

# 道路橋 RC 床版の S-N 曲線式と実橋 RC 床版の S-N 曲線と整合性

日大生産工(院) 木内彬喬 日大生産工 阿部忠 澤野利章

## 1. はじめに

道路橋 RC 床版の寿命推定式として松井らや阿部らが提案する押抜きせん断耐荷力式および S-N 曲線式が提案されている。そこで本研究は、1964 年～ 1994 年改定までの設計基準<sup>1), 2)</sup>の規定に基づいて RC 床版を設計する。設計された床版厚、鉄筋量をもとに、松井ら<sup>3), 4)</sup>や阿部ら<sup>5), 6)</sup>が提案するそれぞれの押抜きせん断耐荷力式および S-N 曲線式を用いて、破壊時の走行回数を算定し、RC 床版の寿命推定の一助としたい。

## 2. 輪荷重走行疲労実験における RC 床版の S-N 曲線

### 2.1 松井らが提案する RC 床版の S-N 線<sup>3), 4)</sup>

RC 床版に関する耐疲労性能の評価方法には、S-N 曲線が用いられている。RC 床版は、輪荷重の走行により軸直角方向に貫通ひび割れが生じ、はりが並べられた状態、すなわちはり状化する。そこで松井らは、はり状化した RC 床版の押抜きせん断耐荷力  $P_{sx}$  の評価式 (以下、文献 3) とする) を提案し、輪荷重走行疲労実験における基準荷重  $P$  を押抜きせん断耐荷力  $P_{sx}$  で除して無次元化した  $S$  を縦軸、走行回数  $N$  を横軸とした S-N 線図としている。ここで、松井らが提案する RC 床版の S-N 曲線式は式(1)として与えられる<sup>4)</sup>。

$$\log(P/P_{sx}) = -0.07835 \log N + \log 1.52 \quad (1)$$

ここに、 $P$  : 基準荷重、 $P_{sx}$  : 押抜きせん断耐力、 $N$  : 走行回数(回)

S-N 曲線式(1)に適用する押抜きせん断力学モデルを図-1、押抜きせん断耐荷力式を式(2)として提案している。

$$P_{sx} = 2B(f_{cv0} \cdot X_m + f_i \cdot C_m) \quad (2)$$

ただし、 $B = b + 2da$

$$f_{cv0} = 0.252f_c - 0.00251f_c^2$$

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

ここに、 $P_{sx}$  : はり幅  $B$  を考慮した押抜きせん断耐荷力 (kN)、 $b$  : 載荷板の配筋方向の辺長 (cm)、 $X_m$  : 主鉄筋の中立軸の位置 (cm)、 $da$  : 引張側配筋筋の有効高さ (cm)、 $C_m$  : 引張主鉄筋のかぶり (cm)、 $f_{cv0}$  : コンクリートのせん断強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $f_i$  : コンクリートの引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $f_c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

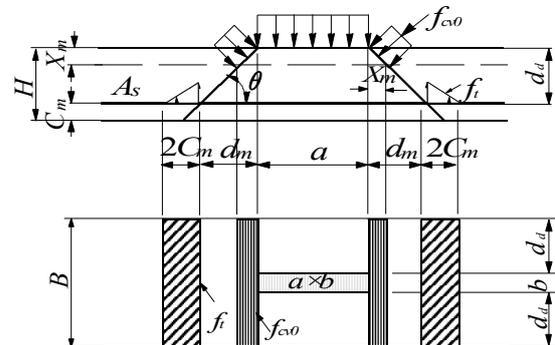


図-1 はり幅Bを考慮した押抜きせん断力学モデル

押抜きせん断耐荷力式(2)に適用する主鉄筋の中立軸の位置  $X_m$  は、式(3)より算定されている。

$$X_m = -\frac{n(A_s + A_s')}{b_b} + \sqrt{\left\{ \frac{n(A_s + A_s')}{b_b} \right\}^2 + 2n/b_b(dA_s + d'A_s')} \quad (3)$$

ここで、 $n$  : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比、 $A_s$ 、 $A_s'$  : 引張・圧縮鉄筋量(mm<sup>2</sup>)、 $d$ 、 $d'$  : 引張・圧縮鉄筋の有効高(mm)、 $b_b$  : 有効幅(mm)

