

鉄筋コンクリート床版の疲労耐久性に及ぼす配力鉄筋の影響

Influence of Distribution Bars on Fatigue Durability of Concrete Decks

田中良樹*, 村越潤*, 長屋優子**

Yoshiki Tanaka, Jun Murakoshi, Yuko Nagaya

* 独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター (〒305-8516 つくば市南原 1-6)

**独立行政法人土木研究所 技術推進本部 (〒305-8516 つくば市南原 1-6)

The influence of distribution bars on fatigue in concrete decks subjected to cyclic traffic loading has not sufficiently been identified. As an approach, the results of truck wheel running tests using three concrete decks with the different volume of the distribution bars were compared. The small volume of the distribution bars induced a membrane action in longitudinal axis. In the results, the distribution bars significantly influenced the cycle to the final failure indicating perforation. Additionally, the distribution bars to some extent influenced the cycle to the formation of arch action, which yields the severe stress condition capable of the fatigue failure of the concrete in compression zone.

Key Words: Cyclic loading, Distribution bar, Arch action, Membrane action

1. はじめに

1960年代(昭和40年前後), 道路橋鉄筋コンクリート(RC)床版の早期劣化が頻繁に見られたことから, 床版の実態調査が実施され, 主たる損傷は, 大型車の繰返し載荷による損傷であり, ひび割れの発生・進展, 最終的には路面の抜け落ちに至る, という過程をたどることが報告された¹⁾. また, その調査の結果から, 配力鉄筋量や床版厚が疲労耐久性に及ぼす影響が大きいと考え, RC床版の設計基準が徐々に見直された. 1980年代に, 輪荷重重走行試験によるRC床版の疲労耐久性の評価試験法が確立され^{2),3)}, 1972年(昭和47年)及び1996年(平成8年)の基準改定において, RC床版の疲労耐久性が徐々に改善されたことが同試験法によって確認された⁴⁾.

RC床版の疲労損傷過程については, 輪荷重重走行試験を確立した松井によって多くの点が解明された²⁾. また, RC床版のS-N線として P/P_o-N_f の関係が提案され, 配力鉄筋量の影響が包含される静的押し抜きせん断耐力の評価式(P_o)を用いて表された(P :輪荷重, N_f :抜け落ち破壊までの繰返し数)²⁾. その後提案された, 輪荷重重走行試験下のRC床版がはり状化することを考慮した評価式(P_{xx} , 後述)³⁾では, 配力鉄筋の有効高さが考慮されているが, 適用範囲を配力鉄筋比25%以上に制限した上で, 配力鉄筋量の影響は直接に評価されていない.

著者らは, 多点動的計測を伴うRC床版の輪荷重重走行

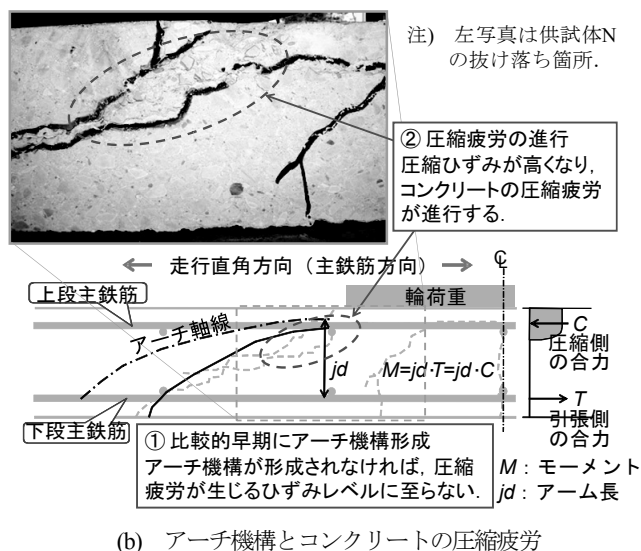
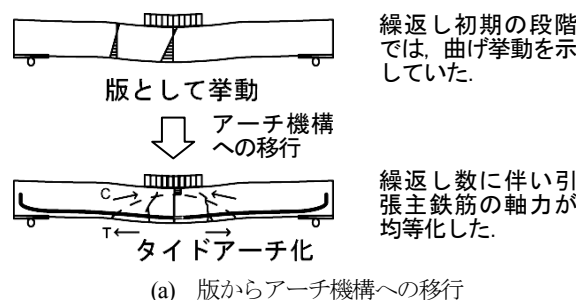


図-1 輪荷重重走行試験におけるRC床版供試体のアーチ機構形成と圧縮域のコンクリートの疲労^{5),6)}

試験を行い、主鉄筋方向に関して、疲労損傷過程における RC 床版の内力の変化を検討した^{5),6)}。その結果(図-1), a) 繰返し移動載荷により比較的早期に床版コンクリート内部にせん断ひび割れ(走行方向に直交する断面で見たときの斜めひび割れ)が発生して、下段の主鉄筋のひずみ分布が、繰返し数の増加とともに、版としての分布から支間方向に均等なアーチのタイ状の分布に変化すること(図(a), (b)の①, 後で図-9 に示す), すなわちアーチ機構に大きく依存する耐荷機構に移行すること(以下, 単にアーチ機構という), かつ走行範囲にわたって主鉄筋方向にアーチ機構が形成されること, b) アーチ機構形成までの輪荷重走行載荷の繰返し数 N_s は, 主鉄筋ひずみから算定されるみかけの中立軸が低下し始める回数と概ね一致すること, c) RC 床版内にアーチ機構が形成された後, 圧縮部材を構成するコンクリートに, 圧縮疲労による弾性係数の低下が生じること(図(b)の②)を報告した。

RC 床版の疲労損傷の過程において, 配力鉄筋の役割は必ずしも明確でない。前述のとおり, 既設 RC 床版の早期劣化事例では配力鉄筋量の不足が一つの要因と考えられたことから, 抜け落ちまでの繰返し数 N_f には配力鉄筋量が何らかの影響を及ぼすものと推察される。一方, アーチ機構の形成は, コンクリート内部のひび割れ進展に関連することから, アーチ機構形成までの繰返し数 N_s への配力鉄筋の影響は顕著でないものと推察される。これらの点について検討するため, 上述の供試体と配力鉄筋量の異なる供試体 2 体について, 同様の輪荷重走行試験を実施した。本文では, それらの試験結果を報告するとともに, 疲労損傷過程における配力鉄筋の挙動と疲労耐久性に及ぼす配力鉄筋量の影響について述べる。

