

既設 RC 床版の更新技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 24

担当チーム：橋梁構造研究グループ

研究担当者：村越 潤，田中 良樹，吉田 英二

【要旨】

古い年代の道路橋の鉄筋コンクリート(RC)床版は、輪荷重の走行繰返しによって、疲労損傷が生じ、抜け落ちに至る場合があり、損傷が著しい場合には適切な更新技術が必要である。本研究では、RC 床版の部分打換え工法を連続的に施工することによる更新技術に着目して、その際における打継目周辺の疲労耐久性を検討する。平成 23 年度は、22 年度に引き続き、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 2 体を製作し、輪荷重走行試験を実施した。その結果、打継目のひび割れは早期に発生したが、RC 床版の抜け落ちは、打継目のない箇所が発生し、RC 床版の疲労耐久性には影響しないことがわかった。また、打継目の疲労耐久性は水の影響を受けると考えられることから、撤去された打継目を有する RC 床版を用いて水張り試験を行い、打継目付近の水の浸透過程について調査を行った。

キーワード：更新，床版，打継目，疲労，輪荷重走行試験，水張り試験

1. まえがき

繰返し載荷を受ける鉄筋コンクリート(RC)床版の疲労損傷に対して、初期の段階では、鋼板接着、CFRP シート接着などの補強工法があるが、RC 床版の損傷が著しい場合は、部分的または全面的に RC 床版を更新する必要がある。最近の RC 床版の損傷事例においても、抜け落ちに至る事例が依然として報告されている。RC 床版の抜け落ちが生じた場合、暫定的に部分打ち換えを行うことになるが、その他の部位の対策は予算・交通規制の制約からすぐには対応できない場合も多く、再度別の部位の抜け落ちに至る事例も見られる。一方では、床版の劣化損傷の形態として、必ずしも橋全体に同時に同程度に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、打ち換え済み部分を活かして連続的な部分打ち換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。この場合に、コンクリートの打ち換えによる寿命改善効果を把握しておく必要がある。部分的に打ち換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によって、十分な疲労耐久性が得られないことも考えられる。

平成 23 年度は、22 年度に行った、走行直角方向の打継目を設けた RC 床版供試体 1 体の輪荷重走行試験に引き続き、同様の 2 体の床版供試体を製作し、荷重条件を変えて、輪荷重走行試験を実施した。また、打

継目の疲労耐久性は水の影響を受けると考えられることから、撤去された打継目を有する RC 床版を用いて水張り試験を行い、打継目付近の水の浸透過程について調査を行った。

2. 打継目を有する RC 床版の輪荷重走行試験

2.1 試験方法

図-1 及び表-1 に、床版の形状寸法と主な諸元を示す。供試体は、22 年度の供試体と全く同じディテールであり、昭和 39 年の道路橋示方書を適用した床版（39 床版）に概ね相当する断面諸元のものを用いて 2 体製作した。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。供試体の打設は、打継目を設けるため、2 回に分けて行った。打継面に凹凸を設ける

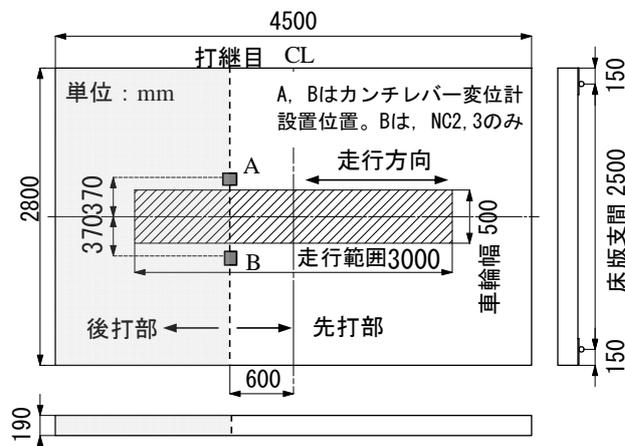


図-1 床版供試体の形状寸法

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。

表-1 床版供試体の主な諸元(設計値)

	主鉄筋			配力鉄筋		
	呼び径(mm)	間隔(mm)	上縁からの距離*(mm)	呼び径(mm)	間隔(mm)	上縁からの距離*(mm)
上段	D16	300	30	D10	300	43
下段	D16	150	160	D13	300	146