### 2.2 阿部らが提案する RC 床版の S-N 線<sup>5), 6)</sup>

阿部らは 1994 年改訂の道示に基づいて設計した RC 床版の 1/2、3/5 縮尺モデルとした RC 床版供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を実施し、S-N 曲線式(4)を提案している<sup>5)</sup>。

$$\log(P/P_{s,max}) = -0.06417 \log N + \log 0.996 \quad (4)$$

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

S-N 曲線式(4)に適用する押抜きせん断力学モデルを図-2、押抜きせん断耐荷力  $P_{s,max}$  を式(5)として与えられている<sup>6)</sup> (以下、文献 6) とする)。

押抜きせん断耐荷力 :  $P_{sx}$

$$P_{s,max} = f_{cv0} \{ 2(B + 2a)a + 2(A \times a) \} + f_i \{ 4(2da + B)Ca \} \quad (5)$$

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

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

## Consistency of The S-N Curve Equation of RC Highway Deck Slabs and The S-N Curve of Real RC Deck Slabs

Akitaka KIUCHI, Tadashi ABE and Toshiaki SAWANO

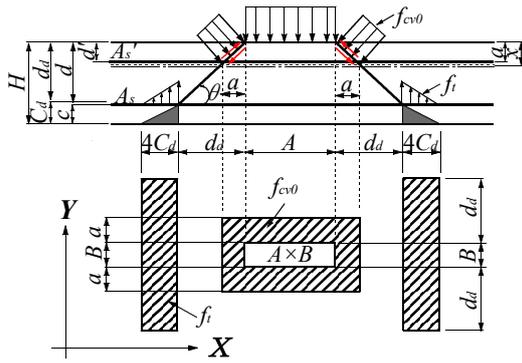


図-2 破壊荷重付近の押抜きせん断力学モデル

ここで、 $A$ 、 $B$ ：輪荷重の軸直角方向、軸方向の辺長 (mm)、 $a$ ：主鉄筋方向  $a_x$ 、配力鉄筋方向  $a_y$  の等価応力ブロックの平均値 (mm) ( $= (a_x + a_y) / 2$ )、 $C_d$ ：ダウエル効果の影響を示す寸法効果 (mm)、すなわち主鉄筋のかぶり  $C_X (= c_X + D_X / 2)$ 、 $c_X$ ：主鉄筋かぶり、 $D_X$ ：主鉄筋の直径) と配力筋方向のかぶり  $C_Y (= c_Y + D_Y / 2)$ 、 $c_Y$ ：配力筋かぶり、 $D_Y$ ：配力筋の直径) の平均 (mm) ( $= (C_X + C_Y) / 2$ )、 $d_a$ ：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) ( $d_a = H - C_d$ )、 $H$ ：床版全厚 (mm)、 $f_{cv0}$ ：コンクリートのせん断強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $f_t$ ：コンクリートの引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $f_c$ ：コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

式(5)に適用する等価応力ブロック  $a$  は式(6)より算定する。

$$a = (a_x + a_y) / 2 \quad (6)$$

ここに、 $a$ ：等価応力ブロック (mm)、 $a_x$ ：主鉄筋方向の等価応力ブロック (mm)、 $a_y$ ：配力筋方向の等価応力ブロック (mm)

1) 主鉄筋方向： $a_x$

$$\frac{a_x}{d_x} = \frac{m}{2} \left[ (p_X - p'_X \frac{\epsilon'_{cu} \cdot E_s}{f_y}) + \sqrt{(p_X - p'_X \frac{\epsilon'_{cu} \cdot E_s}{f_y})^2 + p'_X \frac{4\beta}{m} \cdot \frac{\epsilon'_{cu} \cdot E_s}{f_y} \cdot \frac{d'_X}{d_x}} \right] \quad (6.1)$$

ただし、

$$m = f_y / 0.85 f_c, p_X = A_{sX} / (b_X \cdot d_x), p'_X = A'_{sX} / (b \cdot d)$$

