

## 論文

## RC 床版の疲労耐久性に及ぼす打継目の影響

吉田 英二\*・村越 潤\*・田中 良樹\*

\* 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 茨城県つくば市南原 1-6)

RC 床版の部分打替えの際に新旧コンクリートの境界となる打継目が RC 床版の疲労耐久性に及ぼす影響を検討するため、打継目を模擬した RC 床版供試体 6 体の輪荷重走行試験を実施した。そのうち 1 体については、床版上面に水を張った状況下で試験を実施した。その結果、水張りの有無にかかわらず、いずれの供試体も早期に打継目の開きが生じたが、打継目部分から破壊に至ることはなかった。

キーワード：床版、部分打替え、打継目、輪荷重走行試験

## 1. はじめに

昭和 40 年代前後に建設された道路橋の鉄筋コンクリート (RC) 床版は、輪荷重の繰返し载荷に起因した疲労損傷により、抜け落ちに至るといった事例が報告されている<sup>1)</sup>。RC 床版の抜け落ちが生じた場合には、応急的部分打替え等の措置を行うことになるが、その他の部位を含めた全面更新等の対策は予算・交通規制の制約からすぐには対応できない場合も多く、再度別の部位あるいは新旧コンクリートの打継目付近で抜け落ちに至る事例も見られる(写真-1)。一方では、床版の劣化損傷の形態として、必ずしも床版全面に同時に同程度に損傷が進行していくわけではないことから、早期に床版を更新する方法として、打替え済み部分を活かして段階的に部分打替えを行うことにより、予算や交通事情に応じて徐々に更新していくことも現実的な対応策と考えられる。この場合、コンクリートの打替えによる寿命改善効果を把握しておく必要がある。写真-1 の損傷事例より、部分的に打替えていく際のコンクリートの打継目周辺では、早期に貫通ひび割れが生じることが懸念され、路面からの水の影響を伴って、十分な疲労耐久性が得られないことも考えられる。

本研究では、新旧コンクリートの打継目を想定し、走行直角方向の打継目を設けた RC 床版供試体 6 体を製作し、輪荷重走行試験を実施した。そのうち 1 体については、床版上面に水を張った状況下で試験を実施した。

## 2. 試験方法

## 2.1 床版供試体

図-1 および表-1 に、床版の形状寸法と主な諸元を示す。供試体は、昭和 39 年の道路橋示方書を適用した床版 (39



写真-1 床版打継目付近の抜け落ち<sup>1)</sup>

床版)に概ね相当する断面諸元とした供試体 NC1 と同様の供試体 NC2~3, 配力鉄筋量が NC1 の 0.25 倍とした供試体 NC4, 同 2 倍とした供試体 NC5, 同 1 倍とした水張り用の供試体 NC6 の計 6 体を製作した。コンクリートの打設は、打継目を設けるため、2 回に分けて行った。先打部のコンクリートは、目標圧縮強度を 24MPa とし、後打部のコンクリートは、部分打替えによる補修を想定し、目標圧縮強度を 50MPa とした。表-2 に、コンクリートの材料試験結果を示す。

供試体の打継目は、床版中央から走行方向に 600mm 離れた位置に設けた。打継面に凹凸を設けるため、1 回目の打設時に、約 5mm メッシュの金網(直径 1mm)を打継目の型枠に固定した。先打部のコンクリートを打設して、7 日間湿潤養生を行った後、打継目の型枠と金網を取り外して、後打部のコンクリートを打設した。

## 2.2 载荷試験と計測項目

床版供試体の支持は、2 辺(長辺)を丸鋼と鋼板による単純支持、他の 2 辺を横桁 H 鋼による弾性支持とした(図-1)。各支持部と供試体の間には、モルタルを敷いて不陸を調整した。図-1 に示す走行範囲に、鋼製ブロック (200mm×500mm)を連続して並べ、その上に鋼板を敷設