*) 床版上面から鉄筋中心までの距離

表-2 コンクリートの圧縮強度試験結果

供試体		圧縮強度(MPa)	弾性係数(GPa)	材齢(日)
NC1	先打部	26.9	23.0	39
	後打部	36.7	25.6	32
NC2	先打部	28.6	20.5	38
	後打部	48.5	25.0	31
NC3	先打部	28.8	20.7	94
	後打部	50.0	24.5	87

注) 走行開始直前の3本の平均値

NC1は22年度に、NC2, 3は23年度に実施

表-2に、コンクリートの圧縮強度試験結果を22年度のNC1のデータと合わせて示す。先打部のコンクリートは、目標圧縮強度を24MPa、後打部のコンクリートは、部分打換えによる補修を想定し、目標圧縮強度を50MPaとした。

床版供試体の支持は、2辺(長辺)単純支持、他の2辺を弾性支持とした。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。荷重方法は、表-3に示す荷重による一定荷重走行とした。供試体NC1の走行開始時の荷重は、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度繰返したが、供試体NC2, 3は、床版中央で所定の荷重まで荷重した。計測項目は、変位、床版内部の鉄筋及びコンクリートのひずみ、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。上下面の打継目の段差の計測は、カンチレバー型変位計を用いた。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(SSデータ)と、その直前1分間の走行中に動的計測(DTデータ)を行った。

2.2 結果

(a) 破壊までの走行回数と破壊状況

表-3に、破壊までの走行回数を示す。図-2に、NC3の試験終了後の床版の破壊状況を示す。NC1~3の打継目の開きは、それぞれ走行回数4,000回、2,000回、200回で、比較的早期に床版支間にわたって上下面に見られた。いずれの供試体においても打継目から離れた先打部において、抜け落ちが発生した。床版上面が陥没するとともに、床版下面に陥没範囲を囲うように、コンクリートの剥離が見られた(叩き調査により確認)。いずれの供試体においても床版下面は、先打及び後打部に関係なく、全体に格子状のひび割れが見られたが、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。

表-3 荷重荷重と破壊までの走行回数

供試体	荷重荷重(kN)	破壊までの走行回数(回)	走行開始時の荷重方法
NC1	157	2,970,000	荷重80kNから157kNまで100回ごとに約10kN増加させる荷重を2度繰返した。
NC2	176	651,000	床版中央で所定の荷重まで静的荷重した後に一定荷重走行荷重。
NC3	196	253,000	

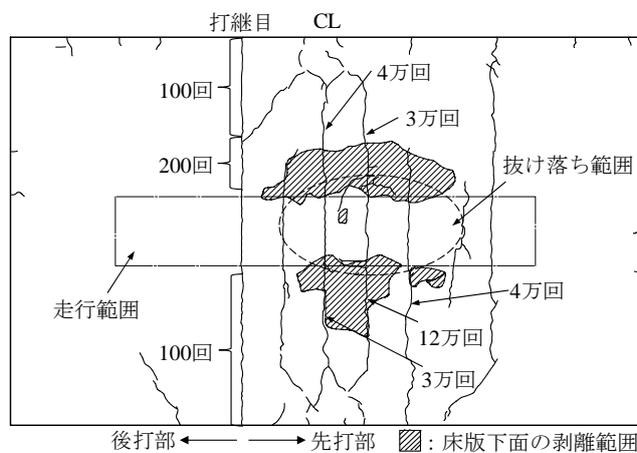


図-2 床版上面の破壊状況 (NC3)

(b) 打継目の段差

図-3に、NC3の輪荷重移動時における打継目の段差の変化を見るために、床版上面(位置A)で測定したカンチレバー変位計による測定結果を走行回数ごとに示す。先打部が下がった時を正とする。輪荷重位置は、鉛直変位計及び π 型変位計の挙動に基づき確認した。変位は、打継目よりもやや先打部側で正負が逆転しており、概ね床版中央から+600mmまでの範囲で、最大値を示す傾向があった。この変位には、段差だけでなく、先打部のたわみに伴う変位も含まれる可能性

がある。そのたわみの影響が比較的小さいと考えられる
 載荷位置 (+1200~1500mm) の変位より、打継目の
 段差は、走行回数とともに増加していた。その段差
 の増加は、走行回数に伴う打継面の平滑化及びたわみ
 の増加に伴う開きの増加が影響したと推察される。