2) 配力筋方向： $a_y$

$$\frac{a_y}{d_y} = \frac{m}{2} \left[ (p_Y - p'_Y \frac{\epsilon'_{cu} \cdot E_s}{f_y}) + \sqrt{(p_Y - p'_Y \frac{\epsilon'_{cu} \cdot E_s}{f_y})^2 + p'_Y \frac{4\beta}{m} \cdot \frac{\epsilon'_{cu} \cdot E_s}{f_y} \cdot \frac{d'_Y}{d_y}} \right] \quad (6.2)$$

ただし、

$$m = f_y / 0.85 f_c, p_Y = A_{sY} / (b \cdot d_y), p'_Y = A'_{sY} / (b \cdot d)$$

ここで、 $a_x$ 、 $a_y$ ：主鉄筋および配力筋方向の等価応力ブロックの大きさ (mm)、 $f_c$ ：コンクリートの設計圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $f_y$ ：鉄筋の引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $f'_y$ ：圧縮鉄筋の引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $A_{sX}$ 、 $A'_{sX}$ 、 $A_{sY}$ 、 $A'_{sY}$ ：引張側、圧縮側の鉄筋量 (mm<sup>2</sup>)、 $d_x$ 、 $d_y$ ：有効高さ (mm)、 $d'_x$ 、 $d'_y$ ：圧縮縁から圧縮鉄筋の図心までの距離 (mm)、 $b$ ：部材幅 (mm)、 $E_s$ 、 $E'_s$ ：鉄筋のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)、 $\epsilon'_{cu}$ ：コンクリートの終局ひずみ (=0.0035)、 $\beta = 0.8$

## 2.3 走行回数の算定

松井らや阿部らが提案する S-N 曲線 (式(1)、(4)) から算出される破壊時の走行回数  $N_f$  の算定は式(7)として与えられる。

$$N_f = 10^m (\log C - \log S) \quad (7)$$

ここで、 $N_f$ ：破壊までの走行回数、 $C$ ：S-N 曲線の切片、 $m$ ：S-N 曲線の傾きの絶対値の逆数、 $S$ ：基準荷重  $P$  を押抜きせん断耐荷力  $P_{s,max}$  で除した無次元輪荷重値

## 3. 疲労寿命算定式の実橋RC床版への適用

### 3.1 昭和39年から平成2年の設計基準

1964年、1973年、1960年、1990年改定の設計基準により支間 2.0m の床版を設計し、文献 3) および文献 5) に示すそれぞれの押抜きせん断耐荷力 ( $P_{sx}$  or  $P_{s,max}$ ) を算定する。また、破壊に至る走行回数の算定には文献 4)、6) に示すそれぞれ S-N 曲線式を用いる。

### 3.2 1994年改訂の道示

1994年改訂の道示では、活荷重が 100kN に改定され、床版厚には大型車両の計画交通量による割増係数が適用されている。阿部らは支間 2.4m の RC 床版をモデル化した寸法で疲労実験を行い、S-N 曲線式を提案している。そこで、支間 2.4m の床版に大型車両の計画交通量 (500 台未満： $k_1 = 1.05$ 、500 台～1000 台未満： $k_1 = 1.15$ 、1000 台～2000 台未満： $k_1 = 1.20$ 、2000 台以上： $k_1 = 1.25$ ) による床版厚で設計し、押抜きせん断耐荷力および S-N 曲線式から得られた走行回数を算定する。なお、松井らによる押抜きせん断耐荷力に適用する中立軸の位置 (式(3)) の算定に用いるヤング係数比は  $n = 8.00$  とする。また、支間：2.0m、2.2m、2.4m、2.6m、2.8m、3.0m、3.5m、4.0m における床版の最小床版厚は大型車両の 1 日 1 方向当たりの計画交通量を 2000 台以上とする。