2. 試験方法

図-2, 表-1 に供試体の形状寸法と主な諸元を示す。供試体 N^{5),6)} は, 昭和 39 年の道路橋示方書を適用した床版に概ね相当する供試体(以下, 39 床版)である。供試体 N2, N0 は供試体 N とほとんど同一であるが, 配力鉄筋の断面積をそれぞれ 2 倍, 0.25 倍とした。

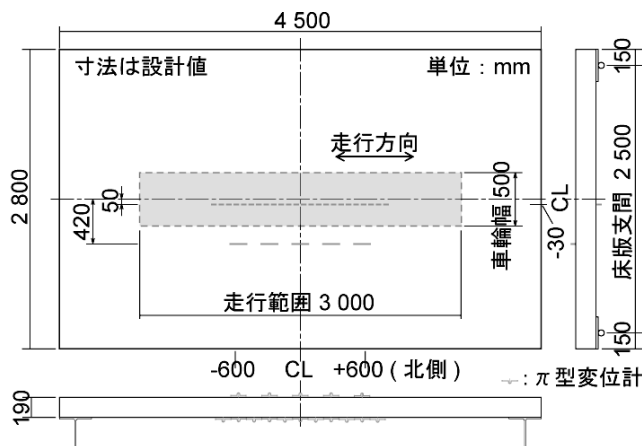


図-2 供試体の形状寸法

コンクリートの練り混ぜはプラントでの実機練りとした。表-2 に, コンクリートの配合と打設記録を示す。養生シートで約 10 日間養生した後, 気中に放置した。

表-1 床版供試体の主な諸元

供試体		主鉄筋			配力鉄筋		床版厚 (mm)
		呼び径	間隔 (mm)	上縁からの距離* (mm)	呼び径	間隔 (mm)	
N	上段	D16	300	35	D10	300	192
	下段	D16	150	164	D13	300	
N2	上段	D16	300	30	D10	150	190
	下段	D16	150	164	D13	150	
N0	上段	D16	300	36	D6	300	194
	下段	D16	150	164	D6	300	

*) 床版上縁から鉄筋中心までの距離, 解体後実測値を示す。

表-2 コンクリートの配合及び打設記録

供試体	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					SL (cm)
				W	C	S	G	AE	
N	73.5	3.4	49.1	188	256	609	942	2.56	20.5
N2	66.0	5.0	48.1	182	276	852	961	2.76	18.0
N0	66.0	5.0	48.1	182	276	852	961	2.76	20.5

セメント: 普通ポルトランドセメント, AE: AE 減水剤(遅延形 78S), 最大粗骨材寸法 $G_{max} = 20\text{mm}$, 目標圧縮強度: 25 N/mm^2 注) 埋め込みゲージの設置に配慮してスランブを大きくした。

表-3 コンクリートの圧縮及び割裂引張強度試験結果

供試体	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比	割裂引張強度 (N/mm ²)	材齢 (日)
N	26.8	26.5	0.215	2.2	64
N2	27.0	25.2	0.209	2.0	28
N0	29.8	27.6	0.217	2.3	39

注) 輪荷重走行試験直前, 3 本の平均値

表-4 鉄筋の引張試験結果

供試体	鉄筋	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
N	D10	338	477	189
	D13	350	504	192
	D16	390	593	196
N2	D10	359	516	194
	D13	338	482	192
	D16	342	514	194
N0	D6	345	561	205
	D16	349	525	194

材質は SD295A, いずれも 3 本の平均値

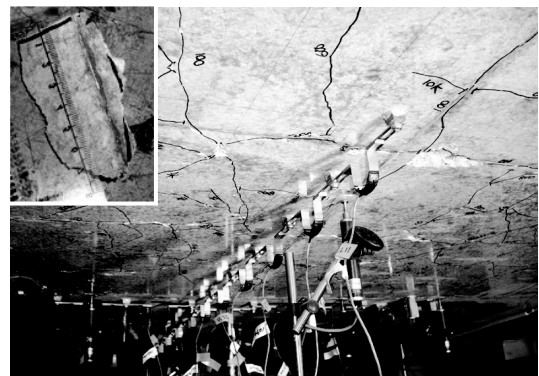


写真-1 走行試験中における供試体 N0 の下面の状況
左上は走行試験中に剥落したコンクリート片

表-3 にコンクリートの圧縮強度試験及び割裂引張強度試験の結果を示す。表-4 に鉄筋の引張試験結果を示す。

床版供試体の支持は2辺(長辺)を単純支持、他の2辺を弾性支持とした。図-2 に示した網掛け部分に輪荷重を走行載荷させた。走行荷重はいずれの供試体も 157kN 一定とした。

主な計測項目は、鉛直変位、鉄筋及びコンクリートのひずみ、ひび割れ幅とした。ひび割れ幅は、上下面のひび割れを対象として、 π 型変位計を用いて測定した。上下面ともに、コンクリートのひび割れは、鉄筋位置に概ね沿って出る傾向があることから、主鉄筋をまたぐように π 型変位計を配置した(基長 150mm、ただし供試体 N2 は 100mm)。下面のひび割れ幅は走行範囲の直下で(写真-1)、上面のひび割れ幅は走行方向中心線から 420mm 離れた位置でそれぞれ測定した(図-2)。計測はひずみと変位の全点を対象として、所定の回数ごとに、床版支間中央で静的載荷を行った際の静的計測(SS データ)と、その直前 30 秒間の走行中における動的計測(20Hz、DT データ)を行った。

