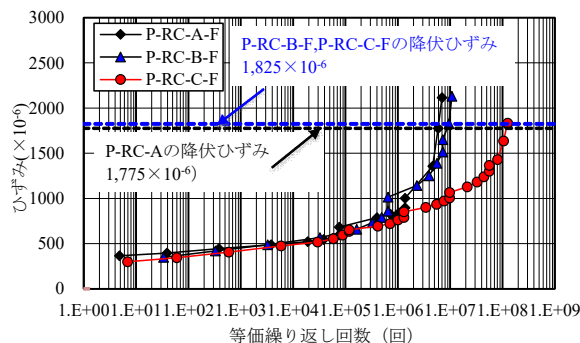


図-3 たわみと等価走行回数の関係



(1) 主鉄筋ひずみと等価走行回数の関係



(2) 配力筋ひずみと等価走行回数の関係

図-4 鉄筋ひずみと等価走行回数の関係

の主鉄筋および配力筋はそれぞれ $1,915 \times 10^{-6}$ 、 $1,825 \times 10^{-6}$ であり、図-4に併記した。

(1) 供試体P-RC-A-F

供試体 P-RC-A-F の主鉄筋および配力筋ともに SD295 の D13 を用いた。主鉄筋ひずみと等価走行回数の関係は図-4 (1) に示すように荷重 80kN で 1 走行、等価走行回数 6 回の初期ひずみは 483×10^{-6} であり、降伏ひずみに達した等価走行回数 5.457×10^6 回である。最大ひずみは等価走行回数 10.015×10^6 回で $2,193 \times 10^{-6}$ である。

配力筋ひずみと等価走行回数の関係は図-4 (2) に示すように、初期ひずみは 366×10^{-6} であり、主鉄筋の 76% である。その後、ひずみは増加し、降伏ひずみに達した等価走行回数は 5.900×10^6 回であり、最大ひずみは $2,114 \times 10^{-6}$ である。

次に、主鉄筋が降伏ひずみに達した等価走行回数のた

わみは 4.73mm であり、最大たわみの 56%である。

(2) 供試体P-RC-B-F

供試体 P-RC-B-F の主鉄筋および配力筋ともに SD345 で主鉄筋には D16, 配力筋には D13 を用いた。主鉄筋 ひずみと等価走行回数との関係は、荷重 100kN で 1 走行、等価走行回数 39 回の初期ひずみは 436×10^{-6} であり、降伏ひずみに達した等価走行回数 7.276×10^6 回である。最大ひずみは等価走行回数 10.752×10^6 回で $2,412 \times 10^{-6}$ である。

配力筋ひずみと等価走行回数との関係は、初期ひずみは 349×10^{-6} であり、主鉄筋の 80%である。その後、ひずみは増加し、降伏ひずみに達した等価走行回数は 9.500×10^6 回であり、最大ひずみは 2412×10^{-6} である。次に、供試体 P-RC-B-F の主鉄筋が降伏に達した時点のたわみは、7.90mm であり、最大たわみの 82 %である。

(3) 供試体P-RC-C-F

供試体 P-RC-C-F の主鉄筋および配力筋は供試体 P-RC-B-F と同様に主鉄筋には D16, 配力筋には D13 を用いた。主鉄筋ひずみと等価走行回数との関係は、荷重 100kN で 1 走行、等価走行回数 8 回の初期ひずみは 435×10^{-6} であり、降伏ひずみに達した等価走行回数 105.103×10^6 回である。最大ひずみは等価走行回数 124.913×10^6 回で $1,951 \times 10^{-6}$ である。配力筋ひずみと等価走行回数との関係は、初期ひずみは 300×10^{-6} であり、主鉄筋の 70%である。その後、ひずみは増加し、降伏ひずみに達した等価走行回数は 124.000×10^6 回であり、最大ひずみは $1,832 \times 10^{-6}$ である。

次に、供試体 P-RC-C-F の主鉄筋が降伏に達した時点のたわみは、8.80mm であり、最大たわみの 88%である。

以上より、供試体 P-RC-A-F には主鉄筋、配力筋に D13, 供試体 P-RC-B-F, P-RC-C-F は主鉄筋に SD345, D16, 配力筋には D13 を用いた。また、供試体 P-RC-A-F の主鉄筋には SD295 を用い、鉄筋量が試体 P-RC-B-F, P-RC-C-F と比較して少ないことから、降伏に至る等価走行回数が少ない結果となった。