以上の条件より設計した RC 床版の押抜きせん断耐荷力および走行回数を表-1に示す。

表-1 道示基準によるRC床版の押抜きせん断耐荷力および走行回数

(1) 各基準による支間2.0mの走行回数およびH6年の大型車両の計画交通量による走行回数

道路橋示方書	1964年	1973年	1980年	1990年	1964年(大型車輛の計画交通量を考慮した設計)				
設計支間 (mm)	2,000 mm	2,000 mm	2,000 mm	2,000 mm	2,400 mm	2,400 mm	2,400 mm	2,400 mm	
床版厚 (mm)	150 mm	170 mm	210 mm	210 mm	200 mm	210 mm	220 mm	230 mm	
設計基準強度 ( $f'_c$ )	21 N/mm <sup>2</sup>	21 N/mm <sup>2</sup>	21 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	
主鉄鉄筋	引張鉄筋( $A_s$ )	1154 mm <sup>2</sup>	1419 mm <sup>2</sup>	1324 mm <sup>2</sup>	1324 mm <sup>2</sup>	1986 mm <sup>2</sup>	1805 mm <sup>2</sup>	1727 mm <sup>2</sup>	1655 mm <sup>2</sup>
	圧縮鉄筋( $A'_s$ )	577 mm <sup>2</sup>	709 mm <sup>2</sup>	662 mm <sup>2</sup>	662 mm <sup>2</sup>	993 mm <sup>2</sup>	903 mm <sup>2</sup>	863 mm <sup>2</sup>	828 mm <sup>2</sup>
配力鉄筋	引張鉄筋( $A_s$ )	808 mm <sup>2</sup>	1102 mm <sup>2</sup>	939 mm <sup>2</sup>	939 mm <sup>2</sup>	1471 mm <sup>2</sup>	1419 mm <sup>2</sup>	1324 mm <sup>2</sup>	1152 mm <sup>2</sup>
	圧縮鉄筋( $A'_s$ )	404 mm <sup>2</sup>	551 mm <sup>2</sup>	469 mm <sup>2</sup>	469 mm <sup>2</sup>	736 mm <sup>2</sup>	709 mm <sup>2</sup>	662 mm <sup>2</sup>	576 mm <sup>2</sup>
鉄筋降伏強度( $f_{yt}$ )	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	
鉄筋引張強度( $f_t$ )	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	
有効高	主鉄筋( $d_m$ )	110.0 mm	132.1 mm	172.1 mm	172.1 mm	162 mm	172 mm	182 mm	192 mm
	配力筋( $d_d$ )	97.0 mm	117.8 mm	157.8 mm	157.8 mm	146 mm	156 mm	166 mm	178 mm
かぶり厚	主鉄筋( $c_m$ )	40.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm
	配力筋( $c_d$ )	53.0 mm	52.3 mm	52.3 mm	52.3 mm	53.9 mm	53.9 mm	53.9 mm	52.3 mm
かぶりの平均( $C_a$ )	46.5 mm	45.1 mm	45.1 mm	45.1 mm	45.9 mm	45.9 mm	45.9 mm	45.1 mm	
等価応力	主鉄筋( $a_m$ )	30.0 mm	32.9 mm	31.6 mm	29.3 mm	36.8 mm	34.9 mm	34.0 mm	33.2 mm
	配力筋( $a_s$ )	28.0 mm	33.0 mm	30.2 mm	28.1 mm	36.4 mm	35.7 mm	34.3 mm	31.4 mm
等価応力ブロックの平均( $a$ )	29.0 mm	32.9 mm	30.9 mm	28.7 mm	36.6 mm	35.3 mm	34.2 mm	32.3 mm	
中立軸の位置( $X_m$ )	4.6 cm	5.4 cm	6.2 cm	6.2 cm	5.6 cm	5.6 cm	5.6 cm	5.7 cm	
押抜きせん断耐荷力( $P_{ss}$ )	216.1 kN	265.9 kN	348.8 kN	383.0 kN	335.2 kN	349.0 kN	367.1 kN	387.5 kN	
等価走行回数(回)松井	$0.923 \times 10^6$ 回	$5.378 \times 10^6$ 回	$171.895 \times 10^6$ 回	$567.959 \times 10^6$ 回	$14.479 \times 10^6$ 回	$24.244 \times 10^6$ 回	$46.230 \times 10^6$ 回	$91.994 \times 10^6$ 回	
押抜きせん断耐荷力( $P_{ss}$ )	349.4 kN	388.9 kN	403.8 kN	422.6 kN	480.4 kN	477.9 kN	477.3 kN	467.1 kN	
等価走行回数(回)阿部	$46.984 \times 10^6$ 回	$85.356 \times 10^6$ 回	$153.459 \times 10^6$ 回	$311.128 \times 10^6$ 回	$207.542 \times 10^6$ 回	$191.221 \times 10^6$ 回	$187.672 \times 10^6$ 回	$134.076 \times 10^6$ 回	