試験終了後、床版の破壊箇所を中心に走行方向及び走行直角方向に切断して、内部のひび割れ状況の観察及び版厚、鉄筋位置の計測を行った。

3. 結果

3.1 外観変状と内部のひび割れ

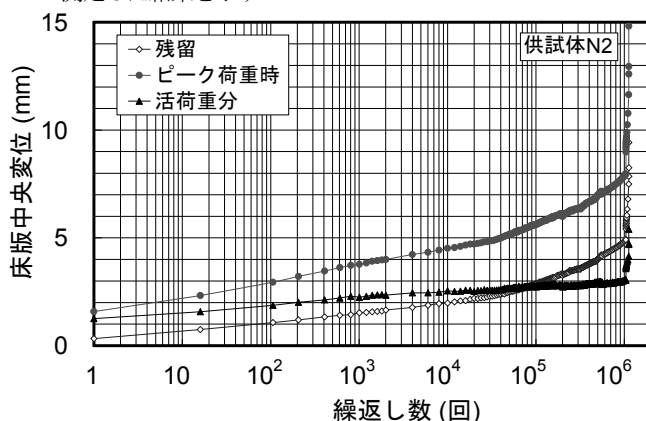
表-5 に、各供試体の破壊までの繰返し数 N_f と前述のアーチ機構形成までの繰返し数 N_s (図-8 に示す中立軸のピーク時回数)を示す。図-3 に、供試体 N2、N 及び N0 について、静的載荷における床版中央変位の変化を示す。図中、載荷時の測定結果をピーク荷重時、除荷時の測定結果を残留、それらの差を活荷重分として、それぞれ示す。供試体 N2、N、N0 はいずれも抜け落ちを伴う破壊が生じた。配力鉄筋量が多い供試体の方が、破壊までの繰返し数が多く、疲労耐久性が高い傾向が見られた。また、供試体 N0 の場合、写真-1 に示すように、床版下面のひび割れに沿った角欠けの程度が大きく、走行試験中に 40mm×80mm×20mm 程度の大きさのコンクリート片の剥落が見られた(同写真左上、約 3 万回時に確認)。供試体 N2、N の試験では、このような大きなコンクリート片の剥落は抜け落ち時以外に見られなかった。なお、供試体 N に比べて、供試体 N2、N0 は、抜け落ちが見られ始めてからも、床版中央変位が 14~15mm 程度となるまで載荷を繰り返した。

図-4~6 に、供試体 N2、N、N0 の床版上面ひび割れと抜け落ち箇所、抜け落ちた断面を含む 3 つの走行直角方向断面のひび割れ図、及び走行位置直下断面のひび割れ図(走行方向断面)をそれぞれ示す。床版上面のひび割れに関して、供試体 N2、N0 の方が供試体 N に比べて多いのは、前述の抜け落ち確認後の載荷の違いによる影響

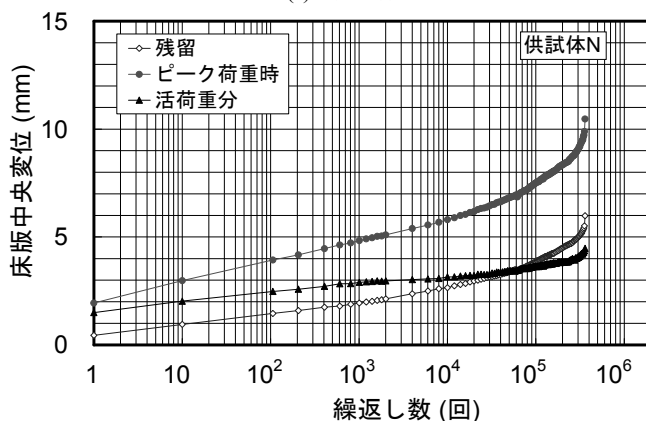
表-5 中立軸位置と走行繰返し数

供試体	中立軸位置(上縁からの距離, mm)		繰返し数(回)	
	主鉄筋 x_m	配力鉄筋 x_d	抜け落ち破壊まで N_f	アーチ機構形成まで N_s
N	55	34	360,000	6,000
				22,000
				4,000
N2	54	44	1,130,000	6,000
				8,000
				16,000
N0	52	18	40,800	800
				—
				1,400

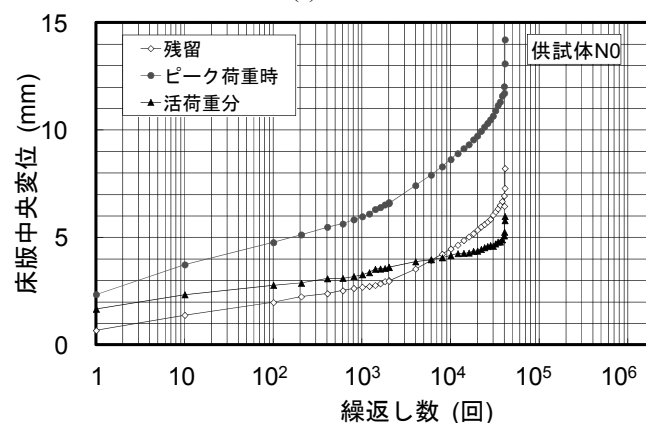
注) 中立軸位置は、いずれもコンクリートの引張を無視した場合。 N_s は、床版中心及び走行方向に前後±600mm の 3 断面で測定した結果を示す。



(a) 供試体 N2



(b) 供試体 N



(c) 供試体 N0

図-3 床版中央変位の変化 (SS データ)