4. 輪荷重走行疲労実験におけるR-RC床版のS-N曲線

4.1 既往研究におけるR-RC床版のS-N曲線

筆者ら³⁾は、1994 年改訂道示に準拠した R-RC 床版の供試体 20 体⁸⁾用いて輪荷重走行疲労実験を実施し、S-N 曲線式を提案している。なお、S-N 曲線式に適用する押抜きせん断耐力 $P_{s,max}$ は、輪荷重走行荷重実験における最大耐力を用いて算定する破壊荷重の 95%程度の押抜きせん断耐力が評価されている。

$$\log(P/P_{s,max}) = -0.06417 \log N + \log 0.996 \quad (2)$$

ここに、 P ：基準荷重、 $P_{s,max}$ ：押抜きせん断耐力 (kN)、 N ：繰返し回数 (回)

表-4 S値と等価走行回数

供試体 記号	P (kN)	P_{max} (kN)	S	N_{eq} (回)	N_f (回)	N_{eq}/N_f (回)
P-RC-A-F	70	209.5	0.334	10,015,486	10,008,558	0.999
P-RC-B-F	76	225.5	0.337	10,778,750	8,747,536	0.812
P-RC-C-F	87	292.3	0.298	124,913,088	60,678,654	0.486

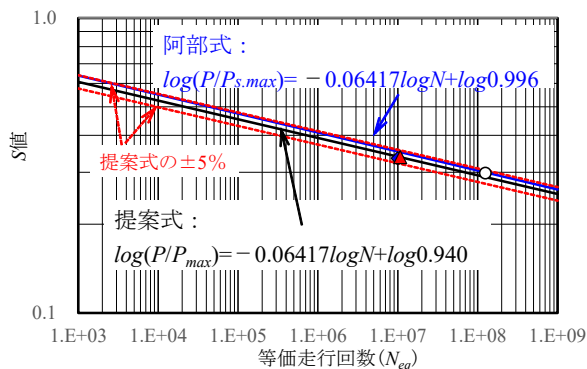


図-5 P-RC床版のS-N曲線

以上のように R-RC 床版の S-N 曲線式は提案されているものの P-RC 床版の S-N 曲線式についての研究は進められていないのが現状である。

4.2 P-RC床版のS-N曲線式の提案

本実験における基準荷重は供試体 P-RC-A-F は 70kN, 供試体 P-RC-B-F, P-RC-C-F はそれぞれ 76kN, 87kN である。また、輪荷重走行疲労実験に用いた供試体と同一条件で製作した試験体の輪荷重走行荷重実験における最大耐力 P_{max} はそれぞれ 209.5kN, 225.5kN, 292.3kN である⁶⁾。よって、縦軸 S 値 ($= P/P_{max}$) は 0.334, 0.337, 0.298 となり、無次元化した S 値を表-4に示す。次に、輪荷重走行疲労実験における等価走行回数 N_{eq} は表-4より、それぞれ 10.015×10^6 回, 10.778×10^6 回, 124.913×10^6 回である。よって、縦軸 S と横軸等価走行回数との関係より S-N 曲線を図-5に示す。なお、図-5には筆者らによる R-RC 床版の S-N 曲線式も併記した。図-5より、供試体 P-RC-B-F, P-RC-C-F における S-N 曲線式の傾きは -0.06417 となり傾きの逆数の絶対値は $m = 15.58$ である。S-N 曲線の切片は 0.940 であり、相関関係は 1.0 である。なお、本実験では異なる試験体 3 体から結果であるが、基本的には式(2)に示す S-N 曲線式の傾きは -0.06417 となった。よって、式(3)を提案する。なお、本提案する S-N 曲線の 95%信頼限界内にプロットされた。

$$\log(P/P_{max}) = -0.06417 \log N + \log 0.940 \quad (3)$$

ここに、 P ：基準荷重、 P_{max} ：走行実験における最大耐力 (kN)、 N ：繰返し回数 (回) (ここでは、等価走行回数 N_{eq} を適用する)

4.3 破壊走行回数の算定

(1) S-N曲線との整合性の検証

S-N 曲線の関係から算出される破壊走行回数 N_f は、

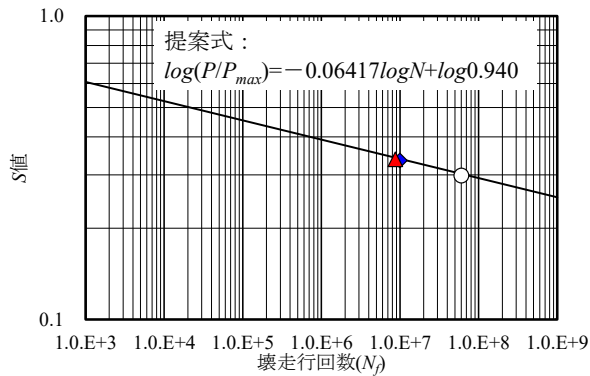


図-6 S値と破壊走行回数 N_f の関係

式(4)として与えられる。

$$N_f = 10^{m(\log C - \log S)} \quad (4)$$

ここで、 N_f : 破壊までの走行回数、 C : S-N 曲線の切片 (= 0.940)、 m : S-N 曲線の傾きの絶対値の逆数 (= 15.58)、 S : 基準荷重 P を最大耐力 P_{max} で除した無次元化 (= P/P_{max})