(2) 平成6年改定の道示による走行回数

道路橋示方書	1994年								
設計支間 (mm)	2000 mm	2200 mm	2400 mm	2600 mm	2800 mm	3000 mm	3500 mm	4000 mm	
床版厚 (mm)	210 mm	220 mm	230 mm	240 mm	240 mm	250 mm	270 mm	280 mm	
設計基準強度 ( $f'_c$ )	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	24 N/mm <sup>2</sup>	
主鉄鉄筋	引張鉄筋( $A_s$ )	1589 mm <sup>2</sup>	1589 mm <sup>2</sup>	1655 mm <sup>2</sup>	1727 mm <sup>2</sup>	1805 mm <sup>2</sup>	1976 mm <sup>2</sup>	2204 mm <sup>2</sup>	2491 mm <sup>2</sup>
	圧縮鉄筋( $A'_s$ )	794 mm <sup>2</sup>	794 mm <sup>2</sup>	828 mm <sup>2</sup>	863 mm <sup>2</sup>	903 mm <sup>2</sup>	988 mm <sup>2</sup>	1102 mm <sup>2</sup>	1246 mm <sup>2</sup>
配力鉄筋	引張鉄筋( $A_s$ )	1102 mm <sup>2</sup>	1207 mm <sup>2</sup>	1152 mm <sup>2</sup>	1207 mm <sup>2</sup>	1324 mm <sup>2</sup>	1324 mm <sup>2</sup>	1370 mm <sup>2</sup>	1471 mm <sup>2</sup>
	圧縮鉄筋( $A'_s$ )	551 mm <sup>2</sup>	603 mm <sup>2</sup>	576 mm <sup>2</sup>	603 mm <sup>2</sup>	662 mm <sup>2</sup>	662 mm <sup>2</sup>	685 mm <sup>2</sup>	736 mm <sup>2</sup>
鉄筋降伏強度( $f_{yt}$ )	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	295 N/mm <sup>2</sup>	
鉄筋引張強度( $f_t$ )	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	440 N/mm <sup>2</sup>	
有効高	主鉄筋( $d_m$ )	172.1 mm	182.1 mm	192.1 mm	202.1 mm	202.1 mm	212.1 mm	232.1 mm	242.1 mm
	配力筋( $d_d$ )	157.8 mm	167.8 mm	177.8 mm	187.8 mm	186.2 mm	196.2 mm	216.2 mm	226.2 mm
かぶり厚	主鉄筋( $c_m$ )	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm	38.0 mm
	配力筋( $c_d$ )	52.3 mm	52.3 mm	52.3 mm	52.3 mm	53.9 mm	53.9 mm	53.9 mm	53.9 mm
かぶりの平均( $C_a$ )	45.1 mm	45.1 mm	45.1 mm	45.1 mm	45.9 mm	45.9 mm	45.9 mm	45.9 mm	
等価応力	主鉄筋( $a_m$ )	32.5 mm	32.5 mm	33.2 mm	34.0 mm	34.9 mm	36.7 mm	39.1 mm	41.9 mm
	配力筋( $a_s$ )	30.6 mm	32.2 mm	31.4 mm	32.2 mm	34.3 mm	34.3 mm	35.0 mm	36.4 mm
等価応力ブロックの平均( $a$ )	31.6 mm	32.3 mm	32.3 mm	33.1 mm	34.6 mm	35.5 mm	37.0 mm	39.2 mm	
中立軸の位置( $X_m$ )	5.3 cm	5.5 cm	5.7 cm	6.0 cm	6.1 cm	6.5 cm	7.1 cm	7.6 cm	
押抜きせん断耐荷力( $P_{ss}$ )	339.2 kN	360.9 kN	387.5 kN	415.4 kN	418.3 kN	453.9 kN	521 kN	568.3 kN	
等価走行回数(回)松井	$16.841 \times 10^6$ 回	$37.159 \times 10^6$ 回	$91.994 \times 10^6$ 回	$223.429 \times 10^6$ 回	$244.476 \times 10^6$ 回	$693.004 \times 10^6$ 回	$4,041 \times 10^6$ 回	$12,202.880 \times 10^6$ 回	
押抜きせん断耐荷力( $P_{ss}$ )	445.0 kN	459.2 kN	467.1 kN	481.6 kN	497.2 kN	512.8 kN	541.4 kN	566.9 kN	
等価走行回数(回)阿部	$62.965 \times 10^6$ 回	$102.9 \times 10^6$ 回	$134.076 \times 10^6$ 回	$215.852 \times 10^6$ 回	$354.780 \times 10^6$ 回	$573.914 \times 10^6$ 回	$1,337 \times 10^6$ 回	$2743.723 \times 10^6$ 回	