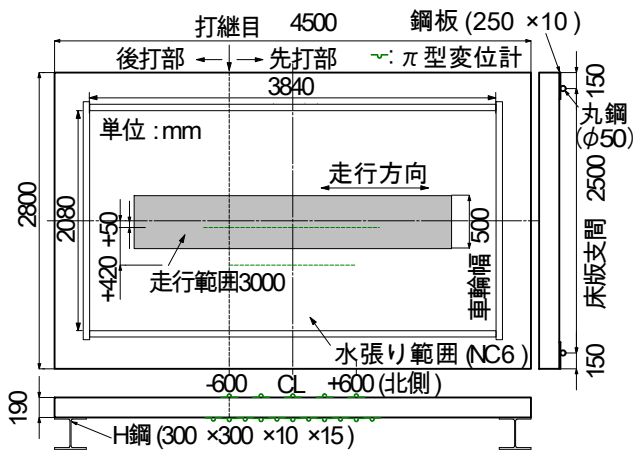


図-1 供試体の形状寸法 (寸法は設計値)

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)	配力鉄筋比 (%)	
NC1	上段	D16	300	33	D10	300	32
	下段	D16	150	167	D13	300	
NC2	上段	D16	300	33	D10	300	32
	下段	D16	150	165	D13	300	
NC3	上段	D16	300	34	D10	300	32
	下段	D16	150	165	D13	300	
NC4	上段	D16	300	31	D6	300	8
	下段	D16	150	163	D6	300	
NC5	上段	D16	300	32	D10	150	64
	下段	D16	150	163	D13	150	
NC6	上段	D16	300	34	D10	300	32
	下段	D16	150	165	D13	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。

した。打継目直上の鋼製ブロックは、その中心が打継目に位置するように配置した。荷重は、一定荷重走行とした。供試体 NC2, NC3 および NC4~6 は、床版中央でそれぞれ、176 kN, 196 kN, 157 kN まで荷重した後、それらの荷重による一定荷重走行を開始した。但し、供試体 NC1 は、荷重 80kN から 157kN まで 100 回ごとに約 10kN ずつ増加させる荷重を 2 度繰返した後、157kN の一定荷重走行に移した。供試体 NC6 の水張りは、図-1 に示す床版上面に設けた木枠の堤内(2080mm×3840mm)に、走行開始の前日から注水しておいた。試験開始後は、供試体からの漏水が著しくなることから、水がなくならないように常時監視し、注水を行った。

計測項目は、変位、床版内部の鉄筋のひずみ、ひび割れ幅とした。上下面の打継目の開きやひび割れは、目視で確認するとともに、π型変位計を用いてモニタリングを行った。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、床版中央で静的荷重を行った際の静的計測と、その直前 1 分間の走行中に動的計測(20Hz, DT データ)を行った。

### 3. 結果

表-2 コンクリートの材料試験結果\*

供試体	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比	割裂引張強度 (MPa)	材齢 (日)	
NC1	先打部	26.9	23.0	0.161	2.8	39
	後打部	36.7	25.6	0.185	3.0	32
NC2	先打部	28.6	20.5	0.169	2.2	38
	後打部	48.5	25.0	0.173	2.9	31
NC3	先打部	28.8	20.7	0.156	2.5	94
	後打部	50.0	24.5	0.162	3.2	87
NC4	先打部	26.9	22.8	0.178	2.4	56
	後打部	48.2	26.3	0.192	3.2	49
NC5	先打部	27.2	22.9	0.175	2.5	91
	後打部	48.9	24.2	0.176	3.4	84
NC6	先打部	26.7	20.6	0.151	2.7	133
	後打部	48.2	25.4	0.164	3.2	126