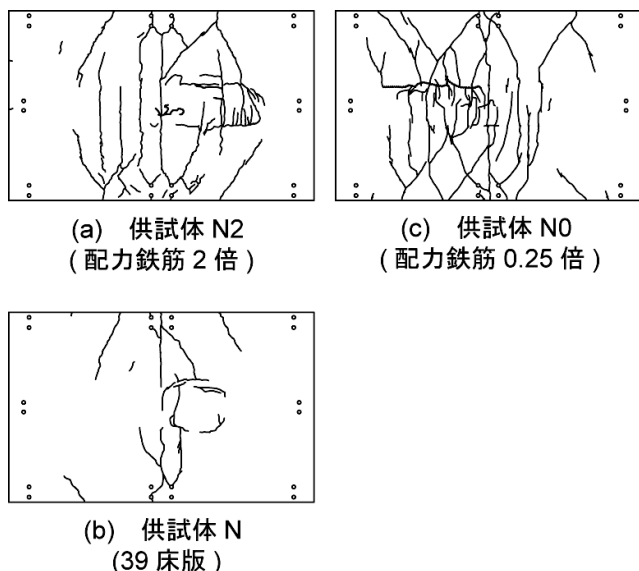


図-4 試験後の床版上面のひび割れ図

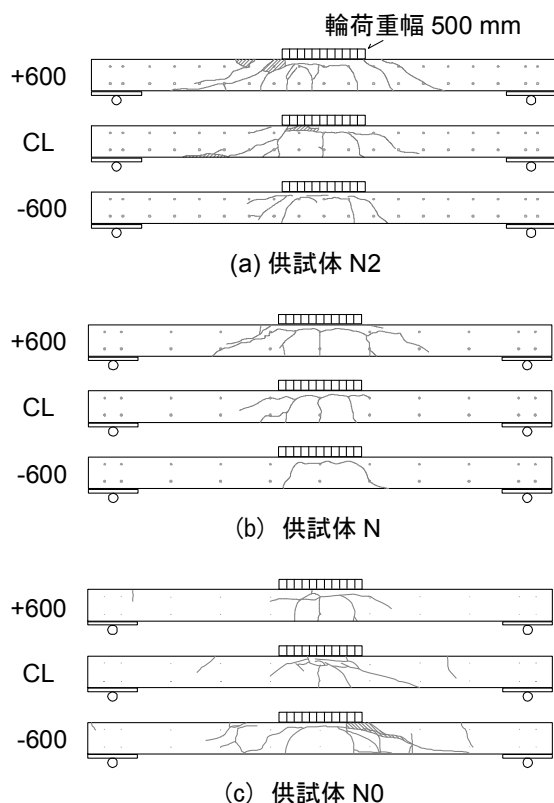


図-5 走行直角方向の断面内のひび割れ図

CL±600 の位置は図-2 のとおり。下線は抜け落ちた断面。

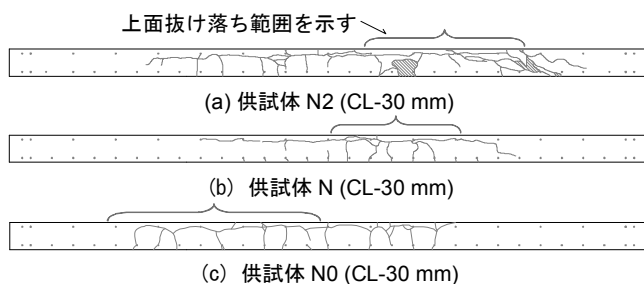


図-6 輪荷重走行位置直下の断面のひび割れ図

CL-30mm の位置は図-2 のとおり。

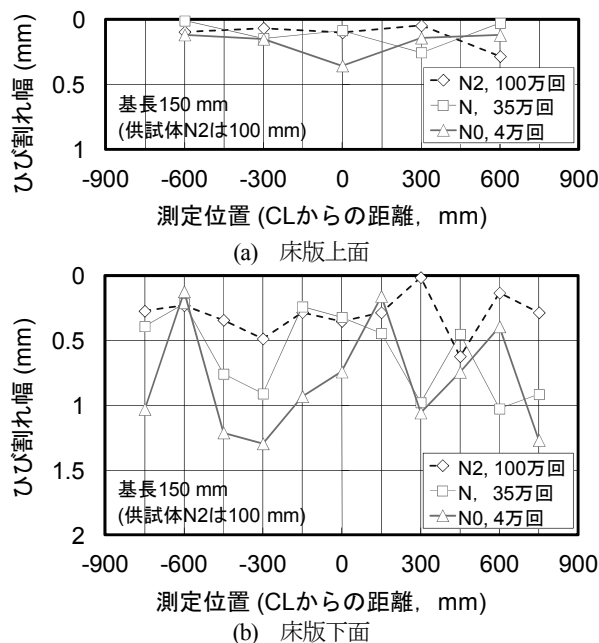


図-7 π 型変位計によるひび割れ幅 (走行方向, DT データ)

が大きい。配力鉄筋量に関係なく、輪荷重走行位置直下の中立軸付近に斜めひび割れが見られた(抜け落ちに伴う破壊とは別)。抜け落ちの範囲は、抜け落ちを確認した時の損傷の程度によっても異なるので(抜け落ちの兆候が見られた後も載荷を続ければ抜け落ち範囲が広がる)、単純比較はできない。配力鉄筋量を多くした供試体 N2 では、走行直角方向の抜け落ち幅が広く(図-5)、また、抜け落ち箇所のコンクリートの走行直角方向貫通ひび割れが相対的に少ない傾向が見られた(図-6)。

図-7 に、各供試体の破壊直前における、床版下面の走行直角方向ひび割れのひび割れ幅(動的波形の最大ピーク値)を示す。参考として、同図(a)に床版上面の結果を示す。供試体 N に比べて配力鉄筋量が少ない供試体 N0 は、床版下面のひび割れ幅が大きく、かつ、ひび割れ幅が大きい走行直角方向ひび割れが多い傾向が見られる。このことは、供試体 N0 のコンクリート片の剥落を容易にした一因と考えられる。一方、配力鉄筋量が多い供試体 N2 は、下面のひび割れ幅がいずれの箇所においても小さい傾向にあった。

3.2 主鉄筋のひずみと中立軸の変化

図-8 に、各供試体について、上下の主鉄筋のひずみから算出したみかけの中立軸の変化を示す。表-5 中の N_s は、便宜的にこの図におけるピーク値から求めた。抜け落ち破壊が生じた断面は、いずれも上縁からの距離が最も小さくなった断面であった。なお、供試体 N0 のうち、床版の中央の値は明確なピーク値が見られなかった。図-5(c)に示したように、この断面(図中 CL)のひび割れは、他のひび割れ図とやや異なり、中央付近に斜めひび割れが集中する傾向が見られた。

図-9 に、各供試体について、床版中央下段主鉄筋の

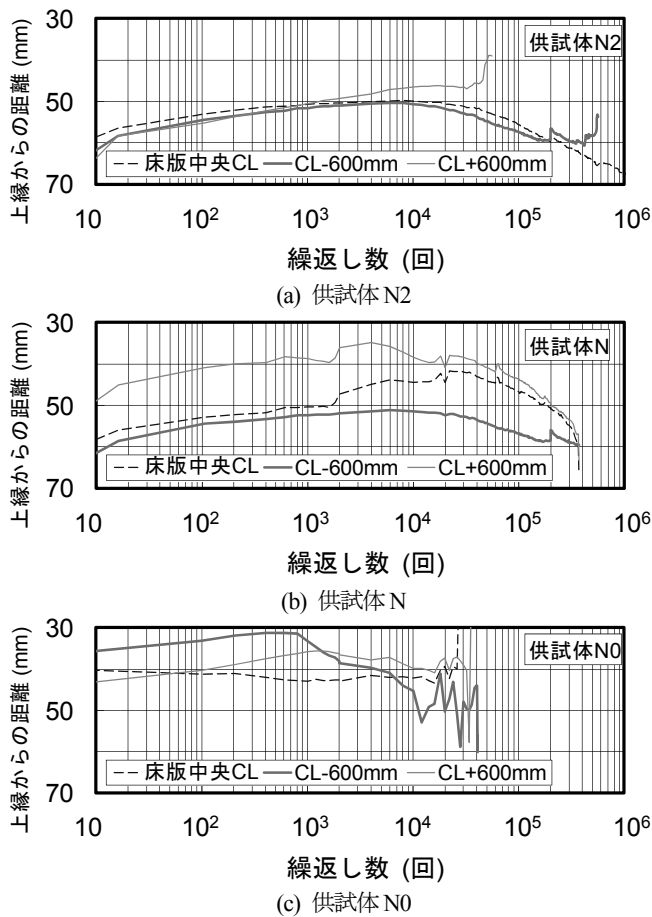


図-8 中立軸の変化 (主鉄筋, DT データ)