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 1964年から1990年の設計基準

コンクリートの設計基準強度は、1964年から1980年の改訂道示においては21N/mm<sup>2</sup>、1990年改定の道示以降から24N/mm<sup>2</sup>に改定されている。床版厚は、昭和39年改定の設計基準では、有効高11cm以上、1973年改訂道示では床版支間を考慮した3L + 11(cm)より算定される。また、1980年以降の道示から、大型車両の計画交通量を考慮した床版厚となり、改定ごとに床版厚が厚くなっている。また、鉄筋の許容応力度についても改訂基準に基づいて設計した。なお、文献3)による押抜きせん断耐荷力の算定には、鉄筋とコンクリートのヤング係数比をn = 15とする。これらの条件により、それぞれの道示に準拠して設計した諸数値を用いて、押抜きせん断耐荷力および走行回数を

算定した結果を表-1(1)に示す。なお、走行回数の算定における基準荷重については、活荷重80kNに衝撃の影響を考慮した120kNとする。

1964年の設計基準により、支間2.0mの床版を設計すると床版厚は150mmである。これに鉄筋配置し、文献3)による押抜きせん断耐荷力(式(2))を算定すると216.1kNである。また、破壊時の走行回数を式(7)より算出すると $0.923 \times 10^6$ 回である。これに対して文献5)による押抜きせん断耐荷力(式(5))は349.4kN、破壊時の走行回数は $46.984 \times 10^6$ 回である。次に、1973年改訂の道示に基づいて設計したRC床版は、文献3)による押抜きせん断耐荷力は265.9kN、破壊時の走行回数は $5.378 \times 10^6$ 回である。文献5)による押抜きせん断耐荷力は388.9kN、破壊時の走行回数は $85.365 \times 10^6$ 回となり、示方書の改訂により押抜きせん断耐荷

力は向上し、併せて走行回数も増大している。1990年改訂の道示で設計された床版は文献 3), 4) より算定された押抜きせん断耐荷力および走行回数は 383.0kN,  $567.959 \times 10^6$  回である。一方、文献 5), 6) より算定した押抜きせん断耐荷力および走行回数はそれぞれ 422.6kN,  $311.128 \times 10^6$  回であり、走行回数が逆転している。

#### 4.2 1994年の改定道示(支間2.4m)

1994年改定道示における支間 2.4m の床版については、大型車両の 1 日 1 方向当たりの計画交通量 500 台未満、500 台～1000 台未満、1000 台～2000 台未満および 2000 台以上における割増係数を適用した床版厚で設計した。これらの結果を表-1(1)に併記した。床版厚は 500 台未満が 200mm であり、2000 台以上の場合には 230mm となる。文献 3)による押抜きせん断耐荷力の算出においてのヤング係数比を  $n = 15$  とすると押抜きせん断耐荷力が 1.2 倍となり、併せて走行回数も大幅に増加することから  $n = 8.0$  を適用する。次に、破壊時の走行回数の算定における基準荷重は活荷重 100kN に衝撃の影響を考慮した 140kN とする。

