

### 1. はじめに

近年、鋼橋の合理化の1手法として、長支間 PC 床版を採用した橋梁が増えている。PC 床版は輪荷重走行試験により高い疲労耐久性が確認されている。しかし、実交通荷重を用いた疲労耐久性については研究が少ない<sup>1)</sup>。

本論文では図 - 1 に示す床版支間 6 m の PC 床版 2 主桁橋を対象として、せん断疲労に対する安全性を実測の活荷重を用いて検討する。さらに、床版厚の低減についても検討する。

### 2. 床版構造

対象とする床版諸元を表 - 1 に示す。床版厚は最初に道路橋示方書（以下、道示）コンクリート橋編で設計し、次に道示の連続版の値とする。また、PC 床版は主鉄筋断面を PRC 構造で全断面有効、配力鉄筋断面を RC 構造で引張り側無視の直交異方性版としてモデル化する。

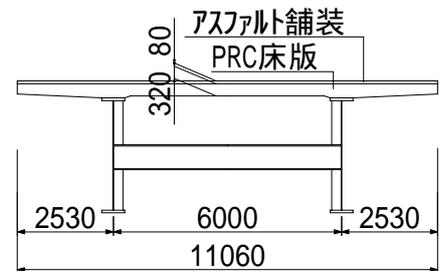


図 - 1 橋梁断面

### 3. S - N 曲線

押抜き型せん断の疲労破壊に対する S - N 曲線として式(1)が提案されている<sup>2)</sup>。

$$\log(P/P_{sx}) = -0.07835 \log(N) + \log(1.520) \quad \dots \text{式(1)}$$

ここに、 $P$  (kN)：作用荷重

$P_{sx}$  (kN)：梁状化した RC 床版の押抜きせん断耐力で、式(2)で算出できる。

$N$  (回)：走行回数

$$P_{sx} = 2 \cdot \tau_{s \max} \cdot x_m \cdot B + 2 \cdot \sigma_{t \max} \cdot C_m \cdot B \quad \dots \text{式(2)}$$

ここに、 $\tau_{s \max}$  (N/mm<sup>2</sup>)：コンクリートの最大せん断応力度

$\sigma_{t \max}$  (N/mm<sup>2</sup>)：コンクリートの最大引張応力度

$x_m$  (cm)：引張り側コンクリート無視の状態での主鉄筋断面の中立軸

$C_m$  (cm)：主鉄筋のかぶり厚

$B$  (cm)：梁状化の幅

式(1)は輪荷重走行試験機における RC 床版の終局限界状態に関する S - N 曲線である。実橋の PC 床版に適用できるように、次の3点の変更を行う。

- a. 梁状化した RC 床版の押抜きせん断耐力式にプレストレスの効果を導入する<sup>3)</sup>。変更した押抜きせん断耐力式を式(3)に示す。

$$P_{sx} = 2 \cdot \tau_{s \max} \cdot x_m \cdot B \cdot \alpha + 2 \cdot \sigma_{t \max} \cdot C_m \cdot B \quad \dots \text{式(3)}$$

ここに、 $\alpha$ ：橋軸直角方向プレストレスによるせん断破壊面の傾きの逆数

- b. 使用限界状態に関する S - N 曲線とする。このとき、使用限界寿命は破壊寿命の半分<sup>4)</sup>と仮定する。
- c. 輪荷重走行試験機と実橋では走行位置、載荷面、床版支間が異なり、式(1)を直接適用できない。そこで、式中の作用荷重を作用せん断力に変換することで実橋に適用できる式とする。変換式には解析で得られた実験の RC 床版における輪荷重とせん断力の関係式（式(4)）を用いる。

$$P = 10/14.11 \cdot Q \quad \dots \text{式(4)}$$

式(1)について上記3点の変更を行うと、式(5)が得られる。

$$\log(Q/P_{sx}) = -0.07835 \log(N) + \log(2.032) \quad \dots \text{式(5)}$$

表 - 1 床版諸元

床版厚		c m	32cm	27cm
設計基準強度		N/mm <sup>2</sup>	39.2	39.2
PC鋼材		径	1t 21.8	1t 21.8
(主鉄筋断面)		ピッチ(mm)	450	400
主鉄筋	圧縮	径	D13	D13
		ピッチ(mm)	100	100
	引張	径	D13	D13
		ピッチ(mm)	100	100
配力鉄筋	圧縮	径	D19	D19
		ピッチ(mm)	125	100
	引張	径	D19	D19
		ピッチ(mm)	125	100
プレストレス力		N/mm <sup>2</sup>	2.2	3.0

#### 4. 等価繰り返し回数

耐用期間中に作用する活荷重からせん断力疲労に対する等価繰り返し回数を算出する。活荷重は過去に大阪大学で調査された実測データを用い<sup>5)</sup>、任意の荷重に対応するせん断力を算出する。この際、活荷重の荷重位置は図-2に示す着目点でせん断力が最大となる位置とし、1台のみとする。1台のみとする理由は次の2点である。