ひずみ(鉄筋上下でひずみを計測した箇所はその平均値)の分布を示す。コンクリートの引張強度を無視した二辺単純支持床版の直交異方性版理論による計算結果を合わせて示す。供試体 N と同様に⁵⁾、供試体 N2, N0 ともに、繰返し数の増加に伴い、ひずみ分布が版の曲げモーメント分布に概ね応じた分布形状から、軸方向に変化のないタイドアーチのタイ状の分布形状に変化する傾向が見られる。ただし、供試体 N2 は、破壊直前においてもひずみ分布が完全に水平に至らず、床版支間の中央付近の狭い範囲で、ひずみが均等化する傾向が見られた。

供試体 N2 の主鉄筋ひずみは、走行初期において、計算値に比較的近い挙動を示したが、走行繰返しに伴い増加した。これは、図-8 に示したように、繰返し数の増加とともに、曲げひび割れが進展して、中立軸の位置が上縁に近づくことと関係すると考えられる。

配力鉄筋量に変化しても、下段主鉄筋のひずみ分布の計算値には差が生じないが、測定結果では、配力鉄筋量の減少に伴って、ひずみが増加する傾向が見られた。主鉄筋が車両走行方向に直角の場合に、版理論による配力鉄筋方向の曲げモーメントの計算値が主鉄筋方向の曲げモーメントの 60~80%となるのに対して、39 床版は、配力鉄筋比が 25%程度と相当に不足しており、曲げひび割れ発生後は主鉄筋の負担がさらに大きくなると考えられている^{1),7)}。上述のとおり、配力鉄筋比が 64%で

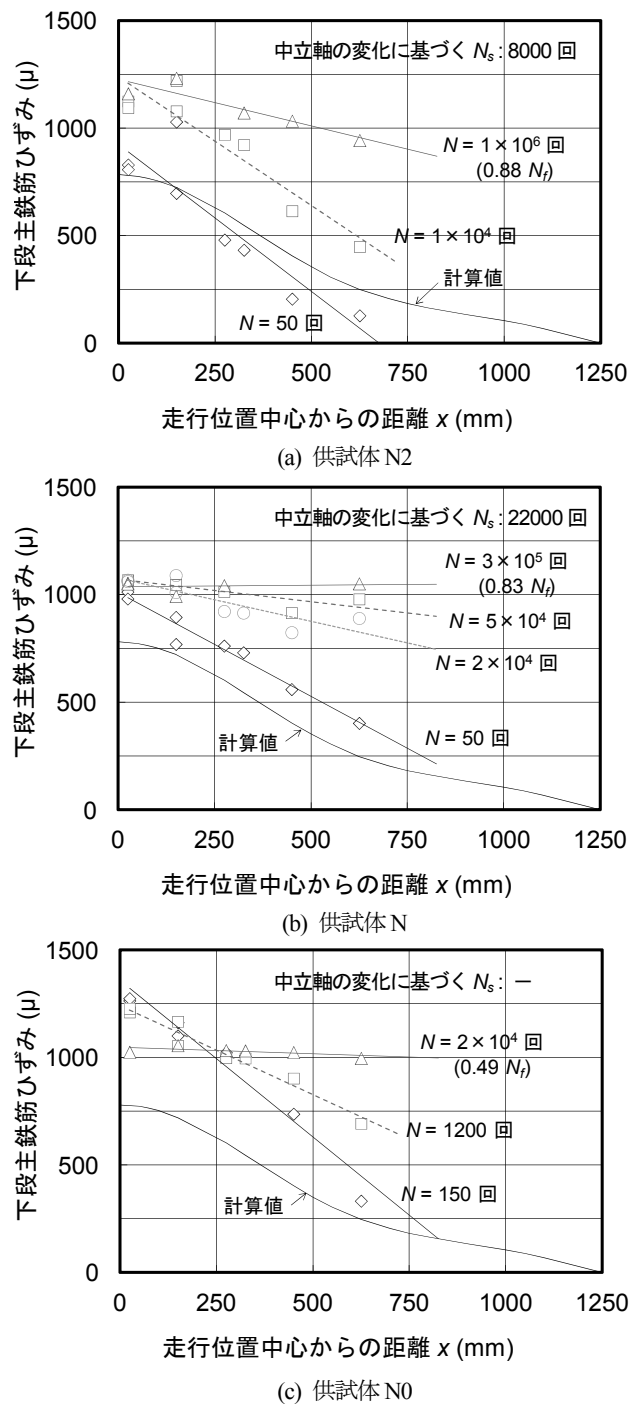
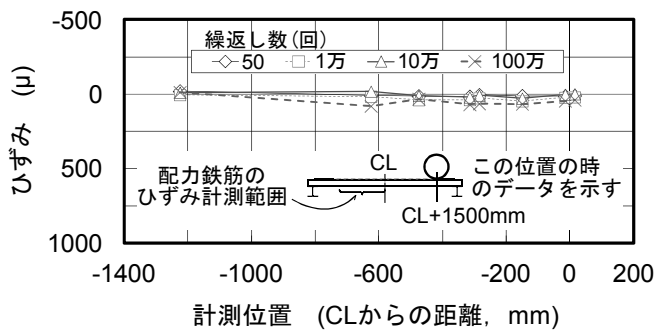