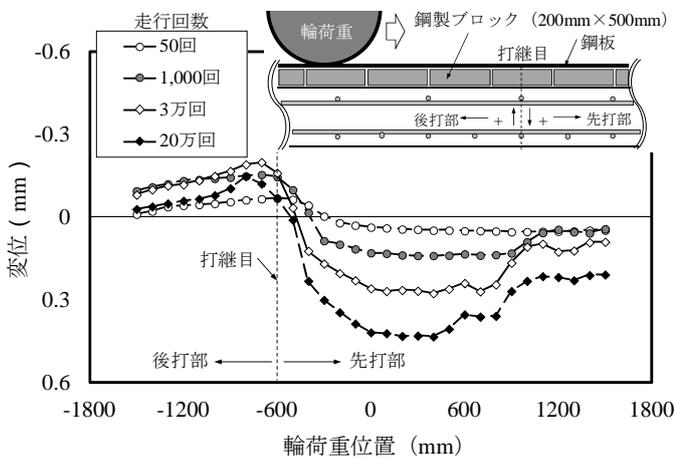


図-3 輪荷重移動時における床版上面の打継目の
 カンチレバー変位計による変位(NC3) (DT データ)

(c) S-N曲線

図-4 に、実験結果を S-N 図上に示す。NC1~3 は、
 打継目の無い部位で、抜け落ちが生じたことから、既
 往の試験で得られた打継目の無い 39 床版供試体の結
 果¹⁾と併せて示す。縦軸は、載荷荷重 P を梁状化した
 後の静的押し抜きせん断耐力 P_{sx} ²⁾ で無次元化した値
 である。3 体の打継目を有する床版は、いずれも先打
 部で抜け落ちが生じたが、その破壊までの走行回数は、
 打継目の無い床版の結果と比較して、ばらつき³⁾の範囲
 内であるものの、3 体とも多い傾向であった。

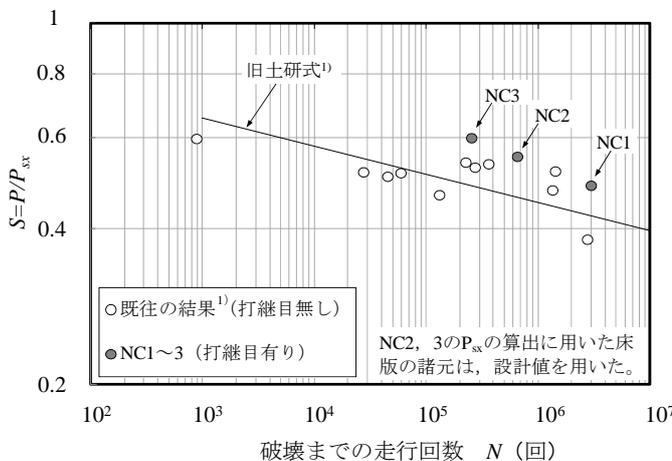


図-4 打継目の有無が RC 床版の疲労耐久性
 に及ぼす影響

3. 打継目を有する撤去 RC 床版を用いた水張り試験

3.1 水張り試験

RC 床版の疲労、塩害などの劣化には、路面からの
 水あるいは塩水の浸入が大きく影響する³⁾。RC 床版
 の耐久性と密接に関係するコンクリート中への水の浸
 透とそれに伴う下面の変状や内部の含水状態の変化を
 調査するため、比較的健全な状態の、打継目を有する
 撤去 RC 床版(写真-1)を利用して、水張り試験を行った。



写真-1 撤去前の RC 床版下面の状況

水張り試験とは、写真-2 に示すように、床版の上面に
 木枠による堤を設けて水を張り、床版下面の変化の観
 察等を行うものである。入手した RC 床版は、支間
 51.6m の単純鋼合成箱桁橋(昭和 39 年竣工、平成 21
 年撤去)から切り出された。そのうちの 1 枚は、3.5m
 ×2.1m×0.25m の大きさでコンクリートの打継目を
 有しており(写真-3)、橋面アスファルト(As)舗装が
 残されたまま入手した。水の浸入は、As 舗装の状態によ
 っても異なると考えられることから、水張りに先立ち、
 1 枚の床版を写真-2 のとおり 2 分割して、一方(同写真
 左)は舗装を残したまま、もう一方(同写真右)は舗装を
 除去して、平成 23 年 10 月末からそれぞれ同時に水張
 りを開始した。水張り期間中は、外観観察、市販の水
 分計による床版下面の含水率の測定、コア抜きによる
 コンクリート内部の含水率分布の測定を行った。その
 うち、本文では外観観察の結果を紹介する。