式(4)より算出した破壊走行回数を表-4に併記する。

本供試体破壊走行回数 N_f を算定する支間 1,400mm の RC 床版の最大耐力 P_{max} は 209.5kN である。よって、 S 値は 0.334 となる。これらを式(4)に適用した場合の破壊走行回数は 10.008×10^6 回である。実験による等価走行回数との比は 0.999 であり、近似している。同様に支間 1,800mm の場合の P_{max} は 225.5kN となり、 S 値は 0.337 となる。破壊走行回数は 8.747×10^6 回であり、等価走行回数との比は 0.812 である。次に、支間 2,000mm の場合の P_{max} は 292.3kN、 S 値は 0.298、破壊走行回数は 60.678×10^6 回となり、等価走行回数比は 0.486 となり、差異が生じた。ここで、 S 値と破壊走行回数 N_f の関係による S-N 曲線式の関係を図-6に示す。これによると破壊走行回数 N_f との関係において本実験による S-N 曲線式との整合性が得られていると考える。

5. まとめ

本研究では P-RC 床版の輪荷重走行疲労実験を行い、等価走行回数から耐疲労性を評価した。S-N 曲線式を提案し、整合性を検証した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 供試体寸法、コンクリートの圧縮強度、鉄筋量が異なる 3 タイプの供試体 P-RC-A-F、供試体 P-RC-B-F、供試体 P-RC-C-F の等価走行回数はそれぞれ 7.015×10^6 回、 10.778×10^6 回、 124.913×10^6 回である。この等価走行回数を基に P-RC 床版の供試体の S-N 曲線式を提案した。破壊モードは 3 体ともに押抜きせん断破壊となった。
- (2) 等価走行回数とたわみ・主鉄筋ひずみの関係は、供

試体 P-RC-A-F の鉄筋には SD295 を使い、等価走行回数 10.015×10^6 回でたわみが 8.5mm、ひずみが $2,193 \times 10^{-6}$ である。供試体 P-RC-B-F、P-RC-C-F の鉄筋には SD345 を使い、等価走行回数はそれぞれ 10.778×10^6 回、 124.913×10^6 回でたわみは 9.6mm、10.0mm である。ひずみは $2,412 \times 10^{-6}$ 、 $2,151 \times 10^{-6}$ であり、いずれも降伏している。

- (3) 同一条件で製作した RC 床版の最大耐力 P_{max} はそれぞれ、209.5kN、225.5kN、292.3kN であり、基準荷重 P はそれぞれ 70kN、75kN、85kN である。縦軸 $S = P/P_{max}$ と本実験による等価走行回数の関係より S-N 曲線式を提案した。その結果、相関関係も良く、破壊走行回数の関係においても、提案式との整合性がえられた。なお、今回は走行荷重による最大耐力 P_{max} は既往の実験値の結果を用いたが、安全性を評価するためには、実験値を下回る理論による押抜きせん断耐力 $P_{s,max}$ を評価し、これを用いて、S-N 曲線式の提案が必要となる。

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) 松井繁之：道路橋床版設計・施工と維持管理，森北出版，2007
- 3) 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.1-10，2019.1
- 4) 阿部忠，重松伸也，水口和彦，野口博之：幅員方向に間詰部を有する取替プレキャスト RC 床版の輪荷重走行疲労実験による耐疲労性および接着剤の効果，構造工学論文集 Vol.70A，pp.784-796，2024.3
- 5) 川井豊，阿部忠，木田哲量，高野真希子：道路橋 RC 床版の S-N 曲線に関する一考察，第 7 回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.263-268，2012.6
- 6) 板垣咲来，阿部忠，野口博之，重松伸也，水口和彦，：橋軸方向を支間とする RC 床版の耐力性能と耐疲労性の評価，第 13 回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.283-288，2024.10
- 7) 野口博之，阿部忠，重松伸也，澤野利章，水口和彦，板垣咲来：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) 阿部忠，川井豊：RC 床版の輪荷重走行疲労実験における Miner 則の適用性に関する一考察，構造工学論文集 Vol.65A，pp.646-654，2019.3