\*)輪荷重走行試験直前、3 本の平均値。

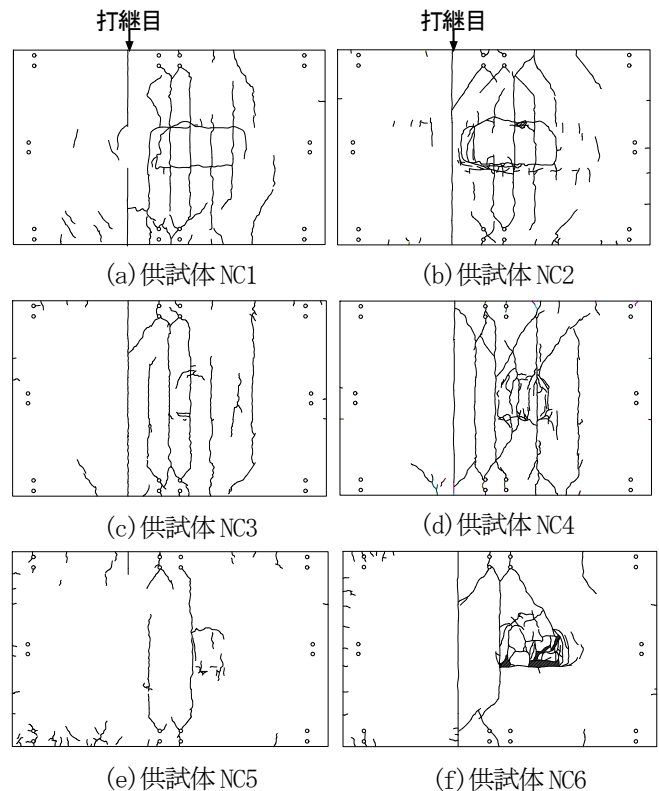
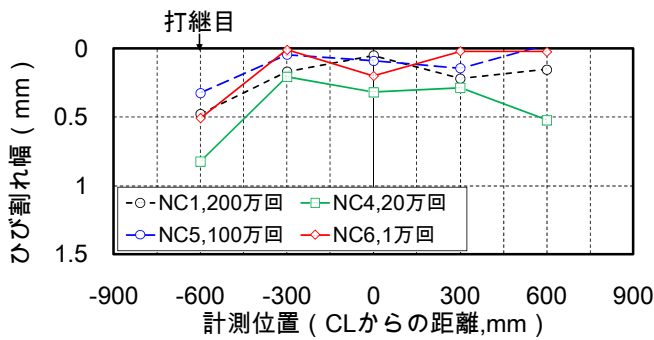


図-2 試験後の床版上面のひび割れ図

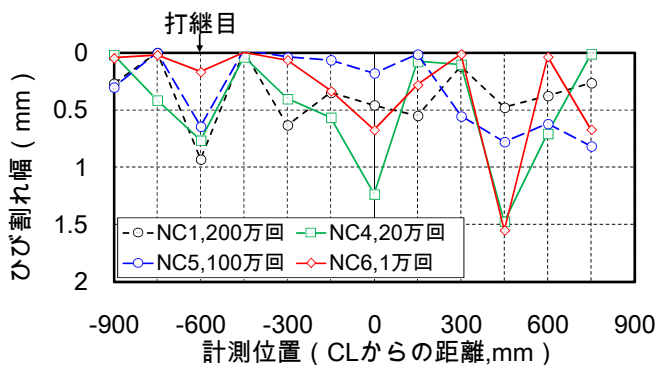
#### 3.1 床版の破壊状況

図-2 に、供試体 NC1~6 の床版上面のひび割れ状況を示す。

供試体 NC1~6 の打継目の開きは、それぞれ繰返し数 4,000 回, 2,000 回, 200 回, 100 回, 1,000 回, 500 回で床版支間にわたって上下面に見られた。供試体 NC1~4, NC6 は、いずれも打継目から離れた先打部において、抜け落ちが生じた。水張りを行った供試体 NC6 は、打継目からの漏水が早期に見られたにもかかわらず、打継目での抜け落ちは見られなかった。供試体 NC5 は、抜け落ちには至らず 138 万回で試験を終了した。試験終了後の観察において、供試体 NC5 の床版上面に抜け落ちの兆候が見られ、その位置は、他の供試体と同様に、打継目から離れた先打部内であった。いずれの供試体においても、床版下面は先打部および後打部に関係なく、全体にひび