写真-2 撤去 RC 床版の水張り試験
 (左 : As 舗装あり、右 : As 舗装なし)



写真-3 床
 版下面の
 打継目

3.2 打継目の漏水

写真-4に、水張り開始直後の床版下面の状況を示す。As 舗装を除去した側(同写真(b))の打継目の直下に、水張り直後から、水たまりが見られるほどの漏水が見られた。その時点で、打継目以外の床版下面に濡れた様子は見られなかった。一方、舗装を残した側の打継目(同写真(a))は、床版上の止水が悪かった箇所から若干の漏水があったものの、水張り範囲の直下での漏水は見られなかった。



(a) As 舗装あり (b) As 舗装なし

写真-4 水張り開始直後の状況

(左上：打継目側面からの漏水、右上：打継目からの漏水、左下：下面の打継目付近、右下：打継目直下の水たまり)

水張りから 1 箇月後の状況を写真-5 に示す。As 舗装のない床版の打継目で見られた漏水の量は、その後徐々に自然に減少して、その直下の水たまりは解消された。一方、打継目以外の床版下面は、水が浸透したと思われる黒ずんだ部分が広がっていた。



写真-5 As 舗装あり、水張り後 1 箇月目の床版下面

3.3 石灰分と水

写真-6 に水張り後 3 箇月目の状況を示す。As 舗装のない床版下面(同写真(b))は、コンクリートが全体に

黒ずんでいて、打継目とそれ以外の部分の差がわかりにくい状況になった。また、その表面には白色の石灰分が広範囲に発生していた。一方、As 舗装のある床版(同写真(a))は、3 箇月の後も写真-4(a)とほとんど同様の状況であり、同じ 1 枚の床版であった舗装のない側と比べて、明確な差が見られた。



(a) As 舗装あり (b) As 舗装なし

写真-6 水張り後 3 カ月目の床版下面

4. まとめ

- (1) 打継目を有する RC 床版の輪荷重走行試験を行った結果、22 年度の結果と同様に、打継目を貫通する開きが早期に発生するものの、床版の抜け落ちは打継目から離れた先打部で発生した。また、22 年度分を含む 3 体の供試体は、既往の打継目の無い床版供試体と比較して、同等以上の疲労耐久性を有していた⁵⁾。
- (2) これまでの既設橋の調査の結果から、As 舗装は、完全な防水材料ではないものの、ある程度の防水性があることがわかっている³⁾。水張り試験でも、舗装の有無によって、水の浸透に顕著な差が見られた。特に、打継目に関しては、水張り直後から著しい漏水が見られ、明確な差が現れた。打継目からの漏水が自然に減少する過程や輪荷重による動的挙動が漏水に及ぼす影響については、さらに調査を継続する必要がある。

部材提供にご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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集, 9-2, pp.627-632, 1987.
- 3) 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, 2011.2.
- 4) C&C エンサイクロペディア, (社)セメント協会, 1996.7.
- 5) 吉田英二, 村越潤, 田中良樹: 打継目を有する鉄筋コンクリート床版の輪荷重走行試験, 第 67 回土木学会年次学術講演会概要集, 2012. (投稿中)

RESEARCH ON RENEWAL METHOD OF CONCRETE BRIDGE DECKS

Budget : Grants for operating expenses,
General account

Research Period : FY2010-2012

Research Group : Bridge and Structural
Technology Research Group

Authors : MURAKOSHI Jun,
TANAKA Yoshiki, YOSHIDA Eiji

Abstract :

Severe deterioration due to fatigue is often observed in the concrete decks of old highway bridges subject to heavy traffic loading. This research addresses the efficient renewal methods of concrete decks using a conventional partial replacing technique. To that end the fatigue durability at construction joints in concrete decks under the severe condition should be revealed. In FY2011, the wheel traveling tests using two real size deck specimens with the joint were additionally conducted. The results followed the earlier test exhibiting the fact that the transverse joint opened at early cycles, not affecting the fatigue durability of the deck. In addition, water ponding tests using old concrete decks with the construction joints taken from a removed highway bridge were carried out in order to observe the water leakage from the joints and the permeation of water into the concrete decks. The results showed that the asphalt surfacing was significantly effective in preventing the deck and the joint from the water ingress.

Key words : renewal, bridge deck, joint, fatigue, wheel traveling test, water ponding test.