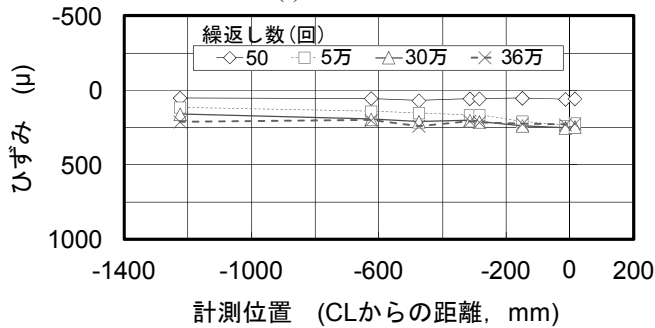
図-9 床版中央下段主鉄筋のひずみ分布 (DT データ)
注)x: 走行直角方向の距離

ある供試体 N2 は、走行初期に計算値と概ね一致して、版としての挙動が見られたのに対して、39 床版に相当する供試体 N(配力鉄筋比 32%)は、走行初期の段階より、主鉄筋ひずみが計算値よりも大きく、配力鉄筋が少ないことの兆候が現れていたと考えられる。しかし、途中からアーチ機構に移行したため、主鉄筋のひずみの最大値は大きく変化しなかったことがわかる。

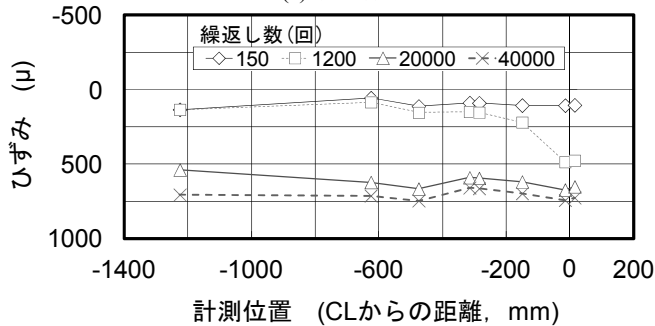
配力鉄筋比が 8%と著しく小さい供試体 N0 では、走行初期の主鉄筋ひずみ分布が計算値よりなお顕著に乖離していた。供試体 N0 では、供試体 N と異なり、タイ



(a) 供試体 N2



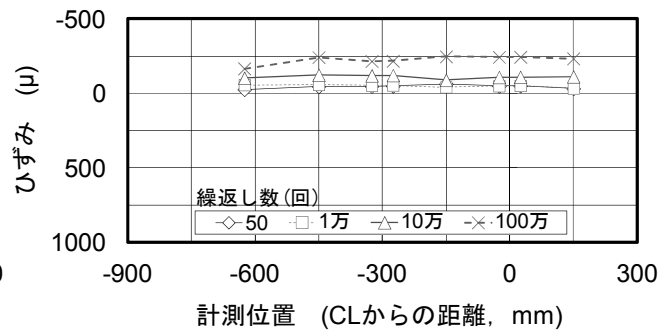
(b) 供試体 N



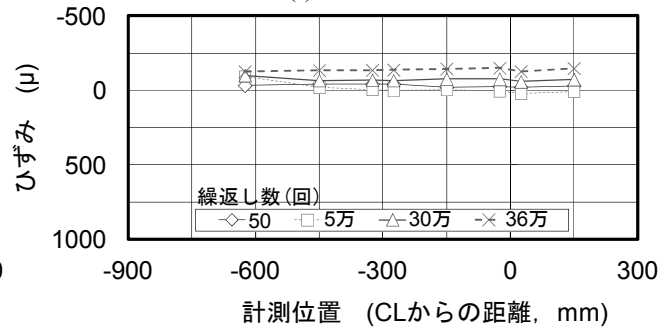
(c) 供試体 N0

図-10 上段配力鉄筋の遠方載荷時ひずみ分布 (DT データ)

注) ×印で示す繰返し数は $0.9N_f$ 以上



(a) 供試体 N2



(b) 供試体 N



(c) 供試体 N0

図-11 上段主鉄筋の遠方載荷時ひずみ分布 (DT データ)

注) 図-10 と同じ時間におけるデータを示す。

状の分布形状に変化するに従って、床版中央のピークひずみは繰返し数の増加とともに徐々に小さくなる傾向が見られた。

3.3 上段鉄筋のひずみ分布

図-10 に、各供試体について、床版中心を通る上段配力鉄筋の遠方載荷時ひずみ分布の変化を示す。ここでは、走行中の測定結果のうち、輪荷重が図-10 のデータの計測範囲から最も遠い位置 (CL+1500mm) に載荷されている状態での結果を遠方載荷時ひずみと呼ぶ。これらの供試体では、上段配力鉄筋の位置は、計算上の中立軸位置 (表-5、いずれもコンクリートの引張を無視した場合) の近くであり、健全時の計算ひずみは小さい傾向にある。輪荷重を完全に除去したときの残留ひずみは、いずれの供試体でも、抜け落ち前の繰返し数 $0.9N_f$ の段階においてさえ、わずかであった (図-10(a) と同程度)。供試体 N2 では、遠方載荷時と完全に除荷した時とで、これらのひずみ分布に顕著な差は見られなかった。配力鉄筋量が少

なくなるほど、遠方載荷時ひずみが大きくなる傾向が見られ、供試体 N0 では、遠方載荷時であっても 750μ の引張ひずみが発生していた。下段の配力鉄筋のひずみは、繰返し数の増加とともに、ひずみゲージが測定不能となる箇所が多いため、ここでは割愛したが、大抵の場合に、上段の配力鉄筋の遠方載荷時ひずみよりも下側の方が引張側に大きかった。供試体 N や N0 の場合、遠方載荷時であっても、上下の配力鉄筋に引張ひずみが作用していた。輪荷重が床版中央に載荷されたときには、上下の配力鉄筋にさらに大きい引張ひずみが作用しており、その値が繰返し数の増加とともに増加して、版から膜の挙動に近づく傾向が見られた。

図-11 に、床版中心を通る上段主鉄筋の遠方載荷時ひずみ分布を示す (それぞれ図-10 と同じ時間の値)。完全に除荷したときの上段主鉄筋の残留ひずみは、これらの図と概ね同程度であり、遠方載荷の影響はほとんど見られなかった。上段主鉄筋の遠方載荷時ひずみ (残留ひずみも同様) は、配力鉄筋と異なり、配力鉄筋量が多いほど、