(a) 床版上面



(b) 床版下面

図-3 π型変位計によるひび割れ幅  
(配力鉄筋方向, DT データ)

注) 各点における動的波形の最大ピーク値を示す。

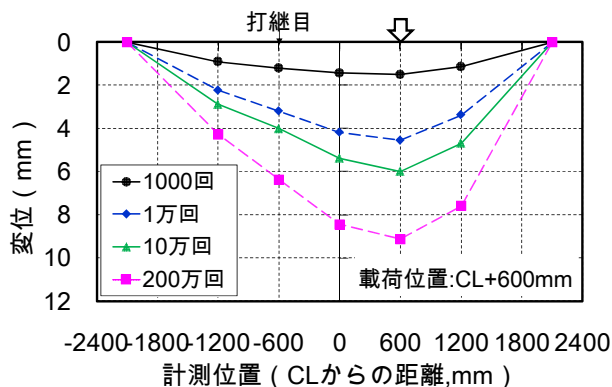
割れが見られたが、後打部の床版上面は、ひび割れがほとんど見られなかった。

### 3.2 ひび割れ幅の変化

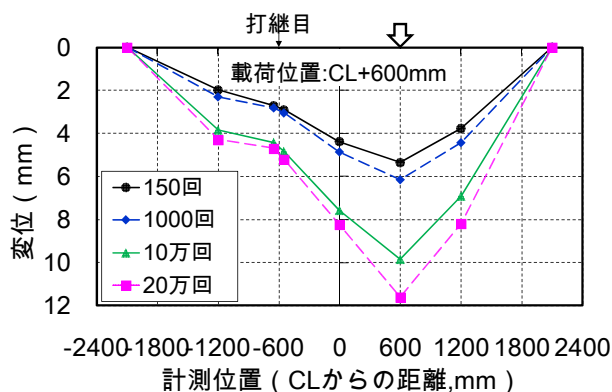
図-3に、供試体 NC1, NC4~6 の破壊直前における、床版上下面の配力鉄筋方向のひび割れ幅を示す。床版下面のひび割れ幅は、いずれの供試体も後打部より先打部の方が大きい傾向が見られた。その傾向は、配力鉄筋量が少ない供試体 NC4 および水張りを行った供試体 NC6 でより顕著であった。床版上面のひび割れ幅は、いずれの供試体においても、打継目の位置で最も大きな変化が見られた。

### 3.3 配力鉄筋方向のたわみ分布

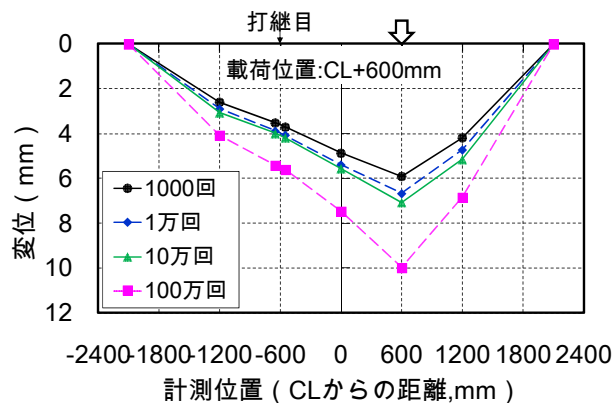
図-4に、供試体 NC1, NC4~6 の輪荷重走行位置直下における配力鉄筋方向のたわみを示す。いずれも輪荷重が先打部側 (CL+600mm)にある時のたわみを示す。供試体 NC4~6 において、この载荷位置でのたわみは、繰返し数の増加に伴い、打継目で上に凸の形状を示す傾向にあった。その傾向は、配力鉄筋量が少ない供試体 NC4, および水張りを行った供試体 NC6 でより顕著に見られた。床版の先打部は、コンクリート強度が後打部よりも小さいことから、疲労損傷の進行に伴う版としての剛性の低下が相対的に速く、繰返し数とともに、先打部と後打部のたわみの差がより顕著になる傾向にあったと考えられる。一方、供試体 NC1 は、その傾向がほとんど見