- 予備検討として、1台のみ荷重するケースと2台目を道示に記されている間隔で荷重するケースの2ケースを解析し、せん断力を比較した。その結果、表-1に示すようにせん断力は1.08倍の増加であり、 $m=12.76$ としてマイナー則を適用し等価繰り返し回数に換算しても2.79倍にしかならないことが分かった。
- 文献1)によると、東名高速で同時荷重の頻度を測定した結果、同時荷重の確率は1mのはなれでほぼ1%未満であった。

また、タンDEM軸およびトリDEM軸は隣接する車軸の影響でせん断力が大きくなることを考慮する。衝撃係数は道示の式とし、荷重面は20cm×50cmとする。

以上のように算出したせん断力 $Q_i$ が耐用期間中に $n_i$ 回作用する場合、マイナー則を適用して基本となるせん断力 $Q$ に変換した等価繰り返し回数 $N_{eq}$ は次式で表現できる<sup>3)</sup>。

$$N_{eq} = \sum (Q_i/Q)^m n_i \quad \dots \text{式(6)}$$

ここに、 $m = 1/k$

$k$ : S-N 曲線の傾きの絶対値

ここで、耐用期間は100年を想定し、疲労データ<sup>4)</sup>の不足とばらつきや水の影響を考慮して10倍の1000年を所要寿命と想定する。

#### 5. 照査および床版厚の低減

梁の押抜きせん断耐力、使用限界状態に対する疲労寿命、および実橋の等価繰り返し回数をそれぞれ、式(3)、式(5)、式(6)より算出し、算出結果を表-2の上段に示す。このとき基本となるせん断力は196kN/mとしている。等価繰り返し回数は使用限界状態に対する疲労寿命に達していなく安全といえる。そこで、床版厚を連続版の値に低減して検討した。その結果を表-2の下段に示し、両床版の検討結果をまとめて図-3に示す。床版厚が低減したことによって使用限界状態に対する疲労寿命は1/7~1/8程度に減少した。厚さ5cmの減少に対してこの減少量は少ないようであるが、これは両床版でプレストレス量の違いが入ったためである。床版厚が小さい場合、プレストレス量が大きくなる。床版厚を低減しても、まだ実橋の等価繰り返し回数より十分大きく、さらに低減できるようである。ただし、疲労現象としてはPC鋼材、鉄筋の疲労もあり、それらの照査ならびにひびわれ幅に対する検討も必要である。

#### 6. まとめ

床版支間6mのPC床版2主桁橋を対象としてせん断疲労に対する安全性を実測の活荷重を用いて検討を行い、以下のことが分かった。

- 道示に従って設計した床版(32cm)の疲労寿命は想定した耐用期間の40000倍程度になる。
- 連続版の床版厚(27cm)に低減しても6000倍程度の安全性を有している。

[参考文献] 1)安松,長谷,篠原,長瀬:交通実態を考慮した鋼橋床版の疲労設計に関する検討,第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集,平成10年11月,2)松井:橋梁の寿命予測,安全工学,Vol30, No.6, 1991., 3)東山,松井:橋軸方向プレストレスしたコンクリート床版の走行荷重に対する疲労耐久性に関する研究,土木学会論文集, No.605, -45, 1998.10., 4)阪神高速道路公団・阪神高速道路管理技術センター:道路橋RC床版のひびわれ損傷と耐久性,平成3年12月,5)谷垣:近畿管内の道路橋における交通荷重の実態から見た路線別交通特性と橋梁部材の確率論的安全性評価に関する基礎的研究,大阪大学修士論文,1996.

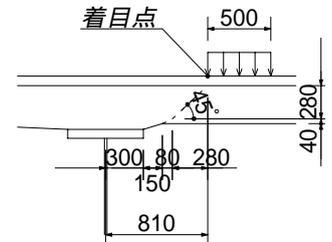


図-2 荷重荷重位置

表-2 疲労検討の結果

床版厚	押抜きせん断耐力	疲労寿命 (Nf)	等価繰り返し回数 (Neq)	Nf / Neq
32cm	954 kN	$5.01 \times 10^{12}$	$1.20 \times 10^8$	41825
27cm	816 kN	$6.86 \times 10^{11}$	$1.20 \times 10^8$	5720

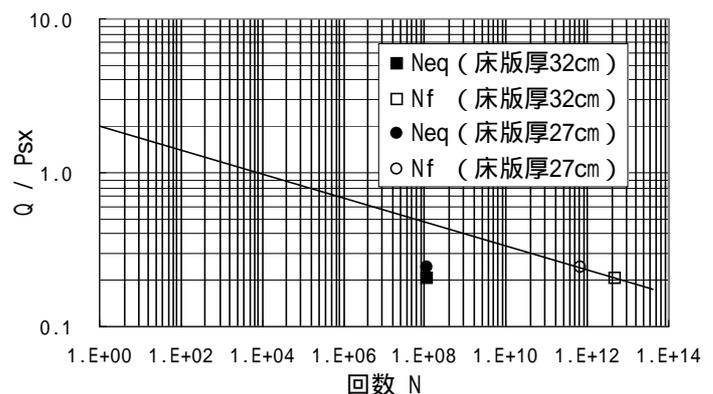


図-3 疲労寿命と等価繰り返し回数