繰返し数とともに圧縮側に大きくなる傾向が見られた。

4. 配力鉄筋の影響

図-12 に、供試体 N2, N, N0 の結果から得られた配力鉄筋量と繰返し数 N_s , N_f との関係を示す。横軸は、配力鉄筋量を 39 床版である供試体 N に対する比で表す。これまでの試験結果^{5), 6)}より、アーチ機構形成までの繰返し数 N_s は、コンクリート材料の持つせん断強度特性に依存し、配力鉄筋の影響がほとんどないと想定していた。供試体 N2, N は想定どおり N_s の差が明確でなかったが、配力鉄筋が少ない供試体 N0 の N_s はそれらに比べて顕著に低下した。供試体 N0 の上段配力鉄筋における遠方載荷時ひずみの増加は、走行試験初期の段階から見られ、配力鉄筋方向には早い段階から版よりも膜に近い挙動を示していた。その結果、主鉄筋の負担が大きくなると考えられ、この点から、少ない配力鉄筋量が繰返し数 N_s に影響した可能性があると考えられる。一方、抜け落ち破壊までの繰返し数 N_f は、図-3 で示したとおり、配力鉄筋の増加に伴い増加する傾向が見られた。この傾向は、既設 RC 床版の実態に基づく、配力鉄筋量が少ないほど疲労耐久性が低下する⁷⁾という見方と一致する。

図-13 に、RC 床版の抜け落ち発生を対象として、S-N 線の整理に用いられている指標 P/P_{sx} と、抜け落ちまでの繰返し数 N_f の関係を示す。この指標のうち、 P は試験時の走行荷重であり、 P_{sx} は次式で算出されるはり状化した後の静的押し抜きせん断耐力である³⁾。

$$P_{sx} = 2B(\tau_{smax} \cdot X_m + \sigma_{max} \cdot C_m) \quad (1)$$

ここに、 B : はり化幅 ($= b_b + 2d_d$)、 b_b : 載荷ブロックの走行方向辺長 ($= 200 \text{ mm}$)、 d_d : 配力鉄筋の有効高さ、 τ_{smax} : コンクリートの最大せん断応力度 ($= 0.252f_c^{0.23}$)、 σ_{max} : コンクリートの最大引張応力度 ($= 0.269f_c^{0.23}$)、 X_m : 主鉄筋断面の中立軸計算値、 C_m : 主鉄筋のかぶり厚さ、 f_c : コンクリートの圧縮強度

図中の 39 床版、47 床版は、既往の旧土木研究所における試験結果⁵⁾を示す(47 床版は、昭和 47 年の道路橋示方書を適用した床版に相当する供試体)。合わせて、39 床版の結果に基づく回帰曲線を示す。これらの結果より、供試体 N を含む 39 床版や 47 床版の結果は、 P/P_{sx} との

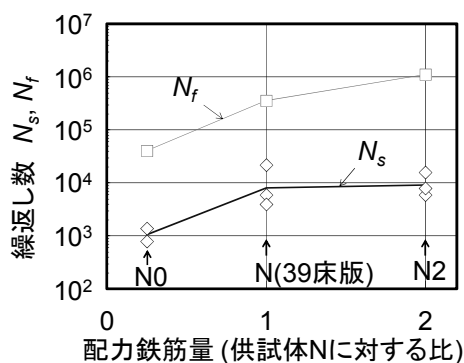


図-12 配力鉄筋量と繰返し数 N_s , N_f との関係

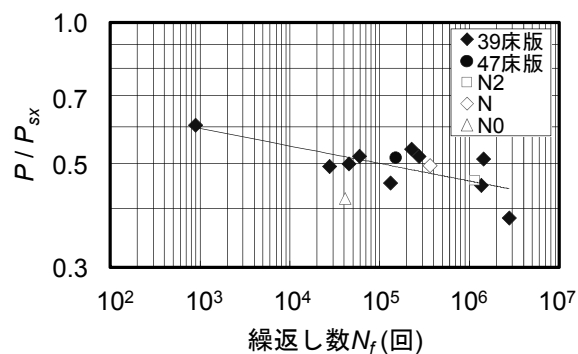


図-13 P/P_{sx} と N_f の関係

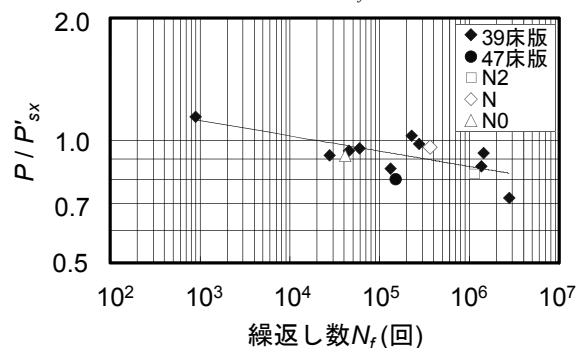


図-14 P'/P_{sx} と N_f の関係

関係が明確であったが、配力鉄筋量が著しく少ない供試体 N0 の結果は 39 床版の結果から乖離することがわかる。図-12 のとおり、これらの 3 体の範囲では、抜け落ちまでの繰返し数 N_f が配力鉄筋量の影響を強く受けていた。これを踏まえて、式(1)の B の代わりに、式(2)のとおり、載荷幅の両端に配力鉄筋断面の中立軸計算値 x_d を加えた $B_d (= b_b + 2x_d)$ を用いた結果を図-14 に示す。

$$P'_{sx} = 2B_d(\tau_{smax} \cdot X_m + \sigma_{max} \cdot C_m) \quad (2)$$

これより、供試体 N0 の結果が 39 床版の結果と合わせてよく表せることがわかった。

はり化幅 B は、既往の試験における貫通ひび割れ幅の詳細な観察に基づくとして記されている³⁾。床版が抜け落ちる段階では、既にアーチ機構の形成が走行方向の広範囲にわたっており、単位幅当りのはりと見なせる状況に至っていると考えられる。試験結果は限られるが、図-14 の結果より、抜け落ちに寄与する幅に、載荷ブロックの大きさや貫通ひび割れの間隔だけでなく、配力鉄筋量の影響も考慮した方が、抜け落ちまでの繰返し数 N_f をより適切に整理できる可能性があると考えられる。

次に、アーチ機構形成までの繰返し数 N_s について、図-15 に P/P_{sx} との関係を示す。供試体 N2, N, N0 の N_s は表-5 に示した値を示す。合わせて、39 床版の結果⁵⁾とその回帰曲線を示す。繰返し数 N_s についても、配力鉄筋量が著しく少ない供試体 N0 の結果は 39 床版の結果に比べて乖離した。