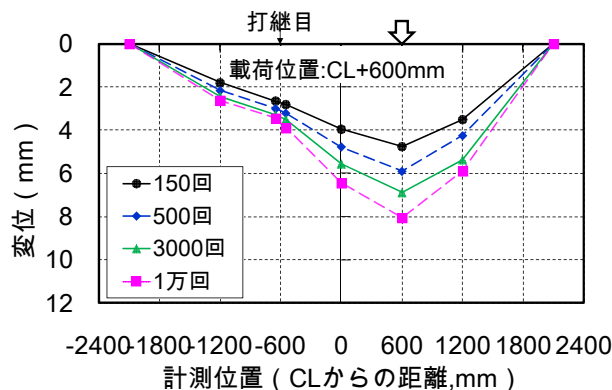
(a) NC1 (配力鉄筋量 1 倍)



(b) NC4 (配力鉄筋量 0.25 倍)



(c) NC5 (配力鉄筋量 2 倍)



(d) NC6 (配力鉄筋量 1 倍, 水張り)

図-4 配力鉄筋方向のたわみ分布 (DT データ)

られなかった。供試体 NC1 は、先打部と後打部のコンクリート強度の差が比較的小さいため、そのたわみの差の影響が顕著に現れなかったと考えられる。

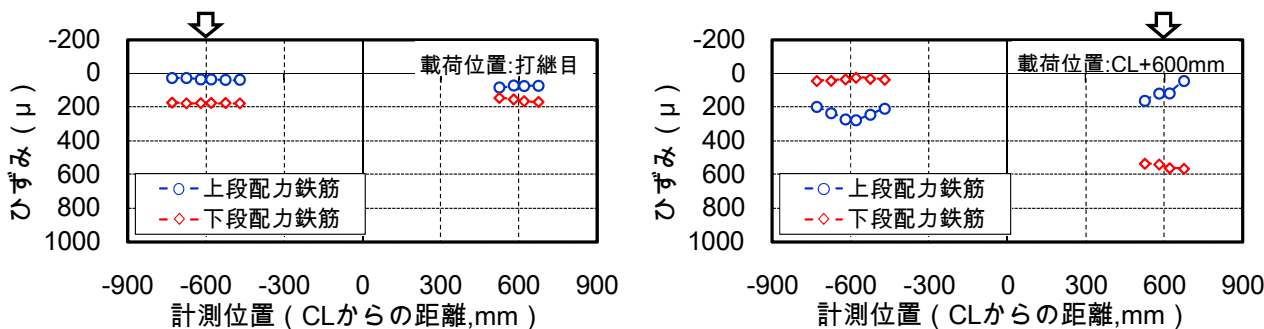


図-5 供試体 NC6 の配力鉄筋方向の軸方向ひずみ分布(繰返し数 150 回) (DT データ)

### 3.4 配力鉄筋方向の軸方向ひずみ分布

図-5 に、供試体 NC6 の輪荷重走行位置直下における上下配力鉄筋の軸方向ひずみ分布を示す。輪荷重が先打部側 (CL+600mm)にある時のひずみと、打継目直上にある時のひずみをそれぞれ示す。輪荷重が先打部側 (CL+600mm)の時、打継目付近の下段配力鉄筋のひずみが上段配力鉄筋のひずみよりも小さい値(曲げ圧縮側)を示しており、走行初期の段階から打継目に負曲げモーメントが作用していた。この傾向は、いずれの供試体においても見られた。