文献 3), 4) より 500 台未満の床版厚による押抜きせん断耐荷力は 335.2kN, 走行回数は  $14.479 \times 10^6$  回である。また、文献 5), 6) による押抜きせん断耐荷力は 480.4kN, 走行回数は  $207.542 \times 10^6$  回である。一方、計画交通量 2000 台以上とした場合は、文献 3), 4) による押抜きせん断耐荷力が 387.5kN, 走行回数は  $91.994 \times 10^6$  回である。また、文献 5), 6) による押抜きせん断耐荷力は 467.1kN, 走行回数は  $134.076 \times 10^6$  回である。

#### 4.3 1996年の改定道示(支間2.0m~4.0m)

1996年改定の道示においては、設計活荷重が 100kN, B 活荷重となり、床版厚も大型交通量の計画交通量による割増係数が適用されている。そこで支間を 2.0m ~ 4.0m として設計し、これらの諸数値を表-1(2)に示す。支間 2.0m の文献 3), 4) による押抜きせん断耐荷力および走行回数は 339.2kN,  $16.841 \times 10^6$  回である。1 日 3000 台の走行回数とすると 15.4 年となる。一方、文献 5), 6) ではそれぞれ 445.0kN,  $62.965 \times 10^6$  回であり、1 日 3000 台の走行回数とすると 57.5 年となる。支間 4.0m の床版の場合には、文献 3), 4) による押抜きせん断耐荷力は 568.3kN, 走行回数は  $12,202.880 \times 10^6$  回、破壊に至る年数は 11,144 年となる。また、文献 5), 6) による押抜きせん断耐荷力は 566.9kN, 走行回数は  $2743.723 \times 10^6$  回、破壊に至る年数は 2,505 年となる。支間が長くなることにより床版厚が厚くなり、押抜きせん断耐荷力および走行回数も支間長を変数とした場合は床版厚が厚くなると

同時に鉄筋量も多くなり、押抜きせん断耐荷力も増大することから、寿命推定が困難となる。そこで、阿部ら<sup>7)</sup>は 1964 年基準で設計された RC 床版の破壊に至る年数の算定には、押抜きせん断耐荷力を補正した押抜きせん断耐荷力式を適用し、補正係数を  $K_x$  は式(8)として提案している。

$$P_{s,max,q} = K_x \cdot P_{s,max}$$

ただし、

$$K_x = -0.1125L + 1.272 \quad (8)$$

ここで、 $P_{s,max,q}$ : 等価押抜きせん断耐荷力、 $K_x$ : 補正係数、 $L$ : 床版支間

補正した等価押抜きせん断耐荷力  $P_{s,max,q}$  から得られた支間 2.0m の押抜きせん断耐荷力は 465.9kN, 走行回数は  $128.806 \times 10^6$  回、1 日 3000 台の走行とした場合の破壊に至る年数は 117.6 年となる。また、支間 4.0m の補正した押抜きせん断耐荷力は、466.0kN, 走行回数は  $129.341 \times 10^6$  回となり、118.1 年となる。よって、補正することで寿命推定が可能となる。

#### 5. まとめ

RC 床版の寿命推定には松井らや阿部らが提案する押抜きせん断耐荷力および S-N 曲線式が提案されている。本論文ではそれぞれの提案式を用いて寿命指定を行った。その結果、昭和 39 年から平成 2 年までの道示においては、松井らや阿部らの評価式における寿命推定においては補正が必要となる。また、平成 6 年改定の道示では松井らの評価式においても補正の検討が必要となる。一方、阿部らの評価式では補正係数が導入されていることから、支間 2.0m から 4.0m までの寿命予測が可能となった。

#### 参考文献

- 1) 日本道路橋会：鋼道路橋示方書，1964
- 2) 日本道路橋会：道路橋示方書・同解説 I, II, III, 2002
- 3) 前田幸雄，他：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.
- 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，他：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，他：走行荷重が作用する道路橋 RC 床版の押抜きせん断耐力評価式，構造工学論文集，Vol. 55A, pp. 1468-1477(2009.3)
- 7) 阿部忠：道路橋 RC 床版の疲労寿命予測および健全度評価に関する一考察，土木学会，構造工学論文集，Vol.61A, pp.1050-1061, 2015.3