アーチ機構の形成はコンクリート内部のひび割れ進展に起因すると考えられることから、繰返し数 N_s は、配力鉄筋量の影響を受ける場合があるほか、コンクリート材料のもつせん断強度特性に強く依存すると推察され

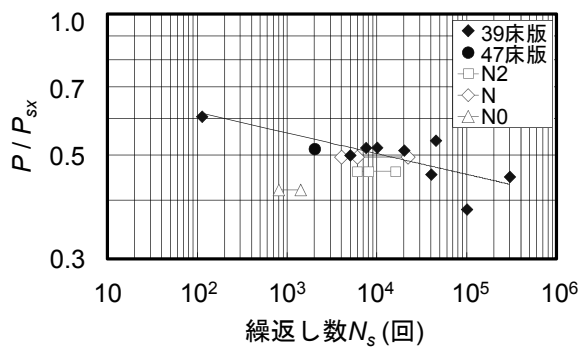


図-15 P/P_{sx} と N_s の関係

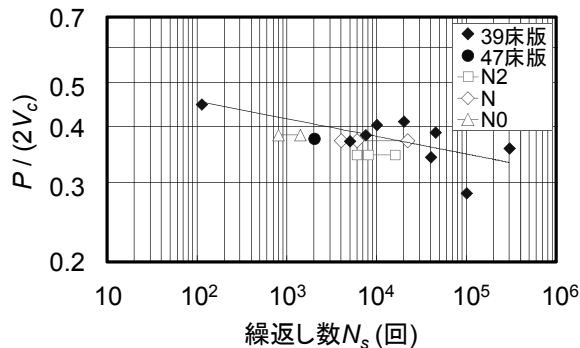


図-16 $P/(2V_c)$ と N_s の関係

る。これを踏まえて、 $P/(2V_c)$ という指標を用いて、繰返し数 N_s との関係を図-16 に示す。 V_c は次のとおり定義した。

$$V_c = \tau_{smax} \cdot B_d \cdot d_m \quad (3)$$

ここに、 d_m ：主鉄筋の有効高さ

走行方向に連続して発生するひび割れを想定しているが、配力鉄筋の影響を考慮するため、便宜的に前出の B_d の概念を導入した。この結果より、指標 $P/(2V_c)$ と N_s の関係は、 P/P_{sx} で整理した場合に比べて、配力鉄筋量による影響が改善されることがわかった。

5. まとめ

配力鉄筋量が 39 床版の 2 倍、1 倍、0.25 倍とそれぞれ異なる 3 体の RC 床版供試体 N2, N, N0 の輪荷重走行試験により、次の結果が得られた。

- 1) 配力鉄筋量が多い供試体の方が、破壊までの繰返し数が多く、疲労耐久性が高い傾向が見られた。このことは、既設 RC 床版の実態調査に基づく、配力鉄筋量が少ないと疲労耐久性が低い¹⁾とした見方と一致する。
- 2) 上段配力鉄筋の遠方載荷時ひずみは、配力鉄筋量にかかわらず抜け落ちに至るまでほとんど変化が見られなかった完全除荷時の残留ひずみと異なり、配力鉄筋量が少なくなるほど、繰返し数の増加とともに引張側に大きくなる傾向が見られた。配力鉄筋量が少ない場合、下段配力鉄筋の遠方載荷時引張ひずみが上段配力鉄筋よりも大きいこと、及び輪荷重が測定位置近傍に載荷された時にはなお大きい引張ひずみが作用する傾向があることも考慮すると、走行繰返し数の増加

とともに、配力鉄筋方向の挙動が版から膜の挙動に移行する傾向があると考えられる。

- 3) アーチ機構の形成は走行方向に直交する断面で見たときのコンクリートの斜めひび割れ進展に関係すると考えられることから、アーチ機構形成までの繰返し数 N_s に及ぼす配力鉄筋の影響は顕著でないと推察していた。そのとおり、配力鉄筋量を 39 床版の 2 倍とした供試体 N2 の場合、アーチ機構が形成されるまでの繰返し数 N_s は 39 床版の供試体 N とほとんど差が見られなかった。しかし、配力鉄筋量を同 0.25 倍とした供試体 N0 の場合、繰返し数 N_s が著しく低下した。
- 4) 供試体 N0 の上段配力鉄筋における遠方載荷時ひずみの増加は、走行試験初期の段階から見られ、配力鉄筋方向には早い段階から版よりも膜に近い挙動を示していた。その結果、主鉄筋の負担が大きくなると考えられ、実際に、供試体 N0 の床版支間中央における下段主鉄筋のひずみが走行初期の段階で他の供試体より大きい傾向が見られた。この点から、少ない配力鉄筋量がアーチ機構形成までの繰返し数 N_s に影響した可能性があると考えられる。
- 5) 抜け落ちまでの繰返し数 N_f に及ぼす配力鉄筋量の影響は、はり状化した後の静的押し抜きせん断耐力 P_{sx} の算定におけるはり化幅の代わりに、載荷幅の両端に配力鉄筋断面(引張無視の RC 断面)の中立軸計算値 x_d を加えた幅を用いることで、より適切に評価できる可能性がある。
- 6) アーチ機構形成までの繰返し数 N_s は、配力鉄筋量の影響とコンクリート材料のせん断強度特性を考慮した式(3)を用いて、概ね評価できることを示した。

参考文献

- 1) 国広哲男：道路橋床版の問題点，橋梁と基礎，2-7，pp.1-5，1968.7.
- 2) 松井繁之：道路橋コンクリート系床版の疲労と設計法に関する研究，大阪大学博士論文，1984.11.
- 3) 松井繁之：移動荷重を受ける道路橋 RC 床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次論文報告集，9-2，pp.627-632，1987.
- 4) 内田賢一，西川和廣：既設道路橋床版の疲労耐久性に関する検討，第 1 回鋼橋床版シンポジウム講演論文集，pp.37-42，1998.11.
- 5) 長屋優子，村越潤，田中良樹：繰返し移動荷重を受ける鉄筋コンクリート床版のひび割れ挙動に関する検討，コンクリート工学年次論文集，pp.907-912，2008.
- 6) 田中良樹，村越潤，長屋優子：道路橋 RC 床版の疲労損傷過程における上面かぶりの剥離の影響，コンクリート工学年次論文集，pp.913-918，2008.
- 7) 太田実：鉄筋コンクリート道路橋床版における配力鉄筋量の検討，土木研究所資料第 307 号，1967.7.