### 3.5 S-N<sub>f</sub>関係

図-6 に、供試体 NC1~4, NC6 の抜け落ちまで繰返し数を示す。また、供試体 NC5 は、試験終了時の繰返し数を示す。縦軸は、配力鉄筋量の影響を考慮した松井の指標  $P'_{sx}$  (梁状化した後の静的押し抜きせん断耐力) を用いて整理した<sup>2)</sup>。P は一定荷重走行における輪荷重である。供試体 NC1~6 は、打継目の無い部位で抜け落ち(供試体 NC5 は抜け落ちの兆候)が生じたことから、比較のため、既往の試験で得られた打継目の無い 39 床版の結果<sup>3)</sup>を示す。また、打継目がなく、39 床版の配力鉄筋量を 2 倍とした供試体 N2 および同 0.25 倍とした供試体 N0 の結果<sup>2)</sup>も示す。

水張り供試体 NC6 は、同一の荷重条件での水張り無しの供試体 NC1 と比較すると、抜け落ちが急激に早まった。しかし、水張り供試体の抜け落ちも水張り無しと同様に、打継目から離れた先打部内で生じたことから、打継目の存在は、水張りの有無に関わらず、床版の疲労耐久性に

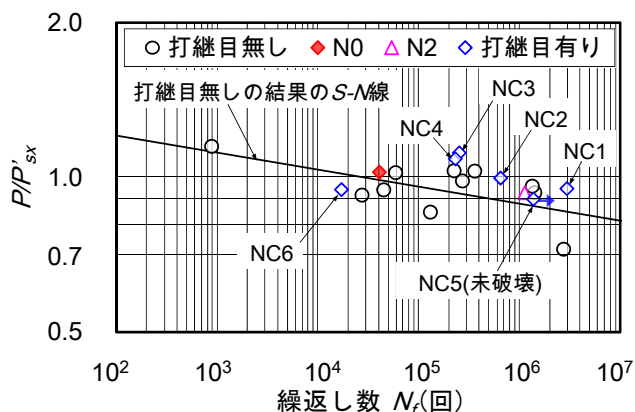


図-6 S-N<sub>f</sub>関係

直接的に影響を及ぼすとは限らないことがわかった。それにもかかわらず、写真-1 に示したとおり、実橋の打継目で抜け落ちが生じた原因として、主に次の二点が考えられる。一つは、打替えられずに残された元の床版が、外見上は疲労損傷が見られなくとも、抜け落ちた部分と同等の疲労履歴や材料の劣化が生じていた可能性があること、もう一つは、打継目に作用する負曲げによって、アスファルト舗装のひび割れを誘発して、路面からの水の浸入を容易にしたことである。打継目付近のみに水が浸入した時には、その部分でコンクリートの疲労耐久性が低下することから、局所的に疲労が進行する可能性があると考えられる<sup>4)</sup>。

## 4. まとめ

打継目を有する床版供試体 6 体の輪荷重走行試験を行った結果、床版の抜け落ちは、打継目から離れた先打部内で生じ、打継目の存在は、水張りの有無に関わらず、床版の疲労耐久性に直接的に影響を及ぼすとは限らないことがわかった。抜け落ちを未然に防止する必要があることは言うまでもないが、万一抜け落ちが生じた場合には、応急復旧と並行して床版の詳細調査を進め、別の部位での再抜け落ちに注意しつつ、部分打替え後の維持管理計画を策定して、計画的に対策を講じていくことが重要である。

## 参考文献

- 1) 田中良樹, 村越潤, 長屋優子: 橋面アスファルト舗装の透水性が鉄筋コンクリート床版の耐久性に及ぼす影響, 橋梁と基礎(下), pp.26-31, 2008.12.
- 2) 田中良樹, 村越潤, 長屋優子: 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, 第 7 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.161-168, 2012.6.
- 3) 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研究: コンクリート工学年次論文集, 30-3, pp.907-912, 2008.
- 4) 田中良樹, 村越潤: 橋面アスファルト舗装の変状と RC 床版の疲労, 土木技術資料, 第 53 巻, 第 2 号, pp.22-27.